Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет
Географический факультет

ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Программа конференции

Тезисы конференции

Москва

5-6 июня 2013 г.

Москва

2013

УДК 528.9:551.3(063)

ББК 26.17+26.36

Г 35

Издание осуществлено при финансовой поддержке

Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 13-05-06024)

Редакционная коллегия:

А.В. Брушков, А.В. Гаврилов, И.К. Лурье, Е.И. Пижанкова, А.И. Прасолова

Г 35 Геокриологическое картографирование : Проблемы и перспективы [Электронный ресурс] : Программа конференции. Тезисы конференции. Москва, 5-6 июня 2013 г. – Электрон. текст. дан. – М. : РУДН, 2013. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) ; 12 см.

ISBN 978-5-209-05459-7

Настоящие тезисы освещают современное состояние картографирования криолитозоны Земли и Марса. В представленных материалах обсуждаются методические и прикладные аспекты применения методов и технологий картографии и геоинформатики в геокриологических исследованиях, рассматриваются достижения в применении дистанционных данных для изучения природной среды криолитозоны, освещается опыт картографирования различных районов криолитозоны. Значительное внимание уделено вопросам картографирования для проектирования и строительства в криолитозоне и геоэкологическому картографированию.

УДК 528.9:551.3(063)

ISBN 978-5-209-05459-7 ББК 26.17+26.36

© Коллектив авторов, 2013

© Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 2013

© Российский университет дружбы народов, Издательство, 2013

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

Геологический факультет **Географический факультет**

Кафедра геокриологии **Лаборатория охраны геологической среды** **Кафедра картографии и геоинформатики**

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

«ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ»

МОСКВА

5-6 июня 2013 г.

ОРГКОМИТЕТ

Председатель: Брушков Анатолий Викторович

Сопредседатели: Сергеев Валерий Иванович, Лурье Ирина Константиновна

Ответственный ученый секретарь Пижанкова Елена Ивановна

Технический секретарь Алексютина Дарья Максимовна

Члены оргкомитета:

А.В. Гаврилов, Д.С. Дроздов, М.В. Зимин, В.С. Исаев, И.А. Комаров, С.Г. Корниенко, А.В. Кошурников, В.И. Кравцова, А.И. Прасолова, Д.О. Сергеев, Н.В. Тумель, А.И. Тюрин, В.З. Хилимонюк, И.И. Шаманова, Д.М. Шестернев

ПОРЯДОК РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Регистрация участников – 5 июня с 9.00 до 10.00 по адресу:
г. Москва, Ленинские горы, д. 1, 4 этаж, рекреация около ауд. 415

Начало заседаний – 5 июня - в 10.00 часов, 6 июня - в 9.00 часов

Обеденный перерыв: – 14.00-14.45

Место проведения заседаний – 5 июня - ауд. 415, 6 июня - 9.00-14.00 - ауд. 415
14.45-19.00 - ауд. 611

Регламент пленарного заседания:
время докладов – 15 минут.

Регламент работы секций:
время докладов – 10 минут;
время вопросов-ответов – 5 минут

Вход в главное здание МГУ: по предварительно заявленному списку
(будет находиться у охраны при входе в ДК МГУ)

Проезд: ст. м. "Университет", далее авт. № 1, 113, 119, 661 до остановки "ДК МГУ"

ПРОГРАММА

5 июня

9.00-10.00 - регистрация участников

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

10.00 - 11.45

АУД. 415

1. Приветственное слово участникам конференции

Брушков А.В. *(геологический ф-т МГУ, каф. геокриологии)*

2. Геокриологическая карта СССР 1:2500000 и перспективы геокриологического картографирования

Брушков А.В. *(геологический ф-т МГУ, каф. геокриологии)*

3. Создание и использование базы геоданных «Геокриология»

Лурье И.К., *Анапольский Ю.М. (географический ф-т МГУ, каф. картографии и геоинформатики)*

4. Дистанционные данные в картографировании криолитозоны

Зимин М.В. *(ИТЦ СканЭкс)*

5. К методике обзорного геоэкологического картографирования криолитозоны России

Чижов А.Б., *Гаврилов А.В., Деревягин А.Ю., Пижанкова Е.И. (геологический ф-т МГУ, Лаборатория охраны геологической среды)*

6. Картографирование Марса

Родионова Ж.Ф., *Бреховских Ю.А., Лазарев Е.Н., Лазарева М.С., Шевченко В.В. (ГАИШ МГУ, ИКИ РАН, географический ф-т МГУ)*

7. История развития арктического шельфа и картографирование субмаринной криолитозоны

Гаврилов А.В. *(геологический ф-т МГУ, Лаборатория охраны геологической среды)*

СЕКЦИЯ 1

12.00 - 16.00

АУД. 415

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ.

ОПЫТ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ КРИОЛИТОЗОНЫ

Руководитель: Тумель Н.В.

1. Принципы и методика составления карт геокриологического районирования

Крицук Л.Н., *Дубровин В.А., Ястреба Н.В. (ВСЕГИНГЕО)*

2. Геоинформационный анализ мерзлотно-ландшафтных взаимосвязей в криолитозоне России

Тумель Н.В., *Королева Н.А. (географический ф-т МГУ)*

3. Интеграция пространственных данных на территорию Арктики и геомоделирование границ криолитозоны

Медведев А.А. *(ИГ РАН)*

4. Тепловое состояние пород на Уренгойском месторождении: постоянно действующая картографическая модель

Дроздов Д.С., *Украинцева Н.Г., Коростелев Ю.В, Попов К.А. (ИКЗ СО РАН)*

5. Принципы районирования Западно-Сибирской равнины по мерзлотно-термическому состоянию почвенно-грунтовой толщи

Трофимова И.Е., *Балыбина А.С. (ИГ СО РАН)*

6. Расчет карты запасов углерода для криолитозоны бассейна реки Усы

Шарый П.А.*, Шарая Л.С., Пастухов А.В., Каверин Д.А. (ИФХБПП РАН, ИЭВБ РАН, ИБ Коми НЦ УрО РАН)*

7. Geocryological mapping of ground temperatures and permafrost distribution

Stuart A. Harris (*Department of Geography, University of Calgary, Canada)*

14.00-14.45 **Обеденный перерыв**

8. Картографирование термокарстовых форм рельефа в зоне массивно-островной криолитозоны Западной Сибири

Пономарева О.Е., *Бердников Н.М., Гравис А.Г. (ИКЗ СО РАН)*

9. Оценка поступления органического вещества в термокарстовые озера Ямала с использованием дистанционных и наземных наблюдений

Дворников Ю.А., *Лейбман М.О. (ИКЗ СО РАН)*

10. Особенности геокриологического картографирования высоких гор Центральной Азии

Северский Э. В. *(Казахстанская высокогорная геокриологическая лаборатория ИМ СО РАН)*

11. Каменные, земляные глетчеры и мобильные криогенные покровы Монголии

Горбунов А.П. *(Казахстанская высокогорная геокриологическая лаборатория ИМ СО РАН)*

12. Картирование поверхностных таликов по материалам зимней сейсморазведки

Седов Б.М. (*СВКНИИ ДВО РАН, СВГУ)*

СЕКЦИЯ 4

16.30 - 18.30

АУД. 415

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА В КРИОЛИТОЗОНЕ

Руководитель: Шестернев Д.М.

1. Геотехнический мониторинг газотранспортных объектов Севера

Лашин В.В., *Лашина Г.Е.(ООО «Газпром Трансгаз Ухта»)*

2. Карты районирования криолитозоны – основа эффективности строительства и эксплуатации инженерных сооружений

Шестернев Д.М. *(ИМЗ СО РАН)*

3. Районирование экзогенных геологических процессов в транспортном коридоре «Лена - Амур»

Дорофеев И.В., ***Литовко А.В.*** *(ИМЗ СО РАН)*

4. Проблемы картографирования многолетней мерзлоты для строительства промышленных комплексов и магистральных трубопроводов на Дальнем Востоке

Подгорная Т.И. *(Тихоокеанский ГУ)*

5. Опыт опережающего геокриологического районирования трассы магистрального газопровода Западно-Озерное – Анадырь

Трегубов О.Д. *(СВКНИИ ДВО РАН)*

6. Опыт составления обзорной мерзлотно-геоморфологической карты с крупномасштабными врезками по трассе федеральной автодороги «Амур» Чита – Хабаровск

Кондратьев В.Г. *(НПП «ТрансИГЭМ»)*

7. О возможностях прогнозирования аварийных ситуаций на магистральном трубопроводе с применением ГИС

Тарская Л.Е., *Ефремов П.В., Стручкова Г.П., Капитонова Т.А. (Институт физико-технических проблем Севера СО РАН)*

6 июня

СЕКЦИЯ 2

9.00 - 11.45

АУД. 415

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ

Руководители: Кравцова В.И., Корниенко С.Г.

1. Использование данных космической съемки для картографирования и мониторинга природных ландшафтов криолитозоны в районах освоения нефтегазовых месторождений

Корниенко С.Г. *(Институт проблем нефти и газа РАН)*

2. Исследование расположения и размеров термокарстовых озер с помощью данных дистанционного зондирования и методов математической морфологии ландшафта

Капралова В.Н. *(ИГЭ РАН)*

3. Направления использования дистанционных данных при изучении эолового рельефа высоких широт

Сизов О.С., *Абросимов А.В.*
(ИКЗ СО РАН, ООО «Компания «СовЗонд»)

4. Оценка возможностей использования снимков со спутника Landsat для изучения динамики термокарстовых озер

Тарасенко Т.В. *(географический ф-т МГУ)*

5. Динамика термокарстовых озер приморской части Яно-Индигирской низменности по дистанционным данным

Тарасенко Т.В., *Кравцова В.И., Пижанкова Е.И., Гаврилов А.В.*

(географический ф-т МГУ, геологический ф-т МГУ)

6. Изучение динамики термокарстовых озер и береговой линии моря на северо-востоке европейской части России по материалам разновременных космических съемок

Смирнова И.О., *Сухачева Л.Л., Русанова А.А. (НИИКАМ)*

7. Применение космической съемки высокого разрешения для определения скорости термоденудации и термоабразии на западном побережье острова Колгуев

Кизяков А.И., *Зимин М.В., Лейбман М.О., Правикова Н.В. (географический ф-т МГУ, ИТЦ СканЭкс, ИКЗ СО РАН, геологический ф-т МГУ)*

8. Разработка методики дешифрирования космоснимков для обновления слоя наледей цифровой геокриологической карты России

Прасолова А.И., ***Яковенко Е.Д.,*** *Пижанкова Е.И. (географический ф-т МГУ, геологический ф-т МГУ)*

9. Возможности использования космической тепловизионной информации для терморазведки криолитозоны

Югин В.В., *Агачев В.А., Мясников И.Ф. (ООО «Комплексные геохимические исследования»)*

10. Дистанционные данные и прямые наблюдения за водородной дегазацией земных недр как обоснование механизма возникновения ориентированных озер на территории Яно-Индигирской низменности

Ларин Н.В., *Ларин В.Н., Згонник В.А., Родина С.Н. (Natural Hydrogen Energy Ltd.,ИФЗ РАН)*

СЕКЦИЯ 5

12.15 - 15.30

12.15-14.00 - АУД. 415,

14.45-15.30 - АУД. 611

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КРИОЛИТОЗОНЫ

Руководитель: Дроздов Д.С.

1. Картографирование климатических изменений на севере России для оценки геокриологических и геоэкологических последствий

Малкова Г.В., *Павлов А.В., Коростелев Ю.В. (ИКЗ СО РАН)*

2. Ландшафтное картографирование как основа для оценки динамики геокриологических и геоэкологических условий на полуострове Ямал

Михайлова Т.А., *Украинцева Н.Г. (ИКЗ СО РАН)*

3. Перспективы геоэкологического картографирования Якутии в целях научного туризма

Толстихин О.Н., *Иванова Л.Д., Павлова Н.А. (Байкальский ГУ экономики и права, ИМ СО РАН)*

4. Методические аспекты составления оценочных мерзлотно-экологических карт на ландшафтной основе

Зотова Л.И. *(географический ф-т МГУ)*

5. Влияние палеокриогенеза на современный почвенный покров центра Восточно-Европейской равнины

Гугалинская Л. А., *Алифанов В.М. (Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН)*

14.00-14.45 **Обеденный перерыв**

АУД. 611

6. Крупномасштабное геоэкологическое картографирование полосы трассы газопровода Надым-Пунга

Москаленко Н.Г., *Устинова Е.В., Рудь М.И. (ИКЗ СО РАН)*

7. Особенности геоэкологического картографирования криолитозоны в Забайкалье

Верхотуров А.Г., *Верхотуров Г.Г. (Забайкальский ГУ)*

8. Оценки геоэкологической безопасности трубопроводов в условиях Севера
Тарская Л.Е., *Ефремов П.В., Стручкова Г.П., Капитонова Т.А. (Институт физико-технических проблем Севера СО РАН)*

СЕКЦИИ 3, 6

16.00 - 17.30

АУД. 611

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОЛЯРНЫХ ШЕЛЬФОВ

КРИОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МАРСА

Руководитель: Хилимонюк В.З.

1. Картографирование субаквальной криолитозоны Ямальского шельфа

Васильев А.А., *Рекант П.В., Стрелецкая И.Д. (ИКЗ СО РАН, ВНИИокеангеология, географический факультет МГУ)*

2. Опыт создания тематических карт на ключевые участки нефтегазового освоения Приямальского шельфа

Кузнецов Д.Е., *Бирюков В.Ю., Кокин О.В., Огородов С.А. (географический факультет МГУ)*

3. Карта подземных льдов криолитозоны России в системе Шельф-Суша

Шполянская Н.А., *Королева Н.А. (географический факультет МГУ)*

4. Основы создания классификатора к цифровой криологической карте Марса

Исаев В.С., ***Абраменко О.Н.,*** *Комаров И.А., Балмашева В.В. (геологический факультет МГУ)*

5. Составление сравнительно-планетологического тематического атласа "Рельеф планет Земной группы и их спутников"

Лазарева М.С., *Лазарев Е.Н., Родионова Ж.Ф. (географический ф-т МГУ, ГАИШ МГУ)*

17.30 - 18.00 Круглый стол, подведение итогов, закрытие конференции

СТЕНДОВАЯ СЕКЦИЯ

5-6 июня, рекреация около АУД. 415

1. Карты мощности криогенной толщи газоносных структур

   Баду Ю.Б. *(географический факультет МГУ)*

2. Применение разновременных космических снимков в целях изучения динамики берегов арктических морей

   Вергун А.П., Кузнецов Д.Е., Огородов С.А. *(географический факультет МГУ)*

3. К методике построения прогнозных карт сейсмического риска крупных геологических структур с учетом частичной или полной деградации мерзлоты

   Джурик В.И., Серебренников С.П., Батсайхан Ц., Ескин А.Ю., Брыжак Е.В. *(Институт земной коры СО РАН)*

4. Динамика изменения площади снежников и локальных ледников в антарктических оазисах

   Ёжиков И.С., Анисимов М.А., Веркулич С.Р. *(ААНИИ)*

5. Использование среднемасштабных топографических карт и данных дистанционного зондирования при геокриологическом зонировании Большеземельской тундры

   Зенгина Т.Ю., Осадчая Г.Г., Королева А.М.
   (географический факультет МГУ, Ухтинский ГТУ)

6. Новое поколение геоморфологических карт арктического шельфа России – основа изучения разнообразных природных процессов

   Зинченко А.Г. *(ВНИИОкеангеология)*

7. Подлёдный рельеф архипелага Земля Франца-Иосифа

   Качурина Н.В., ***Серов Е.К.*** *(ПМГРЭ)*

8. Создание мерзлотной карты района поселка Цигехтчик, Северо-Западные территории, Канада

   Корс-Ольтхоф Р.И., Ружанский В.Э.
   (ИБиЭй, Компания Тетра Тек, Эдмонтон, Канада)

9. Картографирование промерзания и протаивания пород на территории природного парка «Сибирские Увалы»

   Коркин С.Е., Кайль Е.К. *(Нижневартовский ГУ)*

10. Использование программы PurVIEW™ для картирования мерзлотных геологических явлений на Аляске и Севере Канады

    МакКэйг Ш., Ружанский В.Э.
    (ИБиЭй, Компания Тетра Тек, Эдмонтон, Канада)

11. Карта засоленности криогенных четвертичных отложений Енисейского Севера

    Матюхин А.Г., Стрелецкая И. Д.
    (ИКЗ СО РАН, географический факультет МГУ)

12. Применение различных картографических материалов для изучения динамики арктических берегов на освоенных территориях

    Маслаков А.А., Краев Г.Н. *(географический факультет МГУ, Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН)*

13. Картографирование малых форм оледенения Лагонакского нагорья

    Погорелов А. В., Головань К. Р. *(КубГУ)*

14. Сравнительный анализ районирования сейсмической опасности территорий строительства, расположенных в различных климатических зонах Сибири

    Серебренников С.П., *Джурик В.И., Усынин Л.А., Щагун А.Н.*
    (Институт земной коры СО РАН)

15. Особенности инженерно-геокриологического картографирования Северо-Востока России

    Спектор В.Б., Чжан Р.В., Торговкин Я.И., Шестакова А.А., Спектор В.В.
    (ИМ СО РАН)

16. Методические аспекты картографирования геологических процессов при инженерно-экологических изысканиях

    Харькина М.А. *(геологический ф-т МГУ)*

17. Ландшафтная индикация пластовых льдов Центрального Ямала

    Хомутов А.В., Лейбман М.О., Андреева М.В. *(ИКЗ СО РАН)*

18. Криогенные процессы, оказывающие деструктивное воздействие на посёлок Грумант (архипелаг Шпицберген)

    Шарин В.В., Окунев А.С. *(ПМГРЭ)*

19. Закономерности сезонного промерзания грунтов в районе Самотлорского месторождения, Западная Сибирь

    Привалихин И.В*.(географический ф-т МГУ)*

Конференция поддержана РФФИ (грант №13-05-06024)

Lomonosov Moscow State University

Faculty of Geology | **Faculty of Geography**

Geocryology Department | **Laboratory of Geological Environment Survey** | **Department of Cartography and Geoinformatics**

CONFERENCE PROGRAM

«GEOCRYOLOGICAL MAPPING: PROBLEMS AND PERSPECTIVES» (GMPP)

MOSCOW

5-6 JUNE

2013

ORGANAZING COMMITTEE

Chairman: A. Brouchkov

Cochairmen: V. Sergeev, I. Lourie

Executive academic secretary E. Pizhankova

Technical secretary D. Aleksyutina

Members of committee:

A.Gavrilov, D. Drozdov, M. Zimin, V. Isaev, I. Komarov, S. Kornienko, A. Koshurnikov, V. Kravtsova, A. Prasolova, D. Sergeev, N. Tumel, A. Tyurin, V. Hilimonyuk, I. Shamanova, D Shesternev

PROCEDURE OF THE CONFERENCE

Registration of participants – June 5 from 9.00 to 10.00,
to the address: Moscow, Leninsky Gory, 1, floor 4, recreation at auditorium 415

Beginning of the meeting – June 5 at 10.00, June 6 at 9.00

Dinner time: – 14.00-14.45

Place of the meeting – June 5 - auditorium 415, June 6 - 9.00-14.00 - auditorium 415, 14.45-19.00 - auditorium - 611

Time-limit of the plenary meeting:
scientific report – 15 minutes

Time-limit of section work:
section work – 10 minutes
questions and answers – 5 minutes

Entrance to the main building of MSU: according to the previously applied list (a door guard will keep it at the MSU entrance)

Travel directions: subway station "Universitet", then by bus №№ 1, 113, 119, 661 to the stop "DK MGU"

PROGRAM

June 5

9.00-10.00 - registration of participants

PLENARY SESSION

10.00 - 11.45

Auditorium 415

1. COMPLIMENTARY SPEECH TO THE CONFERENCE PARTICIPANTS

A. Brouchkov *(MSU, Faculty of Geology, Geocryology Department)*

2. GEOCRYOLOGICAL MAP USSR OF 1:2 500 000 SCALE AND PROSPECTS OF GEOCRYOLOGICAL MAPPING

A. Brouchkov *(MSU, Faculty of Geology, Geocryology Department)*

3. DEVELOPMENT AND USING THE DATABASE "GEOCRYOLOGY"

I. Lourie, *Yu. Anapolsky (MSU, Geography Faculty, Department of Cartography and Geoinformatics)*

4. REMOTE SENSING DATA AT CRYOLITHOZONE MAPPING

M. Zimin *(Research and Development Center "SCANEX")*

5. TO THE METHODS OF GENERAL GEOECOLOGICAL ZONING OF RUSSIAN CRYOLITHOZONE

A. Chizhov*, A. Gavrilov, A.Dereviagin, E. Pizhankova (MSU, Faculty of Geology, Laboratory of Survey of Geological Environment)*

6. MAPPING OF MARS

J. Rodionova, *J. Brekhovskikh , E. Lazarev, M. Lazareva, V.Shevchenko (Sternberg State Astronomical Institute MSU, Space Research Institute, Geography Faculty MSU)*

7. THE HISTORY OF ARCTIC SHELF DEVELOPMENT AND MAPPING OF SUBMARINE CRYOLITHOZONE

A. Gavrilov *(MSU, Faculty of Geology, Laboratory of Survey of Geological Environment)*

SECTION 1

12.00 - 16.00

Auditorium 415

GEOINFORMATION SUPPORT FOR GEOCRYOLOGICAL MAPPING. EXPERIENCE OF GEOCRYOLOGICAL MAPPING IN DIFFERENT REGIONS OF CRYOLITHOZONE

Chair: N.Tumel

1. PRINCIPLES AND METHODS OF GEOCRYOLOGICAL ZONATION MAPPING

L. Kritsuk, *V. Dubrovin, N. Yastreba (VSEGINGEO)*

2. GEOINFORMATION ANALYSIS OF CORRELATIONS BETWEEN PERMAFROST AND LANDSCAPE IN RUSSIA CRYOLITHOZONE

N. Tumel*, N. Koroleva (MSU, Faculty of Geography)*

3. SPATIAL DATA INTEGRATION FOR THE ARCTIC TERRITORY AND GEOMODELING OF CRYOLITHOZONE BORDERS

A. Medvedev *(Institute of Geography RAS)*

4. THE THERMAL STATE OF PERMAFROST AT THE URENGOY GAS-FIELD: PERENNIALLY WORKING CARTOGRAPHIC MODEL

*D. Drozdov****, N. Ukraintseva, Yu. Korostelev, K. Popov***
(Earth Cryosphere Institute SB RAS)

5. PRINCIPLES OF ZONING OF THE WEST SIBERIAN PLAIN ACCORDING TO THE CRYOSOLIC-THERMAL STATE OF THE SOIL AND GROUND LAYER

I. Trofimova *and A. Balybina (V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS)*

6. CALCULATIONS OF SOIL CARBON STORAGE FOR CRYOLITHOZONE OF THE USA RIVER BASIN

P. Shary*, L. Sharaya, A. Pastukhov, D. Kaverin (Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science RAS, Institute of Ecology of Volga basin RAS, Science Institute of Biology of the Komi Science Centre of the Ural Division RAS)*

7. GEOCRYOLOGICAL MAPPING OF GROUND TEMPERATURES AND PERMAFROST DISTRIBUTION

Stuart A. Harris (*Department of Geography, University of Calgary, Canada)*

14.00-14.45 Time break for dinner

8. MAPPING OF THERMOKARST FORMS IN WEST SIBERIA SPORADIC PERMAFROST ZONE

O. Ponomareva*, N.Berdnikov, A.Gravis (Earth Cryosphere Institute SB RAS)*

9. TRANSPORT ASSESSMENT OF ORGANIC MATTER TO THERMOKARST LAKES IN YAMAL USING REMOTE AND FIELD OBSERVATIONS

Yu. Dvornikov*, M. Leibman (Earth Cryosphere Institute SB RAS)*

10. FEATURES OF GEOCRYOLOGICAL MAPPING OF CENTRAL ASIA HIGH-MOUNTAIN

E. Severskiy *(Kazakhstan Alpine Geocryological Laboratory, Melnikov Permafrost Institute SB RAS)*

11. ROCK, GROUND GLACIERS AND MOBILE CRYOGENIC COVERS OF MONGOLIA

A. Gorbunov *(Kazakhstan Alpine Geocryological Laboratory, Melnikov Permafrost Institute SB RAS)*

12. MAPING THE SURFACE TALIKS BY MATERIALS OF WINTER SEISMIC SURVEY

B. Sedov *(NEISRI FEB RAS, NESU)*

SECTION 4

16.30 - 18.30

Auditorium 415

MAPPING FOR THE DESIGN AND CONSTRUCTION ON CRYOLITHOZONE

Chair: D. Shesternev

1. GEOTECHNICAL MONITORING OF GAS TRANSPORTATION FACILITIES ON THE NORTH

***V. Lashin**, G. Lashina (LTD "Gazprom Transgaz Ukhta" Vorkuta LPU MG)*

2. MAPS OF CRIOLITHOZONE CLASSIFICATION – THE BASIS FOR EFFECTIVE BUILDING AND EXPLOITATION OF ENGINEERING CONSTRUCTIONS

***D. Shesternev** (Melnikov Permafrost Institute SB RAS)*

3. ZONATION MAPPING OF EXOGENOUS GEOLOGICAL PROCESSES IN THE LENA-AMUR TRANSPORTATION CORIDOR

*I. Dorofeev, **A. Litovko** (Melnikov Permafrost Institute SB RAS)*

4. PROBLEMS OF PERMAFROST MAPPING FOR CONSTRUCTION OF INDUSTRIAL COMPLEXES AND THE MAIN PIPELINES ON THE FAR EAST

***T. Podgornaya** (Pacific National University)*

5. EXPERIENCE OF OUTRUNNING GEOCRYOLOGICAL ZONATION MAPPING OF THE WEST-LAKE – ANADYR MAIN GAS PIPELINE

***O. Tregubov** (NEISRI n.a. N.A. Shilo, FEB to RAS)*

6. EXPERIENCE IN DRAFTING REVIEW GEOCRYOLOGCAL-GEOMORPHOLOGICAL MAP WITH LARGE-SCALE INSERTIONS ON THE TRACK "AMUR" FEDERAL ROAD CHITA-KHABAROVSK

***V. Kondratiev** (RPE "TransEGÈM»)*

7. ON POSSIBILITIES OF EMERGENCY PREDICTION ON THE MAIN PIPELINE USING GIS

***L. Tarskaya**, P. Efremov, G. Struchkova, T. Kapitonova (Institute of Physical Technical Problems of the North SB RAS)*

June 6

SECTION 2

9.00 - 11.45

Aud. 415

APPLICATION OF REMOTE SENSING DATA FOR GEOCRYOLOGICAL MAPPING

Co-Chairs: V.Kravtsova., S. Kornienko

1. USE OF SATELLITE DATA IMAGERY FOR MAPPING AND MONITORING OF NATURAL LANDSCAPES OF THE PERMAFROST IN THE AREAS OF OIL AND GAS DEVELOPMENT

S. Kornienko *(Oil and Gas Research Institute RAS)*

2. STUDY OF THERMOKARST LAKES LOCATION AND SIZES BY MEANS OF REMOTE SENSING DATA AND METHODS OF MATHEMATICAL MORPHOLOGY OF THE LANDSCAPE

V. Kapralova *(IEG RAS)*

3. USING OF REMOTE SENSING DATA WHEN STUDYING AEOLIAN RELIEF HIGH LATITUDES

O. Sizov*, A. Abrosimov (Earth Cryosphere Institute SB RAS, Company «Sovzond»)*

4. THE POSSIBILITY OF USING LANDSAT SATELLITE IMAGES TO STUDY THERMOKARST LAKE DYNAMICS

T. Tarasenko *(MSU, Faculty of Geography)*

5. THERMOKARST LAKE DYNAMICS IN THE COASTAL PART OF THE YANA-INDIGIRKA LOWLAND USING REMOTE SENSING DATA

T. Tarasenko*, V. Kravtsova, E. Pizhankova, A. Gavrilov (MSU, Faculty of Geography, Faculty of Geology)*

6. STUDYING OF THERMOKARST LAKES AND THE SEA COASTLINE DYNAMICS IN THE NORTH EAST OF EUROPEAN PART OF RUSSIA USING MULTITEMPORAL SATELLITE IMAGES

I. Smirnova*, L. Sukhacheva, A. Rusanova («NIIKAM» – branch of FGUP TSNIImash)*

7. THE APPLICATION OF HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES TO DETERMINE THE RATE OF THERMAL DENUDATION AND THERMAL ABRASION ON THE WESTERN COAST OF KOLGUEV ISLAND

***A. Kizyakov**, M. Zimin, M. Leibman, N. Pravikova (MSU, Faculty of Geography, Research and Development Center "SCANEX", Earth Cryosphere Institute SB RAS, MSU, Faculty of Geology)*

8. DEVELOPMENT OF IMAGERY INTERPRETATION METHODS OF FRAZILS FOR THE DIGITAL GEOCRYOLOGIC MAP OF RUSSIA

*A. Prasolova, **E. Yakovenko,** E. Pizhankova, (MSU, Faculty of Geography, Faculty of Geology)*

9. APPLICATION OF COSMIC THERMOVISION INFORMATION FOR THERMAL EXPLORATION OF CRYOLITHOZONE

***V. Yugin**, V. Agachev, I. Myasnikov (LLC «Complex Geochemical Researches»)*

10. REMOTE DATA AND DIRECT OBSERVATION OF HYDROGEN DEGASSING OF EARTH'S INTERIOR AS SUBSTANTIATION OF THE ORIENTED LAKE FORMATION MECHANISM ON THE YANA-INDIGIRKA LOWLAND

***N.Larin**, V.Larin, V.Zgonnik, S.Rodina (Natural Hydrogen Energy Ltd., IPE RAS),*

SECTION 5

12.15 - 15.30

12.15-14.00 - AUD. 415,

14.45-15.30 - AUD. 611

GEOECOLOGICAL MAPPING OF CRYOLITHOZONE

Chair: D. Drozdov

1. CLIMATIC CHANGES MAPPING ON THE NORTH OF RUSSIA FOR ESTIMATION OF GEOCRYOLOGICAL AND GEOECOLOGICAL CONSEQUENCES

***G. Malkova**, A. Pavlov, Yu. Korostelev (Earth Cryosphere Institute SB RAS)*

2. LANDSCAPE MAPPING AS A BASIS FOR ASSESSING THE DYNAMICS OF GEOCRYOLOGICAL AND GEOECOLOGICAL CONDITIONS ON THE YAMAL PENINSULA

***T. Mikhaylova**, N. Ukraintseva (Earth Cryosphere Institute SB RAS)*

3. THE POSSIBILITIES FOR GEOECOLOGICAL MAPPING OF YAKUTIYA FOR PURPOSES OF SCIENTIFIC TOURISM

***O. Tolstikhin**, L. Ivanova, N. Pavlova ("Baikal State University of the Economy and Right", Melnikov Permafrost Institute SB RAS)*

4. METHODICAL ASPECTS OF ENVIRONMENTAL PERMAFROST MAPPING BASED ON THE LANDSCAPES

***L. Zotova** (MSU, Faculty of Geography)*

5. PALEOCRYOGENESIS EFFECT ON THE MODERN SOIL COVER IN THE CENTER OF THE EAST EUROPEAN PLAIN

***L. Gugalinskaya**, V. Alifanov (Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science RAS)*

14.00-14.45 **Time break for dinner**

Aud. 611

6. LARGE SCALE GEOECOLOGICAL MAPPING OF NADYM-PUNGA GAS PIPELINE ROUTE

***N. Moskalenko**, E. Ustinova, M.Rud (Earth Cryosphere Institute SB RAS)*

7. FEATURES GEOECOLOGICAL MAPPING CRYOLITHOZONE IN TRANSBAIKALIA

***A. Verkhoturov**, G. Verkhoturov (Zabaikalsky State University)*

8. ESTIMATION OF PIPELINE GEOECOLOGICAL SAFETY UNDER CONDITIONS OF THE NORTH

***L. Tarskaya**, P. Efremov, G. Struchkova, T. Kapitonova (Institute of Physical Technical Problems of the North SB RAS)*

SECTIONS 3, 6

16.00 - 17.30

Aud. 611

MAPPING OF THE POLAR SHELF

CRYOLOGICAL MAPPING OF MARS

Chair: V. Hilimonyuk

1. SUBMARINE PERMAFROST MAPPING OF YAMAL PENINSULA CONTINENTAL SHELF

***A. Vasiliev**, P. Rekant, I. Streletskaya, (Earth Cryosphere Institute SB RAS, All Russian Institute of Ocean Geology, MSU, Faculty of Geography)*

2. THEMATIC MAPPING OF KEY SITES OF PETROLEUM DEVELOPMENT IN OFFSHORE AREAS OF YAMAL PENINSULA

***D. Kuznetsov**, V. Biryukov, O. Kokin, S. Ogorodov (MSU, Faculty of Geography)*

3. THE MAP OF GROUND ICES IN RUSSIAN CRYOLITHOZONE IN THE SHELF-CONTINENT SYSTEM

***N. Shpolyanskaya**, N. Koroleva (MSU, Faculty of Geography)*

4. THE BASEMENTS OF MAKING OF THE CLASSIFICATION TABLE TO THE DIGITAL CRYOLOGICAL MAP OF MARS.

*V. Isaev, **O. Abramenko,** I. Komarov, V. Balmasheva (MSU, Faculty of Geology)*

5. COMPILING OF THEMATIC ATLAS ON COMPARATIVE PLANETOLOGY "RELIEF OF THE TERRESTRIAL PLANETS AND THEIR SATELLITES"

***M. Lazareva**, E. Lazarev, J. Rodionova (Geography Faculty MSU, Sternberg State Astronomical Institute MSU)*

17.30 - 18.00 **ROUND-TABLE, SUMMARIZING, CLOSING OF THE CONFERENCE**

POSTER REPORTS

June 5-6

recreation at auditoriums 415

1. MAPS OF THICKNESS OF PERMAFROST GAS-BEARING STRUCTURES

   Yu. Badu *(MSU, Faculty of Geography)*

2. IMPLEMENTATION OF REMOTE SENSING DATA IN RESEARCH OF COASTAL DYNAMYCS AT THE RUSSIAN ARCTIC

   A. Vergun, D. Kuznetsov, S. Ogorodov *(MSU, Faculty of Geography)*

3. TO THE TECHNIQUE FOR SEISMIC RISK FORCAST MAPPING OF LARGE GEOLOGICAL STRUCTURES WITH REGARD TO PARTIAL OR COMPLETE PERMAFROST DEGRADATION

   V. Dzhurik*, S. Serebrennikov, Ts. Batsaihan, A. Eskin, E. Bryzhak*
   (Institute of the Earth's Crust SB RAS)

4. DYNAMICS OF SNOW PATCHE AND LOCAL GLACIER CHANGES IN THE ANTARCTIC OASES

   I. Jozhikov, M. Anisimov, S. Verkulich
   («AARI», Department of Geography of Polar Regions)

5. USE OF MEDIUM-SCALE TOPOGRAPHICAL MAPS AND REMOTE SENSING DATA FOR GEOCRYOLOGICAL ZONING OF BOLSHEZEMELSKAYA TUNDRA

   T. Zengina, G. Osadtchaya, A. Koroleva
   (MSU, Faculty of Geography, Ukhta State Technical University)

6. NEW GENERATION OF GEOMORPHOLOGICAL MAPS OF THE ARCTIC SHELF OF RUSSIA AS A BASIS FOR STUDYING OF VARIOUS NATURAL PROCESSES

   A. Zinchenko *(VNIIOkeangeologia n.a. I.S. Gramberg)*

7. SUBGLACIAL LANDSCAPE OF THE FRANZ-JOSEF LAND ARCHIPELAGO

   N. Kachurina, E. Serov *(Polar Marine Geosurvey Expedition (PMGE))*

8. CREATING A COMMUNITY PERMAFROST MAP, TSIIGEHTCHIC, NORTHWEST TERRITORIES, CANADA
   R. Kors-Olthof, V. Roujanski *(EBA, a Tetra Tech Company, Edmonton, Canada)*

9. MAPPING OF THE GROUND FREEZING AND THAWING IN THE TERRITORY OF NATURAL PARK «SIBIRSKIE UVALY»
S. Korkin, E.Kayl *(Nizhnevartovsk State University)*

10. USING PurVIEW™ TO MAP PERMAFROST FEATURES IN ALASKA AND NORTHERN CANADA
S. McCuaig, V. Roujanski *(EBA, a Tetra Tech Company, Edmonton, Canada)*

11. SALINITY MAP OF CRYOGENIC QUATERNARY DEPOSITS OF THE YENISEI NORTH
A. Matyukhin, I. Streletskaya *(Earth Cryosphere Institute SB RAS, MSU, Faculty of Geography)*

12. APPLICATION OF VARIOUS CARTOGRAPHICAL FEATURES FOR ARCTIC COAST DYNAMICS STUDYING WITHIN DEVELOPED TERRITORIES

A. Maslakov, G. Kraev *(MSU, Faculty of Geography, Center for Forest Ecology and Productivity of RAS)*

13. MAPPING OF SMALL GLACIATION FORMS OF THE LAGONAKI HIGHLAND

A. Pogorelov, K. Golovan *(Kuban State University, Department of Geoinformatics)*

14. COMPARATIVE ANALYSIS OF HAZARD SEISMIC ZONING FOR THE SITES LOCATED IN DIFFERENT CLIMATE ZONES OF SIBERIA

S. Serebrennikov*, V. Dzhurik, L.Usynin, A. Shagun (Institute of the Earth's Crust SB RAS)*

15. CEOTECHNICAL MAPPING OF NE RUSSIAN PERMAFROST REGIONS

V. Spektor, R. Zhang, Ya. Torgovkin, A. Shestakova, V. Spektor *(Melnikov Permafrost Institute, SB RAS)*

16. METODOLOGICAL ASPECTS OF GEOLOGICAL PROCESSES MAPPING UNDER ENGINEERING ECOLOGICAL SURVEY

M. Kharkina *(MSU, Faculty of Geology)*

17. LANDSCAPE INDICATION OF TABULAR GROUND ICE ON THE CENTRAL YAMAL

A. Khomutov, M. Leibman, M. Andreeva (*Earth Cryosphere Institute SB RAS)*

18. DESTRUCTING CRIOGENIC PROCESSES AT THE GRUMANT VILLAGE (SPITSBERGEN ARCHIPELAGO)

V. Sharin, A. Okunev (*Polar Marine Geosurvey Expedition (PMGE))*

19. LAWS OF SEASONAL FREEZING OF GROUNDS IN THE VICINITY OF THE SAMOTLOR DEPOSIT, WESTERN SIBERIA

I. Privalichin (*MSU, Faculty of Geography)*

The conference is supported by RFBR (grant №13-05-06024)

ТЕЗИСЫ КОНФЕРЕНЦИИ
«ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ»

Москва

5-6 июня 2013 г.

Секция 1
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ. ОПЫТ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ КРИОЛИТОЗОНЫ

КАРТЫ МОЩНОСТИ КРИОГЕННОЙ ТОЛЩИ ГАЗОНОСНЫХ СТРУКТУР

Ю.Б. Баду
МГУ имени М.В.Ломоносова, географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии, yubadu@mail.ru

MAPS OF THICKNESS OF PERMAFROST GAS-BEARING STRUCTURES

Yu. Badu
Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Cryolithology & Glaciology yubadu@mail.ru

В криолитосфере вода во всех фазовых состояниях тесно и сложно взаимодействует с минеральными и органическими компонентами грунтовой толщи, верхняя часть которой охлаждена до температуры ниже 0°С и представляет собой криогенную толщу.

Нижняя граница криогенной толщи определяется положением изотермы 0°С. Мерзлая льдистая толща ограничена снизу изотермой T_{bf} – температурой начала замерзания грунта. Эта толща обычно подстилается горизонтом отрицательнотемпературных горных пород, не содержащих видимых включений льда из-за высокой засоленности грунтов, понижающей температуру их замерзания (начала льдовыделения).

С начала 70-х годов прошлого века схематическая карта мощности ММП газоносной структуры в масштабе 1:50 000 и 1:100 000 составлялась по данным стандартного каротажа после разбуривания разведочных скважин под кондуктор. Нередко применялись данные измерений температуры после цементирования кондуктора и отбивки цементного кольца (ОЦК). Точка перехода через 0°С фиксировалась в стволе невыстоявшейся скважины, и ее положение лишь в отдельных случаях корректировалось по данным измерений кажущегося сопротивления (КС), поляризации (ПС) и гамма-излучения (ГК). Небольшое количество пробуренных скважин и данных каротажа в пределах площади газоносной структуры позволяли создать схематическое изображение мощности в изолиниях не чаще, чем через 40-50м. Глубиной положения точки 0°С измерялась мощность криогенной толщи, и точность измерения была достаточно высокой только в толщах с невысокой засоленностью грунтов и слабой минерализацией подземных вод.

При составлении **карты мощности криогенной толщи** нами использованы все известные фактические и расчетные данные, полученные при бурении, вертикальном электрозондировании, геофизических исследованиях в пробуренных и выстоявшихся скважинах, при корреляции этих материалов с кривыми естественной температуры T_e и температуры начала замерзания T_{bf}.

Глубина многолетнего охлаждения грунтовой толщи ниже 0 ºС в разрезе газоносной структуры оценивается по положению изотермы 0^oC, проводимой на разрезах по точкам 0^oC кривых измерения температуры в скважинах с выстойкой не менее 1 года. Наиболее достоверно самое глубокое положение нулевой изотермы в разрезе Бованенковской структуры определено по изме-

рениям в скв. Р-55 после 5 лет выстойки [3], Харасавэйской структуры в скважине КТС-8 после выстойки более 1 года [1], Новопортовской и др. [6, 7].

Для ряда разрезов (вскрытых на глубину 150 м) положение подошвы мерзлой толщи определено по кривой естественной температуры T_e, измеренной в выстоявшейся скважине, до пересечения ее с кривой температуры начала замерзания засоленного грунта T_{bf}, определенной в лаборатории. Ниже глубины 150 м положение точки и изотермы 0°С определено по величине геотермического градиента с ошибкой определения в 10-15 %.

Для определения мощности мерзлой толщи также использованы данные описаний криогенного строения керна из параметрических скважин (наличие шлиров сегрегационного льда и его отдельных кристаллов в керне с массивной криогенной текстурой).

Для корреляции привлекались данные геофизических исследований по стволу скважин, лабораторные определения состава и физических свойств грунтов, содержания солей, незамерзшей воды, температуры начала замерзания пород, выполненные НТФ «Криос». Полученные значения мощности скоррелированы с геофизическими данными по сопротивлениям КС и ПС, гамма-каротажу и др.

Основные особенности распределения мощностей нашли свое отражение на Карте мощности многолетнемерзлых пород Западно-Сибирской плиты масштаба 1:1 000 000, составленной под редакцией В.Т.Трофимова и изданной в 1982 году. Для определения мощности многолетнемёрзлых толщ и ее картирования на площади месторождения использованы не только данные геофизических измерений в скважинах, но и результаты вертикального электрозондирования в маршрутах, проведенных при инженерно-геологической съемке Ямала в масштабе 1:500 000.

Содержание и общая концепция Карты использованы при составлении крупномасштабных карт мощности Харасавэйской и Бованенковской структур [2, 3]. В разрезе последней были установлены заметные несоответствия в мощностях ММП на пойме и морских террасах, которые необходимо учитывать при мелкомасштабном картографировании. Данные о глубине промерзания здесь были получены по материалам геофизических исследований в параметрических скважинах, пробуренных НТФ «Криос» [2, 3]. Опорной кривой изменения геофизических параметров мерзлой толщи послужили каротажные диаграммы по скважине КТС-8, данные исследований условий льдовыделения и криогенного микростроения в толще пород [1].

При картографировании мощности мерзлых толщ показывается не только глубина положения изотермы 0^0С, но и состояние пород в зоне отрицательных температур – монолитное (породы содержат лед-цемент и сегрегационный лед) или охлажденное (породы не содержат внутригрунтового льда), а также интервалы с послойным чередованием таких пород. Не менее важно и выделение пачек пород, где послойно чередуются мерзлые и охлажденные породы.

Выводы

Опыт крупномасштабного картографирования мощности криогенной толщи Ямала показывает на необходимость учета особенностей ее строения, состава и состояния в газоносных структурах.

1. Явная зависимость глубины залегания подошвы ММП от геоморфологических условий заметно искажается составом и засоленностью грунтов, слагающих кайнозойскую толщу. Поэтому на отдельных участках пойм мерзлая толща может иметь двух- и трехслойное строение, где твердомерзлые грунты не только подстилаются пластичномерзлыми и охлажденными, но и переслаиваются с горизонтами криопэгов, в которых высокоминерализованные рассолы находятся под напором различной мощности.

2. Во всех случаях мерзлая часть толщи подстилается охлажденными породами с отрицательной температурой и без видимых включений льда.

3. Положение нулевой изотермы в разрезе структуры не соответствует продолжительности охлаждения и промерзания грунтовой толщи, т.к. в заметной степени испытывает воздействие потока тепла снизу.

4. Глубина положения изотермы 0^oС уменьшается над самой возвышенной частью газоносного купола. Мощность же мерзлой толщи над куполом сокращается почти на 20% по сравнению с

ее мощностью над крыльями структуры. Такое распределение мощностей в пределах одного месторождения впервые выявлено, зафиксировано и откартировано для Харасавэйской, Бованенковской, Новопортовской, Ямбургской газоносных структур. О подобной общей закономерности распределения мощности мерзлых пород в контурах газовых месторождений Западной Сибири высказывались ранее Б.В.Галактионов, М.С.Красс и В.В.Ловчук [5]. Аналогичные особенности поведения подошвы криогенной толщи над газоносным куполом зафиксированы и в других газоносных структурах Ямала.

5. Как правило, в меридиональном разрезе нулевая изотерма следует положению кровли нижнемеловой газоносной залежи и плавно понижается от вершины купола к северу. В субширотном разрезе такое положение отмечается реже, обычно на участках разрезов с наиболее низкими температурами мерзлой толщи или с повышенной засоленностью глинистых грунтов.

6. Глубина залегания подошвы мерзлой толщи в общей конфигурации следует положению нулевой изотермы, но резко:

- уменьшается под системами крупных хасыреев, под которыми существовали глубокие талики;
- уменьшается в частях разреза, где грунтовая толща сложена сильно- и среднезасоленными грунтами;
- прерывается по вертикали в горизонтах залегания песчаных пород, насыщенных криопэгами;
- увеличивается в частях разреза с изотермами -4^{o}C и -5^{o}C, т.е. в наиболее промороженных его участках.

7. Состояние мерзлой части грунтовой толщи определяется современным температурным режимом – при существующей засоленности в твердомерзлом состоянии находятся только грунты с температурой ниже -4 ^{o}C.

8. Для оценки планового совпадения дизъюнктивных нарушений в продуктивной толще с аномальными колебаниями глубин положения изотермы 0ºС в разрезе газоносной структуры были схематично показаны грабены и горсты. С грабенами связаны не только положительные аномалии (уменьшение) глубины изотермы 0ºС, но и отрицательные (погружение изотермы). С плановым простиранием горстов связаны только участки погружения изотермы 0ºС. Очевидно, что дизъюнктивы в сводовом поднятии определенно нарушают выявленные закономерности изменения глубины охлаждения в пределах различных геоморфологических уровней.

9. Соотношение вертикальных размеров твердомерзлой, пластичномерзлой и охлажденной частей криогенной толщи изменяется при сравнении с разрезами вне газоносных площадей. За пределами континентальной части газоносной Харасавейской площади мощность толщи охлажденных пород на 20-30% больше, чем внутри ее. Если этого не учитывать, то при попытках палеогеографических реконструкций (особенно при математическом моделировании) на 20-30% увеличивается продолжительность времени промерзания пород в пределах каждого геоморфологического уровня. Этим заметно искажается тот ход геологической истории многолетнего эпихронного промерзания грунтовой толщи, который принят не только для территории п-ова Ямал, а для всей территории севера Западно-Сибирской плиты.

Литература

1. Баду Ю.Б. Состояние пород в разрезе // Криосфера нефтегазоконденсатных месторождений полуострова Ямал. Криосфера Харасавэйского газоконденсатного месторождения. Том 1. СПб.: Недра. 2006. – С.101-104.

2. Баду Ю.Б. Мощность мерзлой толщи // Криосфера нефтегазоконденсатных месторождений полуострова Ямал. Криосфера Харасавэйского газоконденсатного месторождения. Том 1. СПб.: Недра. 2006. – С.105-111.

3. Баду Ю.Б., Подборный Е.Е. Мощность криогенной толщи // «Криосфера нефтегазоконденсатных месторождений полуострова Ямал»: в 3 т. Т.2. Бованенковское нефтегазоконденсатное месторождение. – Москва: ООО «Газпром экспо», 2013. 424 с.

4. Кондаков В.В., Галявич А.Ш., Кондакова О.А., Кусова О.Ф., Язынин О.М. Геокриологический разрез по данным параметрического бурения скважин 79-П и 80-П, водно-физические и физико-механические свойства грунтов // «Криосфера нефтегазоконденсатных месторождений полуострова Ямал: в 3 т. Т.1. *Криосфера Харасавэйского газоконденсатного месторождения. – СпБ. : Недра. 2006. С.301-324.*

5. Красс М.С., Ловчук В.В. Влияние структурных неоднородностей земной коры на динамику ее промерзания и конфигурацию нижней границы мерзлых толщ // Тр.ПНИИИС. М.: 1972. Т.XVIII. С.212-222.

6. Трофимов В.Т., Баду Ю.Б. и др. Полуостров Ямал. М.: Изд-во Моск.ун-та, 1975. 245 с.

7. Фотиев С.М. Строение криогенной толщи Западной Сибири // Труды ПНИИИС Госстроя СССР, 1972. Том 18, с.11-123.

ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА СССР м-ба 1:2500000 И ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

А.В. Брушков

Геологический факультет МГУ, кафедра геокриологии, brouchkov@geol.msu.ru

PERMAFROST MAP OF THE USSR 1:2,500,000 SCALE AND PERSPECTIVES OF GEOCRYOLOGICAL MAPPING

A.V. Brouchkov

Geological faculty of MSU, geocryology department, brouchkov@geol.msu.ru

Тепловое состояние горных пород, связанное с теплообменом на поверхности Земли между литосферой и атмосферой, является одним из основных предметов исследования геокриологии. Это исследование, по существу и в своей основе геологическое, имеет естественно-исторический и региональный аспекты, и включает изучение взаимодействия атмосферы, гидросферы и биосферы. Мерзлые породы занимают едва ли 40% земной суши и шельфа и играют важную роль в эволюции литосферы и других составляющих природной среды. Сегодня происходят ее глобальные изменения, связанные как с естественной динамикой, так и деятельностью человека. В последние десятилетия установлено повышение температур воздуха, сокращение размеров ледников, снежного и ледового покровов на континентах и в океанах. За последние 30 лет в ряде районов отмечается повышение температуры пород

Научные представления В.А. Кудрявцева, подтвержденные широкой практикой исследований, как известно, основываются на тесной связи геолого-географических условий и климата с тепловым состоянием литосферы. Исследование климатических и ландшафтных характеристик, как и собственно геологических условий, является составной и необходимой частью изучения криолитозоны, а их региональная оценка служит основой для районирования территорий распространения мерзлых пород. Зональные, поясные, региональные и исторические закономерности формирования мерзлых пород требуют рассмотрения особенностей климата, рельефа, ландшафтов, растительности и других составляющих природной среды. Только на основе общих закономерностей формирования мерзлых пород на больших территориях могут быть изучены частные проявления этих закономерностей в отдельных районах.

Мерзлотное районирование является достаточно сложным. Мерзлотные условия формируются во взаимосвязи с комплексом климатических, геологических и географических условий, и мерзлотное районирование должно выполняться на основе геолого-географического райониро-

вания. Геологические и географические условия включают большое число показателей, что затрудняет разделение территории на районы по комплексам этих показателей, площади распространения которых к тому же могут не совпадать. Районирование с большим числом показателей значительно информативнее, но сама задача районирования усложняется. Основным методом отражения мерзлотных условий на картах является раздельное отображение основных мерзлотных характеристик и основных показателей природной среды. Такой подход, разработанный В.А.Кудрявцевм и его учениками, позволяет не только получить по карте информацию о том или ином параметре мерзлой толщи и об их изменении по территории, но и понять закономерности формирования мерзлотных характеристик в зависимости от факторов природной среды.

Геокриологическая карта СССР (1991) на территорию России и сопредельных территорий бывшего СССР является первой картой криолитозоны масштаба 1:2 500 000.

На карте отображены основные геологические и мерзлотные характеристики в виде отдельных слоев, что явилось прообразом современных ГИС. Это позволяет проводить анализ теплового состояния мерзлых пород на основе характеристик природных условий, отображенных на карте. Различные слои карты позволяют оценить распространение характеристик по территории, а также закономерности их изменения. Важной особенностью карты является отображение строения мерзлых толщ и их льдистости. Мерзлотные характеристики связаны на ней с рельефом, геологическим строением, тектоникой, составом горных пород. Карта является уникальной по сложности и числу характеристик природных условий, связанных между собой. При ее составлении применялась методика комплексной мерзлотной съемки, принципом которой являются районирование, мерзлотные исследования на ключевых участках и распространение этих данных на выделенные ландшафты.

В работе над картой использовались результаты мелко, средне и крупномасштабных мерзлотных съемок, во время которых был получен большой фактический материал, установлены частные, общие и региональные закономерности изменения мерзлотных условий. Включались климатические данные Гидрометеосети, обрабатывались мелкомасштабные и обзорные геологические, геоботанические, ландшафтные, почвенные и другие карты и дополнительные материалы, полученные бурением и геофизическими методами, а также с использованием аэро- и космоснимков, моделирования и расчетных методов. Геологическая основа карты включает изверженные и осадочные геологические формации, а также геолого-генетические комплексы неоген-четвертичных отложений. Залегающие с поверхности рыхлые отложения распределены по генетическим комплексам (мощностью более 5 м) и охарактеризованы по составу, типу промерзания, криогенным текстурам, льдистости, полигонально-жильным и пластовым ледяным залежам. Для формаций коренных пород на карте показан геологический возраст, состав, трещиноватость, криогенные текстуры и льдистость в пределах слоя годовых колебаний температур (15-20 м). На карте показаны распространение и среднегодовые температуры сезонно- и многолетнемерзлых пород, выделенные цветом. Особенности распространения многолетнемерзлых пород представлены двумя зонами (цветовым фоном): 1) зоной сплошного распространения (Северная геокриологическая зона), для которой радиационно-тепловые талики не характерны; 2) зоной несплошного (редкоостровного, массивноостровного и прерывистого) распространения многолетнемерзлых пород (Южная геокриологическая зона. Изолиния среднегодовых температур пород 0°С является границей многолетней криолитозоны. Мощность и строение криолитозоны показаны на карте залеганием мерзлых горизонтов: 1) залегающих с поверхности; 2) реликтовых, разобщенных с горизонтом голоценовой мерзлоты слоем талых пород; 3) субаэральных и субмаринных охлажденных пород, содержащих криопэги. Мощность каждого горизонта показана штриховкой разного цвета. Для зоны со сплошным распространением мерзлых пород показаны сквозные и несквозные талики под руслами рек и озерами, а также районы разгрузки подземных вод. На карте показано распространение мерзлотных явлений: полигонально-жильных льдов, залежей подземных льдов, наледей, полигональных торфяников, бугров пучения (сезонных и многолетних), пятен-медальонов, псевдоморфоз, каменных колец и других.

Геокриологическая карта СССР, составленная преимущественно в 80-х гг. XX в., явилась важнейшим достижением региональной геокриологии и геокриологического картографирования

того времени. В настоящее время она широко используется для подготовки специалистов-геокриологов, в образовательных и научных целях, а также проектно-изыскательскими организациями на стадии обоснования инвестиций. Трудность прочтения большинства элементов ее содержания, за исключением основного - температуры пород, обусловленная информативностью карты, а также детальностью картографирования – практически непреодолимое негативное свойство карт условий, представленных в бумажной версии. Этого свойства лишены являющиеся многослойными электронные карты. К настоящему времени уже составлен ряд геологических электронных карт России масштаба 1:2 500 000: геологическая, гидрогеологическая, инженерно-геологическая.

Геокриологическая карта СССР составлена по материалам, полученным 30-50 лет назад. За время, прошедшее с момента ее создания, получены новые данные, особенно важные на Арктическом шельфе. В последнее время изменился ряд геологических представлений, существенные успехи были достигнуты в теории, методологии и методике геокриологических исследований. Вслед за успехами в развитии вычислительной техники существенное развитие получили расчетные методы в геокриологии. Сказанное свидетельствует, что карта, составленная в 1980-е гг., требует приведения ее в соответствие с современными теоретическими основами и фактическими данными. Очевидно, что этот процесс должен осуществляться на основе применения новых технологий. В перспективе важно создание геокриологической ГИС Российской Федерации, вероятно, в развитие существующей, созданной на кафедре геокриологии МГУ Геокриологической карты 1:2 500 000. Было бы крайне важно выполнить работы по переводу этой карты в электронный цифровой вид, обновлению и расширению ее содержания.

Целесообразно создание такой карты, содержание которой можно наращивать и изменять по мере поступления новых данных и развития науки. Поэтому число слоев следовало бы расширить. В частности, следует изучить возможность дополнения карты слоем районирования (помимо геологической основы, геокриологических характеристик, криогенных процессов и явлений), т.е. слоем природных комплексов (ландшафтов), определяющих формирование и пространственное распределение мерзлотных условий, а также слоем космических изображений. На основе первого из перечисленных дополнительных слоев целесообразно создание базы данных. Назначением второго слоя, функционально дополняющего первый, является объективизация картографирования и приведения карты в вид, удобный для изучения закономерностей формирования и распределения геокриологических характеристик. С осуществлением такого подхода существующая Геокриологическая карта, составленная, как все карты масштаба 1:2 500 000 в СССР, на искаженной топографической основе, могла бы быть преобразована в карту, реалистично отражающую мерзлотные условия в настоящее время.

Следовало бы дополнить карту геокриологическими разрезами, иллюстрирующими изменение мерзлотных условий в природных зонах - в широтном и меридиональном направлениях. Криолитозона, как известно, весьма неравномерно обеспечена геокриологическими данными. Поэтому было бы целесообразно охарактеризовать степень обоснованности картографирования на различных территориях.

Новая карта могла бы быть полезна при проработке технико-экономического обоснования освоения различных районов криолитозоны. В последнее время для криолитозоны в целом, а особенно для ряда районов значительную остроту приобрели вопросы глобального изменения климата и экологического состояния природной среды криолитозоны. В этом плане наблюдаемое в настоящее время потепление климата и нарастание (накопление) техногенных нагрузок на осваиваемых территориях сказываются преимущественно на ухудшении условий строительства и работы сооружений. Это связано с оттаиванием многолетнемерзлых пород и увеличением глубины их залегания до 6-10 м в южной геокриологической зоне и до 2-5 м в северной. В южной зоне островного распространения многолетнемерзлых пород увеличивается площадь талых пород. При сохранении тенденции глобального потепления климата здесь к 2050 году верхний слой многолетнемерзлых пород мощностью 25-50 м может полностью протаять. В северной зоне сплошного распространения ММП и в зоне их прерывистого распространения прогнозируется значительное на 1-1,5°С повышение среднегодовой температуры пород и формирование несливающейся мерзлоты.

Изменение теплового состояния пород в верхней части разреза будет сопровождаться активизацией и развитием опасных процессов там, где раньше их проявления были незначительными либо они совсем не наблюдались. Все эти изменения уже в настоящее время привели к деформациям и уменьшению надежности функционирующих промышленно-гражданских комплексов. Целесообразно рассмотреть возможность отражения на новой карте последствий изменения климата и различных видов хозяйственной деятельности. К работе над картой следует привлечь специалистов различных академических и производственных организаций.

КАМЕННЫЕ, ЗЕМЛЯНЫЕ ГЛЕТЧЕРЫ И МОБИЛЬНЫЕ КРИОГЕННЫЕ ПОКРОВЫ МОНГОЛИИ

А.П. Горбунов
Казахстанская высокогорная геокриологическая лаборатория
Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН
permafrost.08@mail.ru

ROCK, GROUND GLACIERS AND MOBILE CRYOGENIC COVERS OF MONGOLIA

A. Gorbunov
Kazakhstan Alpine Geocryological Laboratory,
Melnikov Permafrost Institute SB RAS permafrost.08@mail.ru

В отношении каменных глетчеров Монголии наибольший интерес представляет Монгольский Алтай. Но о них до сих пор сведения чрезвычайно скудны. Картографирование их не производилось. Космические снимки позволили нам получить о каменных глетчерах и сходных с ними перигляциальных формах первую информацию [1].

Оказалась, что большая часть каменных глетчеров приурочена к китайской части Монгольского Алтая, к бассейну реки Бурчун, в котором расположено живописное озеро Канас. Здесь они и самые крупные, и самые выразительные по форме. Максимальная длина активных каменных глетчеров порядка 1600 м.

Но на большей части Монгольского Алтая преобладают малые каменные глетчеры и обычно не классического облика. Каменные глетчеры в основном присуши для его северной половины, южнее 47˚с.ш. встречаются лишь одиночные образования такого рода. На севере Монгольского Алтая активные каменные глетчеры размещаются в интервале абсолютных высот 2800- 2200 м, на юге – 3200 - 2500 м.

В Гобийском Алтае в горных массивах Баян-Цагаан (3452 м), Их-Богд-уул (3957 м) и Бага-Богд-уул [2], распространены в основном лишь редкие неактивные и древние их разновидности. Только в высочайшем массиве Гобийского Алтая, в Их-багд-уул, отмечены три активных каменных глетчера в интервале высот 3630 – 3200. м. Их длина варьирует между 400 и 900 м. Возможно, здесь их несколько больше, но качество снимков не позволяет уточнить это предположение. Всего в упомянутых трех массивах Гобийского Алтая как минимум два десятка разновидностей каменных глетчеров.

В Монгольском Алтае отмечены многочисленные земляные глетчеры. Они намного крупнее своих каменных аналогов. Обычная их длина более километра. Самый крупный протягивается на 9 км. Формируются они за счет четвертичных озерных отложений или палеоген- неогеновых пород [3].

Всего в Монгольском Алтае выявлено 770 каменных и земляных глетчеров. Но, по косвенным данным, эту оценку следует увеличить до 950 -1000.

Особого внимания заслуживают криогенные покровы, сосредоточенные в основном в Монгольском Алтае. Различаются две их генетические разновидности. Первая формируется каменными или земляными глетчерами, вторая – озерными отложениями.

Происходит это следующим образом. Каменный или земляной глетчер, выходя из горной долины на равнинный участок, распластывается за счет своей высокой льдистости. Возникает криогенный покров. Размеры их таковы. Длина до 9 км, средняя ширина порядка 2-3 км, максимальная - до 4-6 км. Наибольшая площадь покрова порядка 20 км².

Покровы этой разновидности приурочены к правым притокам реки Цаган-гол и к верховью реки Булган.. Они прослежены на юг до 47˚ с. ш. В бассейне реки Булган-гол отмечен случай наползания мобильного криогенного покрова на стабильный или древнюю морену.

Вне Монгольского Алтая три таких покрова обнаружены на южном макросклоне массива Монгун-Тайга (бассейн озера Ачит-нуур) между изогипсами 1800 и 2600 м.

Вторая разновидность криогенных покровов связана с льдистыми озерными отложениями. Они обычно привязаны к котловинам, которые в недалеком геологическом прошлом вмещали крупные озера. Затем понижение уровня вод в них привело к многолетнему промерзанию озерного осадка. На наклонных участках вечномерзлые толщи приобрели подвижность, что привело к формированию мобильных криогенных покровов (рис.1).

Рис. 1. Мобильный криогенный покров озерного генезиса в Монгольском Алтае.

Всего в Монгольском Алтае выявлено нами по космическим снимкам между 49˚ и 47˚с.ш. 15 покровов, а всего в горах Монголии их выявлено 18. Они размещаются в интервале абсолютных высот 2150 -2800 м. Преобладают мобильные покровы. Размеры их варьируют от 2 до 40 км². Но самый крупный в котловине озера Хургон-нуур достигает в длину 24 км. Его площадь порядка 200 км².

Кроме Монгольского Алтая, каменные глетчеры распространены в восьми горных массивах МНР.

Горы Тургэн-Уул (3960 м, 49º 30′ с.ш. и 91º30′ в.д.). Авторы сообщения [4] относят этот массив к Монгольскому Алтаю, хотя орографически он тяготеет к Восточному Алтаю. На относительно небольшой горной территории (50 х 25 км) выявлено 107 каменных глетчеров. Они распо-

лагаются в интервале 2300 – 3400 м абсолютных высот. Современное оледенение в этих горах незначительно. Большая часть каменных глетчеров осыпного генезиса.

Массив Хархираа (4037 м) в 5 км к югу от Тургэн-Уул. Качество космических снимков затрудняет дешифрирование каменных глетчеров. Можно предположить, что их здесь не менее 100, т.е. примерно, как и в Тургэн-Уул.

Горы Их-Тургэн-Уул (4029 м). Они находятся на границе Монголии и России, являясь отрогом Восточного Алтая. По космическим снимкам, каменных глетчеров здесь более 100. Преобладают активные формы. Выявлено несколько десятков предосыпных валов. Размещаются каменные глетчеры в интервале высот 2200 - 3000 м. Самые крупные протягиваются на 1 км. Качество космических снимков затрудняет получение более детальной информации о каменных глетчерах.

Цаган-Шувуут-Уул (3496 м). Массив, отрог хребта Танну-Ола, расположен на границе Монголии и России (50˚21′ с. ш. и 99˚55′ в. д.). Выявлено по космическим снимкам только около десятка активных и неактивных каменных глетчеров, Предполагается, что в действительности их здесь несколько десятков.

Хребет Хан-Хухийн-Нуруу (2828 м) – центральная часть хребта – 49˚20′ с. ш. и 94˚30′в.д. Здесь не менее десятка каменных глетчеров, но их количество, высотное размещение и размеры не удалось определить по некачественным космоснимкам.

Одиночные каменные глетчеры обнаружены в отрогах Саян в хребтах Улаан-Тайга и Баяны – нуруу, обрамляющих Дархатскую котловину.

Хангай, В окрестности Отгон-Тэнгэр (4021 м), в долине реки Рашантын-гол обнаружен активный каменный глетчер, частично перекрывающий древний. Первый расположен на высоте около 2500 м. Его длина несколько сот метров, высота фронтального уступа порядка 10 м, крутизна откоса 31º (устное сообщение Р. Ломборинчена, 1990). На некачественных космических снимках не удалось обнаружить другие образования такого рода. Можно лишь предположить, судя по характеру рельефа и высоте гор, что неактивных или древних каменных глетчеров здесь порядка одного десятка.

В Хэнтэе, высота которого не превышает 2800 м, возможны находки только фрагментов древних одиночных каменных глетчеров.

Заключая это сообщение, следует заметить, что в первую очередь необходимо крупномасштабное картографирование каменных, земляных глетчеров и криогенных покровов Монгольского Алтая. Но такая работа не может быть выполнена без обстоятельных полевых исследований.

Литература

1. http: // www. google. com/earth

2. Монгольская Народная Республика. Национальный Атлас. Улан-Батор – Москва, Академия Наук МНР – Академия Наук СССР.1990, 144 с.(МНР,1990).

3. *Горбунов А.П., Горбунова И.А.* География каменных глетчеров мира.. М., Товарищество научных изданий КМК, 2010, 131 с.

4. *Lehmkuhl F., Stauch G.* Rock glacier and periglacial processes in the Mongolian Altai // 8 th International Conf. on Permafrost, 2003, v. 1, p. 639 – 643.

ОЦЕНКА ПОСТУПЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ТЕРМОКАРСТОВЫЕ ОЗЕРА ЯМАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ И НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Ю.А. Дворников, М.О. Лейбман
Институт Криосферы Земли СО РАН, ydvornikow@gmail.com

TRANSPORT ASSESSMENT OF ORGANIC MATTER TO THERMOKARST LAKES IN YAMAL USING REMOTE AND FIELD OBSERVATIONS

Yu. Dvornikov, M. Leibman
Earth Cryosphere Institute SB RAS, ydvornikow@gmail.com

Аннотация. В работе представлены результаты изучения термокарстовых озер Ямала и их бассейнов с использованием комплекса дистанционных и наземных наблюдений. Рассмотрены механизмы поступления органического вещества из водосборных бассейнов в озера и зависимость интенсивности этого процесса от климатических показателей. Для оценки продуктивности растительного покровы тундры ключевого участка использован индекс концентрации хлорофилла А (Chl-a) на поверхности. Индекс рассчитан с использованием снимка сверхвысокого пространственного разрешения GeoEye-1. Статистика индекса для водосборных бассейнов изучаемых озер сопоставлена с различиями в концентрации растворенного органического вещества (cDOM) в термокарстовых озерах. Данные получены в результате лабораторного анализа проб воды, полученных в ходе двух экспедиций Института Криосферы Земли в 2011 и 2012 гг.

Введение. Органическое вещество, которое поступает в озера с водосборных бассейнов (аллохтонное растворенное органическое вещество) [6] образуется из разрушенной в почве растительности [5,8]. Оно накапливается в почвах в форме торфа. Его количество зависит от характера растительного покрова [10], возраста и динамики бассейнов термокарстовых озер [7], климатических показателей [4,9]. Для оценки растительного покрова в водосборных бассейнах озер использован индекс концентрации хлорофилла А (Chl-a). Индекс свидетельствует об интенсивности процесса фотосинтеза, и, следовательно, о количестве органики, которая может потенциально поступить с территории водосборного бассейна в озеро в результате стока и инфильтрации атмосферных осадков, а также фильтрации вод сезонноталого слоя.

Методика. Концентрация хлорофилла – один из основных оптически измеряемых показателей поверхности суши и воды [2]. Расчет индекса Chl-a на поверхности основан на знании того, что растительность интенсивно поглощает волны красной области спектра (650-700 нм) для поддержания происходящего в ней процесса фотосинтеза. Индекс Chl-a рассчитан с использованием космического снимка GeoEye-1 2009 года с пространственным разрешением 0.5 м. Общий вид комбинации каналов спутникового снимка, имеет вид: **Chla** = (**DNgreen** + **DNnIR**)/2 – **DNred**, где DN – относительное значение яркости пиксела в 11-битной системе каналов GeoEye-1: green, NIR, red – соответственно зеленый, ближний инфракрасный и красный каналы, имеющие диапазоны съемки 510-580, 780-920, 660-690 нанометров соответственно. На выходе получается растровое изображение, отражающее распределение индекса на поверхности (рис. 1). Средние значения индекса для водосборных бассейнов приведены в таблице 1. Рассчитанный индекс безразмерен, и может характеризовать только относительный уровень интенсивности процесса фотосинтеза в водосборном бассейне, однако эти данные позволяют сравнивать бассейны разных озер между собой.

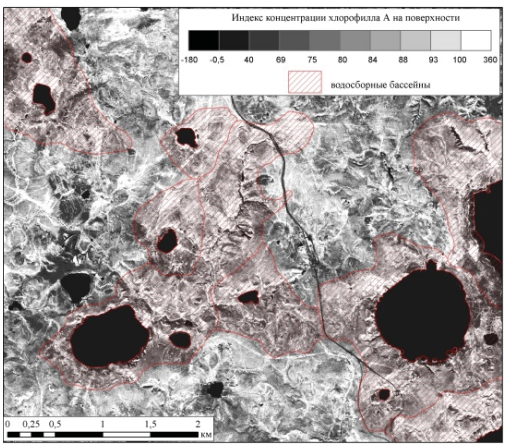


Рис. 1 Распределение значений индекса Chl-a на ключевом участке

Средние значения индекса были сравнены со значениями концентрации растворенной органики в озерной воде - Colored Dissolved Organic Matter, (cDOM), которую можно оптически измерить [1]. Спектрофотометрический анализ проб был произведен в лаборатории на двух-лучевом спектрофотометре Specord 200 в диапазоне 200-750 нм, что позволило определить спектры поглощения в каждой пробе. Анализ был проведен с оптическим разрешением прибора 1 нм.

Таблица 1

Результаты расчета характеристик озер и водосборных бассейнов (ВБ)

Озеро	**Объем водной массы, м^3**	**Площадь водосборного бассейна, км^2**	**Среднее значение индекса Chl-a в ВБ**	**a_{cDOM}(440) нм. 2011 год**	**a_{cDOM}(440) нм. 2012 год**
LK-04	2881575	2,72	81,82	0,993	2,526
LK-01	1837885	2,64	83,64	0,539	1,386
LK-07	1464826	2,23	84,1	0,639	1,310
LK-12	77623	0,79	84,12	1,993	7,928
LK-06	175856	0,55	84,4	1,994	4,379
LK-10	51462	1,96	86,16	1,413	3,975
LK-02	42779	0,37	91,49	2,497	18,585

Результаты. Для изученных озер в таблице 1 приведены значения абсорбции молекулами cDOM волн участка 440 нм за 2011 и 2012 гг. Было установлено, что значения $a_{cDOM}(440)$ имеют высокую корреляцию со средним значением индекса Chl-a в водосборных бассейнах (r = **0,89**) и несколько менее выраженную со значениями площади водосборного бассейна (r = **-0,75**). Менее выраженная связь прослеживается с объемом воды в озере (r = **-0,56**). Из этого следует, что характер растительного покрова в водосборном бассейне, его видовой состав являются одним из факторов, которые формируют концентрацию растворенной органики в озере.

Поскольку пробы воды были отобраны в полевые сезоны 2011 и 2012 гг., это позволило проследить динамику изменения концентрации растворенной органики в изучаемых озерах. Результаты анализа проб воды на $a_{cDOM}(\lambda)$ за 2011 и 2012 гг. демонстрируют достаточно большие различия в значениях. Для объяснения различий в значениях концентрации cDOM нами было проанализировано влияние климатического фактора.

Были рассмотрены средние месячные температуры воздуха за летний период 2011 и 2012 гг и было выявлено, что в 2012 году среднемесячные летние температуры воздуха (по данным станции Марре-Сале) намного выше значений 2011 года (в среднем на 5 градусов). Это привело к тому, что на полигоне произошло довольно значительное увеличение глубины сезонного протаивания (по данным измерений в рамках проекта CALM) [3]. В таблице 2 приведены средние значения глубины сезонного протаивания в 121 точке, из которых видно, что значения 2012 года значительно выше, чем в 2011 году, а следовательно, возможно увеличение притока растворимой органики в озера с водосборных бассейнов [4,9].

Таблица 2

Результаты измерений глубины СТС на площадке CALM ключевого участка

Год	2011	2012
Среднее	87	102
Минимальное	61	75
Максимальное	147	169

Поступление органики может быть также связано с количеством атмосферных осадков, которые инфильтруются в СТС. Сравнение показало, что в период с мая по октябрь 2012 года выпа-

ло гораздо больше жидких осадков по сравнению с 2011 годом (по данным метеостанции Марре-Сале). Это, по нашему мнению, также могло повлиять на концентрацию cDOM в озерах, поскольку осадки играют важную роль в транспортировке вещества с поверхности водосборного бассейна подземным стоком.

Выводы. Было количественно подтверждено, что изменение климатических условий может привести к повышению концентрации растворенной органики в водных объектах. Увеличение летней температуры воздуха, сопровождающееся более интенсивным протаиванием многолетнемерзлых пород, приводит к высвобождению материала, в том числе и влаги, и дальнейшему выносу его в соответствии с ландшафтными и геохимическими законами.

Увеличение количества атмосферных осадков также приводит к повышению концентрации растворенной органики в водных объектах благодаря увеличению стока и активизации эрозионной деятельности. Сток перемещает органическое вещество, содержащееся в почве и верхней части мерзлой толщи.

Количество этого вещества зависит от интенсивности процесса фотосинтеза тундрового растительного покрова, которая достаточно точно оценивается индексом хлорофилла А. Это доказывается сопоставлением лабораторных данных о концентрации растворенной органики в озерах и средних значений индекса концентрации хлорофилла А на поверхности водосборных бассейнов этих озер. Анализ позволил обнаружить высокую степень корреляции этих параметров.

Литература

1. *Carder K. L., Steward R. G., Harvey G. H., Ortner P. B.* Marine humic and fulvic acids: their effects on remote sensing of ocean chlorophyll, Limnol. Oceanogr., 1989, 34, p.68–81.

2. *Gitelson, A. A., Merzlyak M. N.* Signature analysis of leaf reflectance spectra: algorithm development for remote sensing of chlorophyll. J. Plant Physiol. 1996, 148, p.494–500.

3. Leibman, M.O., Gubarkov, A.A., Khomutov, A.V. Research station Vaskiny Dachi. Excursion guidebook. Tenth International Conference on Permafrost, Salekhard, Russia, June 25-29, Tyumen, Pechatnik, 2012, 50 p.

4. *Pienitz R., Douglas M.S.V., Smol J.P.* Long-Term Environmental Change in Arctic and Antarctic Lakes. Developments in Paleoenvironmental Research Series, Springer, Berlin/New York, 2004, vol. 8, 550 pp.

5. *Pienitz R., Smol J.P.* Diatom assemblages and their relationship to environmental variables in lakes from the boreal forest-tundra ecotone near Yellowknife, Northwest-Territories, Canada. Hydrobiologia, 1993, 269, p.391 404.

6. *Quesada A., Vincent W.F., Kaup, E.* et al. Landscape control of high latitude lakes in a changing climate, in Trends in Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystems, (eds. D.M. Bergstrom, P. Convey, A. Huiskes), Springer, Dordrecht, 2006, p.221-251.

7. *Regmi P., Grosse G., Jones M.* et al. Characterizing Post-Drainage Succession in Thermokarst Lake Basins on the Seward Peninsula, Alaska with TerraSAR-X Backscatter and Landsat-based NDVI Data, RS(4), 2012, № 12, p.3741-3765.

8. *Vincent W.F., Pienitz R.* Sensitivity of high-latitude freshwater ecosystems to global change: Temperature and solar ultraviolet radiation. Geoscience Canada, 1996, 23, p.231-236.

9. *Vincent W.F., Rautio M., Pienitz R.* Climate control of underwater UV exposure in polar and alpine aquatic ecosystems. Arctic Alpine Ecosystems and People in a Changing Environment. Springer, Berlin/Heidelberg, 2007, pp.227-249.

10. *Zona D.; Oechel W.C.; Peterson, K.M.* et al. Characterization of the carbon fluxes of a vegetated drained lake basin chronosequence on the Alaskan Arctic Coastal Plain. Global Change Biol. 2010, 16, 1870–1882.

ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ПОРОД НА УРЕНГОЙСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ: ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩАЯ КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Д.С. Дроздов, Н.Г. Украинцева, Ю.В. Коростелев, К.А. Попов
Институт криосферы Земли СО РАН, ds_drozdov@mail.ru

THE THERMAL STATE OF PERMAFROST AT THE URENGOY GAS-FIELD: PERENNIALLY WORKING CARTOGRAPHIC MODEL

D. Drozdov, N. Ukraintseva, Yu. Korostelev, K. Popov
Earth Cryosphere Institute SB RAS, ds_drozdov@mail.ru

В связи с освоением нефтегазоносных областей России, большинство которых находится в криолитозоне, широкое развитие получила инженерно-геокриологическая съемка. На соответствующих картах должны быть отражены качественные и количественные характеристики грунтов: литологический состав, физико-механические и физико-химические свойства, опасные экзогенные процессы (активность проявления, пораженность площади), состояние (мерзлое, талое), а для мерзлых пород – льдистость, температура, мощность сезонно-талого слоя (СТС). Многие свойства грунтов существенно меняются с течением времени, особенно в связи с климатическими трендами. Для их достоверного отображения на карте необходим значительный массив данных и анализ пространственно-временных рядов. В настоящее время одна из главных особенностей тематических съемок – насыщение объектов съемки точными количественными показателями, организация системы режимных наблюдений и мониторинга [1,8, 9, 13].

Вопрос об организации специальных стационаров для изучения динамики верхних горизонтов криолитозоны был поставлен еще на рубеже 1920-30-х годов М.И. Сумгиным [15]. На ряде стационаров Европейского Севера России и Западной Сибири, курируемых сотрудниками Института криосферы Земли СО РАН, в течение нескольких десятилетий проводятся непрерывные наблюдения за температурным режимом грунтов, развитием криогенных процессов и ландшафтными условиями [2, 6, 8, 12, 20]. Система этих наблюдений получила международное признание, финансовую и техническую поддержку международных проектов. Так проект TSP – термическое состояние криолитозоны, – позволил возобновить круглогодичные температурные исследования в скважинах с использованием логгеров – автоматических приборов для записи и хранения данных [9, 10, 21].

Для построения картографических моделей геологической среды оказалась весьма продуктивной геосистемная, или ландшафтно-индикационная концепция [5, 11, 14]. Развитие геоинформационных технологий вывело картографирование на принципиально новый уровень [1, 7, 19]. Ландшафтные карты становятся не только результатом, пространственной моделью природных объектов, но и базовой основой для экстраполяции точечных данных и создания производных картографических моделей состава, состояния и свойств геологической среды, а также многовариантных прогнозов. Современные ландшафтные карты создаются на основе типологической классификации природно-территориальных комплексов с обязательным использованием материалов дистанционного зондирования.

В рамках ландшафтно-индикационной концепции для отдельных регионов страны (КАТЭК, Бованенковское и Уренгойское газоконденсатные месторождения в Западной Сибири и др.) созданы цифровые модели ландшафтных карт, а на их основе – серии аналитических карт геологических и геокриологических свойств геосистем [3, 11, 16]. Международная Циркумполярная карта растительности (Circumpolar Arctic Vegetation Map) масштаба 1:7 500 000 (2003) также создана на основе цифровой ландшафтной карты. Цифровая ландшафтная карта стала базовой для комплекта мелкомасштабных тематических карт Российской Арктики (геологических, мерзлотных, геохимических, биоклиматических и др.) [4]. В блоке ландшафтных карт Национального Атласа России

впервые появилась карта потенциальной активизации мерзлотных процессов в ландшафтах криолитозоны [17].

Помимо обзорных мелкомасштабных карт на ландшафтной основе создаются картографические модели состава, состояния и свойств геологической среды регионального и локального уровней. Так, крупномасштабные (1:5 000) карты природных геосистем локального уровня генерализации (фаций) используются для оценки локальной неоднородности глубины протаивания пород [6, 18, 22].

На региональном уровне по данным многолетнего геокриологического мониторинга территории Уренгойского ГКМ создана серия карт состояния и температуры многолетнемерзлых пород (ММП) для разных временных срезов (рис.) [6, 19].

Как показал анализ карт, за 20 лет (1977-1997 гг.) температура повысилась примерно на 1°С, а последнее десятилетие характеризуется её стабилизацией при одновременном массовом опускании кровли ММП. Это означает, что порог устойчивости мерзлых пород перейден, на глубине от 2 м до 5-8 м формируется надмерзлотный талик. Продвижение предтундровых редколесий на 30-40 км к северу может создать условия для появления участков опускающейся кровли ММП на междуречьях северной лесотундры (рис., карта 2005-2009). Обработка данных метеостанций Нов. Уренгой (южная лесотундра) и Тазовский (южная тундра) показала, что статистически значимые различия среднемесячной температуры воздуха характерны для весенне-летнего периода (с марта по август). Осенью и зимой значимых температурных различий между южной лесотундрой и южной тундрой нет. Таким образом, зональные различия температуры воздуха, во многом определяющие тепловое состояние пород на территории Уренгойского месторождения, проявляются исключительно в весенне-летний период.

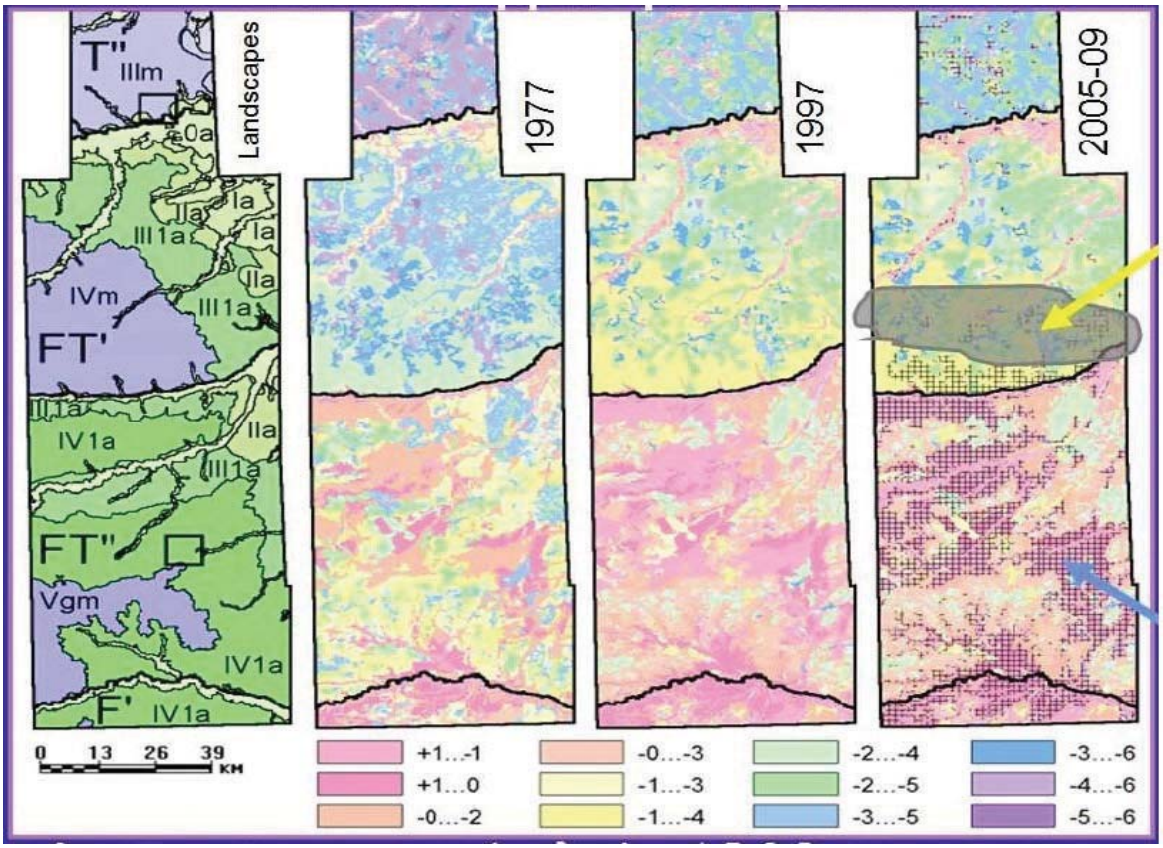


Рис. Природная динамика температуры многолетнемерзлых пород на территории Уренгойского месторождения (Западная Сибирь):

Слева – карта типов геосистем (ландшафтов); *справа* – температура пород в разные годы: в 1977, в 1997, в 2005-2009; *черная решетка* – площади с опускающейся кровлей мерзлоты; *серый контур* – область продвижения к северу предтундровых редколесий и потенциального появления участков опускающейся кровли ММП

Исследования выполняются при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации (грант НШ-5582.2012.5), в рамках Международных проектов TSP (термическое состояние мерзлоты) и CALM (циркумполярный мониторинг сезонноталого слоя), грантов РФФИ (№№ 11-05-00544-а, 11-05-10084-к, 09-05-10030-к, 10-05-10027-к), научных программ РАН и СО РАН; а также при организационной помощи ООО «Газпромдобыча Уренгой».

Литература

1. *Божилина Е.А., Украинцева Н.Г.* Полевые тематические съемки в создании карт природы // Геодезия и картография, 2010, № 6, с. 36–41.

2. *Васильев А.А., Дроздов Д.С., Москаленко Н.Г.* Динамика температуры многолетнемёрзлых пород Западной Сибири в связи с изменениями климата // Криосфера Земли, 2008, Том XII, № 2, с.10-18.

3. Вечная мерзлота и освоение нефтегазоносных районов. – М., ГЕОС, 2002. – 400 с.

4. *Гравис Г.Ф., Дроздов Д.С., Конченко Л.А.* и др. Использование ландшафтной основы для составления комплекта тематических карт Арктики России. // Биогеография, вып.11. – М.: Русс.геогр.общество, 2003, с.48-52.

5. *Дроздов Д.С.* Информационно-картографическое моделирование природно-техногенных сред в геокриологии: автореф. дисс. на соиск. уч. степени д.г.-м.н. – Тюмень, 2004. – 49 с.

6. *Дроздов Д.С., Украинцева Н.Г., Царев А.М., Чекрыгина С.Н.* Изменения температурного поля мерзлых пород и состояния геосистем на территории Уренгойского месторождения за последние 35 лет (1974–2008) // Криосфера Земли, 2010, т. XIV, № 1, с. 22–31.

7. *Лурье И.К.* Геоинформационное картографирование. Учеб. М.: КДУ, 2008. – 424 с.

8. *Малкова Г.В.* Мониторинг среднегодовой температуры пород на стационаре Болванский // Криосфера Земли т. XIV, №3, 2010, с. 3-15.

9. *Мельников В.П., Васильев А.А., Дроздов Д.С.* и др. Геокриологический мониторинг, современное состояние наблюдательной сети в России, задачи и перспективы развития// Тез. Докл. межд. совещ. по итогам МПГ, 28 сент. – 1 окт. 2009 г., Сочи : НЦ РАН, 2009, с.85.

10. *Мельников В.П., Дроздов Д.С., Павлов А.В.* и др. Изменение климата и реакция геосистем Севера // Глобальные изменения климата и механизмы адаптации к ним: Тез. докл. науч.-практ. конф. М., 2009, с. 36–37.

11. *Мельников Е.С., Вейсман Л.И., Москаленко Н.Г.* и др. Ландшафты криолитозоны Западно-Сибирской газоносной провинции /– Новосибирск: Наука, 1983. – 165 с.

12. *Москаленко Н.Г.* Антропогенная динамика растительности равнин криолитозоны России. Новосибирск, Наука, 1999, 280 с.

13. *Павлов А.В.* Мониторинг криолитозоны. Новосибирск, Акад. изд-во “Гео”, 2008, 229 с.

14. *Ривкин Ф.М.* Геоинформационное моделирование условий возведения трубопроводных магистралей в криолитозоне: автореф. дисс. на соиск. уч. степени д.г.-м.н. – Тюмень, 2005. – 51с.

15. *Сумгин М.И.* Вечная мерзлота почвы в пределах СССР. – Владивосток: Н.К.З. Дальне-Восточная Геофизическая Обсерватория, 1928. – 372 с.

16. *Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Харькина М.А.* Эколого-геологические карты. Теоретические основы и методика составления: Уч. пособие /Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Высш. школа, 2007. – 407 с.

17. *Тумель Н.В., Королева Н.А.* Мерзлотно-ландшафтная дифференциация криолитозоны России как основа геоэкологических исследований // Инженерная геология, 2008, №2, с.11-14.

18. *Украинцева Н.Г., Дроздов Д.С., Попов К.А., Гравис А.Г., Матышак Г.В.* Ландшафтная индикация локальной изменчивости свойств многолетнемерзлых пород (Западная Сибирь, Уренгойское месторождение) // Криосфера Земли, 2011, т. XV, No 4, с. 32-35.

19. *Украинцева Н.Г., Дроздов Д.С., Коростелев Ю.В., Коробова Т.А.* Ландшафтно-индикационная (геосистемная) концепция в геокриологических исследованиях: подходы и результаты // Тру-

ды Десятой Международной конференции по мерзлотоведению /Под ред. акад. В.П. Мельникова, при участии Д.С. Дроздова и В.Е. Романовского, т. 3, ООО «Печатник», Тюмень, 2012, с. 527-532.

20. *Drozdov D.S., Ukraintseva N.G., Tsarev A.M.* Active layer and permafrost table lowering in the Tundra/Forest-tundra transition zone at Urengoi oil-gas field (West Siberia) // Thermal state of frozen ground in a changing climate during the IPY: Abstr. of the III Europ. Conf. on Permafrost (EUCOP III), Svalbard, Norway, 2010, p. 102.

21. *Romanovsky V.E., Drozdov D.S., Oberman N.G.* et al. Thermal state of permafrost in Russia // Permafrost and Periglacial Processes, 2010, vol. 21, iss. 2, p. 136–155. Spec. Iss.: The International Polar Year. (http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ppp.683/abstract).

22. *Ukraintseva N.G., Drozdov D.S., Popov K.A., Matyshak G.V.* Active layer response to biomass and soil-vegetative cover changes at CALM-site in the Tundra/Forest-tundra transition zone (West Siberia, Urengoi oil-gas field) // Thermal state of frozen ground in a changing climate during the IPY: Abstr. of the III Europ. Conf. on Permafrost (EUCOP III), Svalbard, Norway, 2010, p. 107.

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОЩАДИ СНЕЖНИКОВ И ЛОКАЛЬНЫХ ЛЕДНИКОВ В АНТАРКТИЧЕСКИХ ОАЗИСАХ

И.С. Ёжиков, М.А. Анисимов, С.Р. Веркулич
ФГБУ «ААНИИ», отдел географии полярных стран, jozhikov@gmail.com

DYNAMICS OF SNOW PATCHE AND LOCAL GLACIER CHANGES IN THE ANTARCTIC OASES

I. Jozhikov, M. Anisimov, S. Verkulich
FSBI «AARI», Department of Geography of polar regions, jozhikov@gmail.com

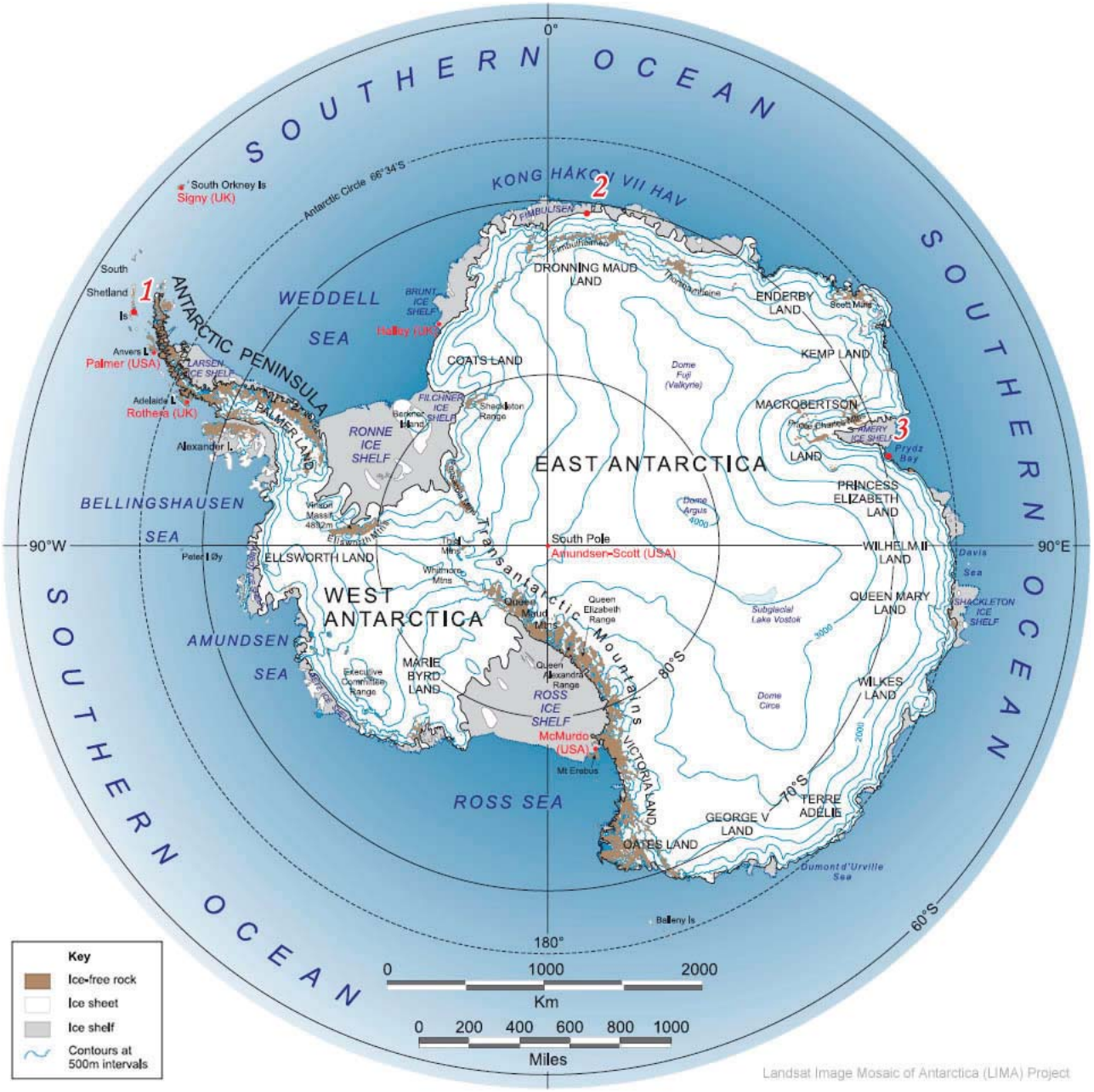
Объектом рассмотрения являются три свободных от покровного оледенения участка, расположенных в окраинной части Антарктиды: антарктические оазисы Ширмахера, Холмы Ларсеманн (Восточная Антарктида) и полуостров Файлдс острова Кинг-Джордж (Южные Шетландские острова) (Рис.1).

Для оценки динамики изменения площади снежников используются данные аэрофотосъемки, картографический материал, космоснимки (видимый диапазон). Для получения данных о площади применяется программное обеспечение (ПО) класса ГИС, сейчас это MapInfo v.10.5.1. Данная программа позволяет производить привязку растровых изображений, векторизацию в ручном режиме и последующую работу с полученными контурами (в частности, интересующий нас расчёт их площади), позволяет обмениваться данными с другим ПО. Полученные после векторизации площади снежников и являются итоговыми данными для сравнения.

Важным вопросом, вызванным использованием материалов различного качества, является сопоставление полученных площадей. Проблема обусловлена разностью пространственных разрешений снимков и степенью генерализации карт, используемых в работе. Для решения был принят следующий алгоритм: основой для сопоставления принималась карта наименьшего масштаба (1:25 000 для территорий оазиса Ширмахера и Холмов Ларсеманн и 1:10 000 для острова Кинг Джордж), остальные данные приводились в соответствие с данным масштабом. Методика генерализации соответствует требованиям и рекомендациям руководства по картографическим и картоиздательским работам военно-топографического управления генерального штаба СССР. [1]

Второй важной проблемой является определение границ снежников при дешифрировании космоснимков. Особо остро проблема обозначилась для восточной и северо-восточной границы оазиса Ширмахера и в целом для Холмов Ларсеманн. Так, в первом случае невозможно точно определить место перехода краевых снежников оазиса в наносной снег на покровном леднике, а во втором случае свободная территория и вовсе не является сплошным участком и представляет из

себя ряд разрозненных скал. В этой ситуации было принято решение отталкиваться от площади, свободной от снега. При этом подходе оконтуривалась видимая земля и из её площади вычиталась площадь имеющихся на территории снежников. Такой подход позволил, в частности, судить не только о площадных изменениях снежников, но и наблюдать колебания границ покровного оледенения. С другой стороны, в этой ситуации нельзя отследить изменение площади краевых снежников, а можно установить лишь колебание их границы со стороны оазисов. Это является особо критичным для территории оазиса Ларсеманна, где таких снежников большинство. Решением данной проблемы может служить только использование мультиспектральных снимков, позволяющих оценить характеристики снежно-ледовой массы и провести точную границу между краевым снежником и покровным ледником. На данном этапе такой результат недостижим и будет реализовываться в дальнейшем.



1 - полуостров Файлдс

2 - оазис Ширмахера

3 - оазис Холмы Ларсеманн

Рис. 1. Схема расположения исследуемых территорий

На территории оазиса Ширмахера за период с 1961 г. по 2006 г. произошло увеличение свободной от снега и льда территории на 2 %, при этом отмечается отступание некоторых участков южной границы покровного ледника (максимум на 61 м). Следует отметить, что положение большинства групп снежников и их очертания практически не изменились - это позволяет предположить, что значимую долю в увеличении площади открытой земли внесло именно отступание ледника.

На полуострове Файлдс (остров Кинг Джордж) площадь свободного от оледенения и снега пространства сократилась за период с 1983–1984 гг. по 2006 г. на 1 %. На этой территории существенно изменилось расположение групп снежников, и увеличилось их число. При этом граница покровного ледника так же, как и на оазисе Ширмахера отступила (максимально на 441 м). Это говорит о явном увеличении площади снежников.

В оазисе Ларсеманн сокращение площади открытого пространства составило 11% за период с 1959–1960 г. по 2006 г. В данном случае очень сложно говорить об изменении границ ледника и их вкладе в полученный результат из-за обозначенной выше трудности разделения границы краевых снежников и континентального ледника. Кроме того, несмотря на одинаковые заявленные координатные системы (WGS84), есть неточность наложения карт друг на друга, что затрудняет их сравнение. Однако, измерения некоторых показательных отрезков на картах дали одинаковые результаты, что позволяет говорить об отсутствии геометрических искажений. Таким образом, полученные значения площадей могут быть сопоставлены между собой.

Литература

1. Военно-топографическое управление генерального штаба СССР. Руководство по картографическим и картоиздательским работам. Часть 1. М.: Редакционно-издательский отдел ВТС, 1978.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДНЕМАСШТАБНЫХ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ И ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОМ ЗОНИРОВАНИИ БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ

Т.Ю. Зенгина[1], Г.Г. Осадчая[2], А.М. Королева[2]

1 – МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, tzengina@mail.ru,
2 – Ухтинский государственный технический университет,
кафедра управления природопользованием, galgriosa@ yandex.ru

USE OF MEDIUM-SCALE TOPOGRAPHICAL MAPS AND REMOTE SENSING DATA FOR GEOCRYOLOGICAL ZONING OF BOLSHEZEMELSKAYA TUNDRA

T.Yu.Zengina[1], G.G.Osadtchaya[2], A.M.Koroleva[2]

1 – Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, tzengina@mail.ru
2 – Ukhta State Technical University, Department of Environmental Management, galgriosa@ yandex.ru

Геокриологическая зональность, проявляется в закономерных изменениях характера мерзлотных параметров территории. Существуют значительные разночтения при геокриологическом зонировании Большеземельской тундры, требующие уточнения границ геокриологических зон и подзон. Широко известна обзорная карта геокриологического районирования криолитозоны, представленная в монографии «Геокриология СССР» [2]. Существующие к настоящему времени мел-

комасштабные геокриологические карты [1,6] в прямую не отражают мерзлотную зональность: на них показаны участки с различным распространением многолетнемерзлых пород (ММП), не объединенные в зоны и подзоны. Схематические карты более крупного масштаба (1: 1 000 000 и 1: 200 000, соответственно [3] и [4]) составлены только для отдельных частей криолитозоны региона. Имеющаяся геокриологическая карта М 1: 500 000, выполненная в 80-е годы институтом ПечорНИПИнефть, является внутренней (ведомственной) информаций. Все карты требуют уточнения.

В рамках проведенного исследования в качестве основного источника информации для уточнения и обновления границ геокриологических зон и подзон в пределах Большеземельской тундры использовались топографические карты среднего масштаба (преимущественно 1:100 000 или 1:200 000), данные полевых исследований и материалы дистанционного зондирования. В качестве последних использовались зональные изображения LANDSAT-7\ETM+ с пространственным разрешением 30 метров для тематически ориентированного RGB-синтеза и получения цветных изображений в псевдоцветах. Также использовались цветосинтезированные снимки ASTER\Terra с разрешением 15 метров. В ряде случаев привлекались снимки субметрового пространственного разрешения, предоставленные в открытом доступе на некоторых сайтах в интернете, в том числе, представленные на порталах Google-maps и Google Earth и др. Информация обрабатывалась с использованием программ ArcView-3.2, ArcGIS-9.2, GlobalMapper-11, а также специализированного пакета IDRISI для обработки и дешифрирования многозональных снимков.

Методологической основой исследований являлось признание факта, что геокриологическая зональность в пределах Большеземельской тундры условно соответствует зональным ландшафтам. Зональные ландшафты в районе исследования представлены подзонами тундры, преимущественно южной кустарниковой, а также - южной и северной лесотундры и крайнесеверной тайги [3]. Практически вся территория относится к зоне разной интенсивности распространения многолетнемерзлых пород. В пределах исследуемой территории выделяются 4 геокриологические подзоны. При этом подзоны тундр и северной лесотундры совпадают с северной криолитозоной, для которой характерно развитие сплошной и прерывистой мерзлоты. Подзоны южной лесотундры и северной части крайнесеверной тайги практически совпадает с южной криолитозоной, характеризующейся развитием массивно-островной и островной мерзлоты (табл.1). Поэтому важнейшими индикаторами геокриологической зональности могут служить локальные ландшафты. В связи с этим в основе поведенных работ лежал метод крупно- и средне- масштабного ландшафтного картографирования и ландшафтно-индикационного дешифрирования.

Для выявления зональной принадлежности в первую очередь по картам и снимкам определялись локальные (в ранге урочищ) ландшафты-индикаторы. Для района исследования были выявлены группы и виды урочищ-индикаторов [5], которые были объединены в 4 основные группы урочищ: лесные урочища, болотные урочища, урочища торфяников и урочища тундр. Далее для каждой геокриологической подзоны были определены основные группы урочищ-индикаторов (см. табл.1).

Так, было выявлено, что практически универсальной группой индикаторов является группа *урочищ торфяников*: выпуклобугристые торфяники используются в качестве индикаторов при определении южной границы криолитозоны, границы между подзонами прерывистой и сплошной мерзлоты; плоскобугристые торфяники не развиты в подзоне островной мерзлоты; полигональные и плоские заозеренные торфяники характерны для подзоны сплошной мерзлоты; хасыреи выделяются в северной криолитозоне.

Группу *болотных урочищ*, напротив, сложно использовать для индикации. Только грядово-мочажинные болота характерны для подзоны островной мерзлоты, хотя могут присутствовать и южной части подзоны ее массивно-островного распространения.

Группу *тундровых урочищ* можно использовать в качестве индикаторов при разделении северной и южной криолитозоны (по характеру мезорельефа), а также (достаточно условно) при разграничении островной и массивно-островной мерзлоты (по степени распространения тундровых участков) и прерывистой и сплошной мерзлоты (по распространению полого-волнистых тундр с единичными деревьями).

Таблица 1

Природная и геокриологическая зональность,
группы и виды урочищ-индикаторов геокриологической зональности

Геокриологическая зона *(% от общей площади криолитозоны)*	**Геокриологическая подзона** *(% от общей площади криолитозоны)*	**Природные зоны и подзоны** *(площадь мерзлых пород в %)*	**Группы и виды урочищ-индикаторов геокриологической зональности**
северная криолитозона (58 %)	***сплошного*** распространения ММП (43%)	зона **тундр** > 90%	• полигональные и плоские заозеренные торфяники • плоскобугристые торфяники • хасыреи • тундровые урочища с блочным мезорельефом • обширные термокарстовые понижения
	прерывистого распространения ММП (15%)	подзона северной **лесотундры** 50-90%	• выпуклобугристые торфяники (преимущественно в стабильном состоянии) • плоскобугристые торфяники • хасыреи • тундровые урочища с блочным мезорельефом и без него • лесные урочища (несплошные лесные массивы) • локальные участки болот
южная криолитозона (42 %)	***массивно-островного*** распространения ММП (17%)	подзона южной **лесотундры** 10-50%	• плоскобугристые торфяники, • болота, в том числе грядово-мочажинные (в южной части подзоны) • тундровые урочища без блочного мезорельефа • лесные урочища (сплошные лесные массивы) • выпуклобугристые торфяники в стадии роста
	островного распространения ММП (25%)	северная часть подзоны крайне-северной **тайги** < 10%	• болота, в том числе грядово-мочажинные • тундровые урочища (локальные участки) • лесные урочища (сплошные лесные массивы, в т.ч. сосновые леса) • выпуклобугристые торфяники в стадии роста

Лесные урочища являются индикаторами границы северной и южной криолитозоны (по характеристике сплошности лесных массивов), границы прерывистой и сплошной мерзлоты (по наличию участков лесов и редколесий). Сосновые леса, как правило, произрастают не севернее подзоны островной мерзлоты.

Не менее значимым показателем при использовании урочищ-индикаторов при геокриологическом зонировании является криогенный рельеф. В южной криолитозоне это, прежде всего, современный бугристый рельеф (в основном бугры в стадии роста), на севере – древний блочный. И тот и другой достаточно хорошо выделяются по снимкам высокого разрешения. Результатом проведенной работы стала мелкомасштабная карта, представленная на рисунке 1.

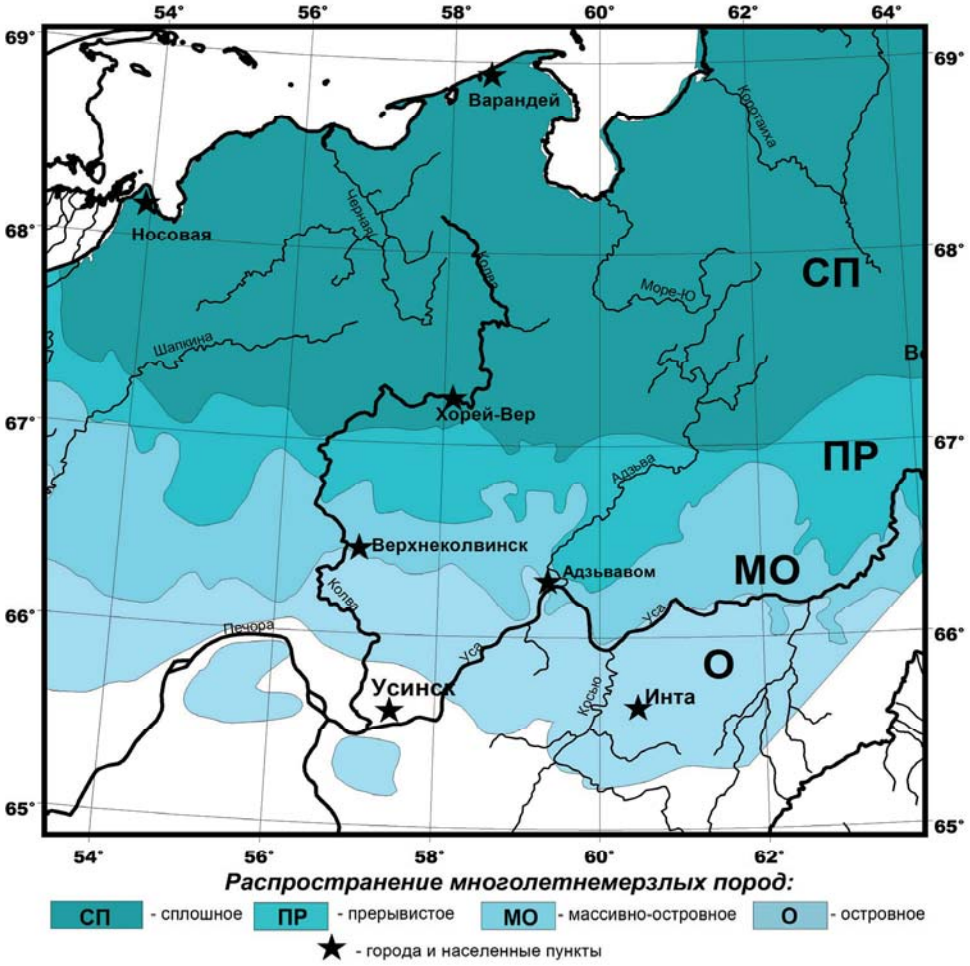


Рис. 1. Уточненные границы геокриологических подзон в пределах Большеземельской тундры

Литература

1. Геокриологическая карта СССР М 1: 2 500 000 / Ред. Э.Д. Ершов. Винница, Карт. Предприятие. 1997 .

2. Геокриология СССР. Европейская территория СССР / Под ред. Э.Д.Ершова. М., «Недра», 1988, 358 с.

3. *Маслов А.Д., Осадчая Н.В., Тумель Н.В., Шполянская Н.А.* Основы геокриологии: учебное пособие. Ухта: Изд-во Института управления, информации и бизнеса, 2005, 176 с.

4. *Осадчая Г.Г.* Зональные и региональные закономерности формирования слоя сезонного промерзания-протаивания в западной части Большеземельской тундры. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. М., 1989, 17 с.

5. *Осадчая Г.Г., Тумель Н.В.* Локальные ландшафты как индикаторы геокриологической зональности (на примере европейского северо-востока) / Криосфера Земли, 2012, № 3, С.62-71.

6. *Oberman N.G., Mazhitova G.G.,* 2003. Permafrost mapping of Northeast European Russia based on the period of climatic warming 1970-1995. Norsk Geografosk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography, vol 57, No 2: 111-120.

ПОДЛЁДНЫЙ РЕЛЬЕФ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА

Н.В. Качурина, Е.К Серов

ФГУНПП «Полярная морская геологоразведочная экспедиция», natalia.kachurina@yandex.ru

SUBGLACIAL LANDSCAPE OF THE FRANZ-JOSEF LAND ARCHIPELAGO

N.V. Kachurina, E.K. Serov

Polar Marine Geosurvey Expedition (PMGE), natalia.kachurina@yandex.ru

Одной из Важнейших научных и практических задач, решаемых в полярных областях России, является изучение ледникового покрова и подлёдного рельефа островов Арктики.

Основной метод изучения мощности ледового покрова и подлёдного рельефа – радиолокационное профилирование. Полярная морская геологоразведочная экспедиция (ПМГРЭ), начиная с 80-х годов прошлого века, проводила работы по радиолокации архипелагов Северного Ледовитого океана [1,2]. Особенно детально был изучен архипелаг Земля Франца-Иосифа.

В дальнейшем, в процессе составления листов Гогеолкарты-1000 000, геологами Северной партии ПМГРЭ Е.К.Серовым, В.А. Дымовым и Н.В. Качуриной по данным радиолокационного зондирования составлена схема рельефа островов архипелага со снятым ледниковым покровом (рис.1).

Учитывая то обстоятельство, что 80% площади занимают ледники, подобные построения имеют значение не только для понимания строения современного рельефа, но и для изучения коренного субстрата, тектонических и морфоструктурных особенностей архипелага.

Анализ схемы показывает, что подлёдный рельеф имеет большую степень расчленённости, чем надлёдный; это указывает на интенсивность неотектонических процессов и активное проявление процессов эрозии до наступления ледникового периода. Контуры многих островов без ледового покрова отличаются от изображённых на современных картах. Часть островов распадается подо льдом на 2 и 3 острова, а часть из них рассекается глубоко вдающимися подлёдными заливами.

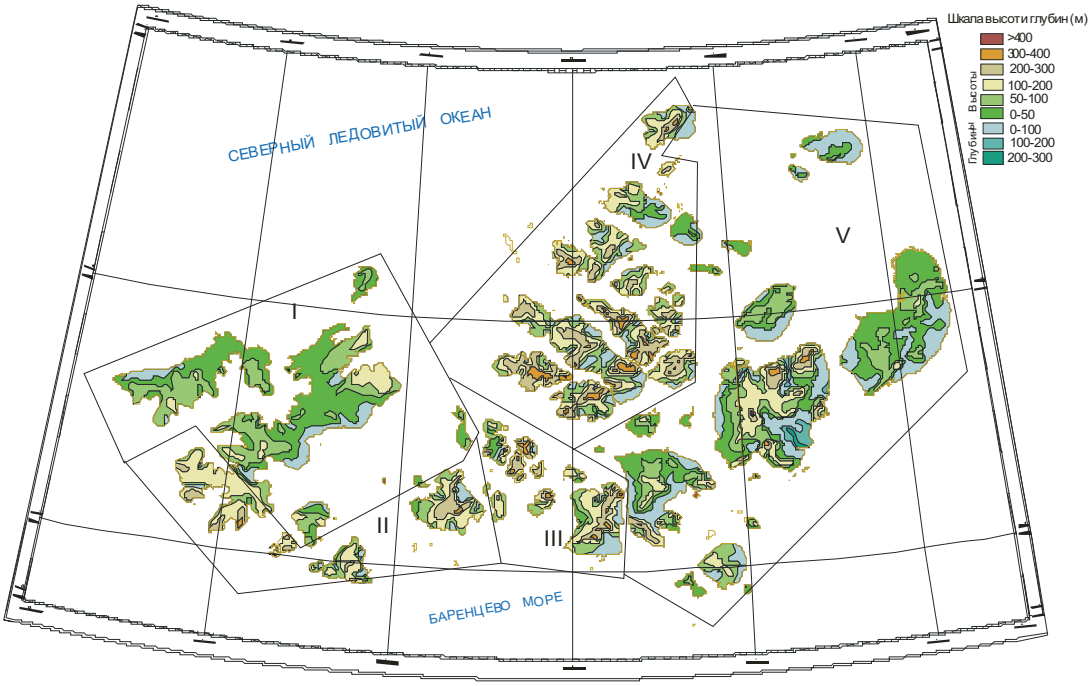


Схема подледного рельефа архипелага Земля Франца-Иосифа

На представленной схеме выделяются несколько районов, отличающихся друг от друга различными морфометрическими и морфогенетическими характеристиками.

I. *Западный район* включает в себя о. Земля Александры, о. Артура, большую часть о. Земля Георга, о. Кетлица, о. Брюса. Подледный рельеф этой территории представлен низкими уровнями морских террас и денудационными равнинами. Рельеф характеризуется средними абсолютными высотами от 0 до 100 м., максимальные отметки достигают 200 м. Вдоль побережий распространены территории, находящиеся ниже уровня моря. Они являются прямым продолжением подводных впадин и троговых долин. Генезис подледниковых поверхностей предопределен развитием широких площадей меловых базальтовых покровов.

II. *Юго-западный район* включает в себя юг о. Земля Георга, острова Мейбел и Нортбрук. Подледный рельеф в этой части архипелага представлен структурно-денудационными плато, располагающимися на абсолютных отметках от 100 до 200-300 м, а в районе мыса Стивенс и более 300 м. Плато разделены троговыми долинами, заложенными по зонам тектонических нарушений. Днища долин имеют абсолютные отметки от 0 до 50-100 м, а на о. Земля Георга выделены два участка, расположенные ниже уровня моря и разделяющие его на три отдельных острова, перекрытых общим ледниковым покровом. Поверхности подледного рельефа сложены базальтовыми покровами. Морфометрические и морфогенетические различия западного и юго-западного района могут объясняться общим наклоном базальтовых покровов с юга на север.

III. *Центральный район* образуют острова Гукера, Ли-Смита, Брейди, Мак-Клинтока, юг о. Галля (м.Тегетгофф) и острова, расположенные к югу от пролива Маркама (острова Нансена, Бромидж и др.). В подледном рельефе выражены структурно-денудационные поверхности базальтовых покровов и интрузий, а на юге о. Галля – мезозойские вулканические постройки. Абсолютные отметки поверхностей находятся в диапазонах от 100-200 м до 200-300 м и выше. Нижний уровень (0-100 м) занимают поверхности морских террас, эрозионные склоны и возвышенности (западные части о. Гукера и о. Мак-Клинтока). Этот рельеф связан, прежде всего, с развитием осадочных пород юрской системы. Необходимо отметить в подледном рельефе центрального района несколько участков ниже уровня моря. Два из них связаны с зоной нарушений северо-восточного направления. Первый участок на о.Гукера является продолжением подводной впадины, на втором (о. Нансена) такая депрессия делит остров пополам. Участок, находящийся ниже уровня моря на востоке о. Мак-Клинтока, предопределен выровненной площадкой юрских отложений. На юге о. Галля впадины, развитые вдоль зон нарушений мыса Тегетгофф, делят остров на три части.

IV. *Северный и северо-восточный районы* образованы группой островов от о.о. Луиджи и Чамп на юге района до о.Рудольфа на севере. К этой же категории относится возвышенная часть о. Земля Вильчека. Как и в центральном районе, наибольшее распространение в подледном рельефе получил структурно-денудационный рельеф, представленный базальтовыми плато и выходами интрузий. Особенностью северо-восточного района является его сильная расчлененность, с максимальными для архипелага абсолютными отметками суши 620 м (о. Винер-Нейштадт). Средние высоты подледного рельефа составляют 200-300 м и более. Расчлененность рельефа подчеркивают троговые долины преимущественно северо-восточного и северо-западного направления, днища которых нередко находятся ниже уровня моря. Несомненно, долины заложены по крупным зонам нарушений. Учитывая, что перпендикулярно этим зонам нарушений прослеживаются узкие переуглубленные долины в подводном рельефе архипелага, вырисовывается четкая сеть разломов, связанная с неотектонической обстановкой северо-восточной части архипелага ЗФИ. Подлёдный рельеф острова Земля Вильчека имеет высокую степень расчленённости. Наивысшая точка его поверхности превышает 400 метров; в его пределы попадает и максимальная подлёдная глубина, превышающая 200 метров. Высокие уровни поверхности подледного рельефа острова соответствуют площадям распространения меловых силлов долеритов, играющих роль экрана и препятствующих разрушению менее стойких нижележащих мезозойских отложений. В юго-восточной части острова прослеживается линейно вытянутая впадина глубиною более 200 метров, сходная с переуглублёнными участками, отмечаемыми в желобах-проливах на продолжении выводных ледников. Возможно, происхождение и этой впадины связано с эродирующей деятельностью древнего (довалдайского) ледника, выпахивающего рыхлые отложения по тектонически ослабленной зоне северо-северо-западного направления. Северо-западное окончание впадины фиксируется симметрично расположенным заливом на противоположной стороне острова.

V. *Восточный район* занимает пониженные поверхности о.о.Рудольфа, Карла-Александра, Земля Вильчека, Галля, а также включает острова Райнера, Беккера, Грэем-Бэлл, Ева-Лив, Ла-Ронсьер, Сальм и Вильчека. Подледный рельеф этой части архипелага характеризуется низкими абсолютными отметками от 100 м до 0 м и ниже. По площади развиты эрозионно–денудационные равнины и морские террасы. Основанием четвертичных образований служат легко разрушаемые (по сравнению с базальтами) мезозойские осадочные породы (пески, алевриты, песчаники, аргиллиты).

Таким образом, подледный рельеф архипелага Земля Франца-Иосифа имеет сложное строение. Генезис поверхностей напрямую зависит от подстилающих коренных пород и хорошо коррелируется с рельефом свободной ото льда суши. Выделенные троговые долины и депрессии, заложенные по зонам разломов и имеющие продолжение на подводном шельфе архипелага, указывают на сложность неотектонического развития, а также на более сильное влияние древних оледенений, нежели современного.

Литература

1. *Попов С.В., Щеринов А.С., Петухов В.Н., Ларин С.М., Ефимов В.А.* Ледниковый покров и подледный рельеф островов Шпицбергена, Земли Франца-Иосифа и Новой Земли. В: XIII Гляциологический симпозиум «Сокращение гляциосферы: факты и анализ», Санкт-Петербург 2004. с. 112.

2. *Попов С.В., Хлюпин Н.И., Щеринов А.С.* Начало нового этапа радиолокационных исследований в Арктике. Труды XX и XXI Всероссийских симпозиумов «Радиолокационное исследование природных сред», вып. 3., ред. Маров «Радиолокационное исследования

ПРИНЦИПЫ И МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ КАРТ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

Л.Н. Крицук, В.А. Дубровин, Н.В. Ястреба

Всероссийский научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО), lnkritsuk@mail.ru

PRINCIPLES AND METHODS OF GEOCRYOLOGICAL ZONATION MAPPING

L.N. Kritsuk, V.A. Dubrovin, N.V. Yastreba

All-Russia Scientific and Research Institute of Hydrogeology and Engineering Geology (VSEGINGEO), lnkritsuk@mail.ru

Геокриологические карты представляют собой результат изучения геокриологических условий и являются одним из основных документов для рационального ведения хозяйства в криолитозоне. Разномасштабные геокриологические карты по содержанию делятся на аналитические и синтетические, а в зависимости от показа картируемых компонентов - на карты условий и карты районирования.

Опыт картосоставительских работ авторов доклада, а также анализ большого количества опубликованных и фондовых геокриологических карт Западной Сибири различного масштаба убедительно доказал что предпочтительнее изображать на средне- и мелкомасштабных геокриологических картах не геокриологические условия, обладающие большой изменчивостью от места к месту, а закономерности их формирования на основе типологического районирования территории по комплексу факторов природной обстановки [2,4,6].

Принципы типологического инженерно-геокриологического районирования криолитозоны были разработаны в институте ВСЕГИНГЕО в процессе многолетних региональных работ в разных районах Западной Сибири [9,10,11]. Ландшафтоведами была создана региональная таксономическая система природно-территориальных комплексов разного ранга (ПТК) и на ее основе в процессе 25-летних инженерно-геокриологических работ были составлены многочисленные инженерно-геокриологические карты масштаба 1:25 000 на ключевые участки и 1:100 000 на площади Пур-Надымского междуречья и юго-западную часть полуострова Ямал.

Параллельно с инженерно-геокриологическим районированием разрабатывались методические основы геокриологического районирования и картографирования, реализованные авторами доклада при составлении серии карт геокриологического районирования разного масштаба для различных районов криолитозоны [2,4,7,8].

Принципы составления карт геокриологического районирования основаны с одной стороны на ландшафтной типизации территории по условиям тепломассообмена горных пород в системе атмосфера-почва-литосфера (микрорайонирование в понимании В.А.Кудрявцева[1]) и максимально возможном учете геолого-структурных особенностей региона с другой.

Многолетнемерзлые породы формируются под влиянием комплекса зональных, региональных и местных факторов теплообмена горных пород с атмосферой и литосферой, с которыми они находятся в динамическом равновесии [1]. Взаимосвязь различных факторов природной обстановки, определяющих теплообмен горных пород с атмосферой, находит отражение в повторяющихся в пространстве природно-территориальных комплексах разного ранга, в результате чего существует причинно-следственная связь геокриологических условий с природными комплексами, а сами ПТК могут служить комплексными индикаторами геокриологических условий.

В процессе многолетних (70-90 гг) региональных работ института ВСЕГИНГЕО в криолитозоне Западной Сибири было установлено, что наиболее тесная связь геокриологических условий с ландшафтным строением характерна для ПТК в ранге местностей, сформировавшихся за счет неотектонических движений блоков фундамента и платформенного чехла и комплекса криогенных и посткриогенных процессов [5,11]. *Местности* различаются характером и степенью эрозионного расчленения рельефа, заозеренностью и заболоченностью, а, следовательно, и условиями питания, транзита и разгрузки подземных вод. В силу этого местности могут служить основой для выделения и картографирования ***типов мерзлых толщ,*** характеризующихся (в пределах одной природно-климатической подзоны) закономерным сочетанием основных геокриологических характеристик: распространением с поверхности, прерывистостью и мощностью мерзлых пород; их литологическим составом, криогенным строением и льдистостью; интервальными значениями среднегодовых температур; набором типов и глубин сезонного промерзания-протаивания; парагенетическими комплексами криогенных процессов и гидрогеологическими особенностями разреза. Местности разных типов имеют четкие дешифровочные признаки, обычно разделены между собой разрывными неотектоническими нарушениями, освоенными речной или озерной сетью, и потому их выделение на аэро- и космо- фотоматериалах не представляет особого труда и имеет объективный характер.

Перечень основных компонентов геокриологических условий, отражаемых на разномасштабных картах геокриологического районирования приведен в таблице.

Типы и масштаб карт	**Типы морфоструктур (элементы рельефа)**	**Основной элемент геокриологического картографирования**	**Основные компоненты ГУ, отражаемые на картах районирования и в таблицах-экспликациях**
Обзорные ≤ 1: 1 000 000	Крупные морфоструктуры; геоморфологические уровни	Группы типов мерзлых толщ	Зональные и региональные особенности ММП;
Мелкомасштабные 1 : 500 000-1: 100 000	Средние морфоструктуры Типы местностей, иногда подтипы местностей)	Типы мерзлых толщ. (Иногда подтипы мерзлых толщ)	Распространение с поверхности, прерывистость и мощность ММП; их состав, криогенное строение и льдистость; интервальные значения среднегодовых температур; специфика гидрогеологических условий; комплексы криогенных процессов

Среднемасштабные 1 : 50 000-1 : 25 000	1.Типы и подтипы местностей. 2.Отдельные урочища	1.Типы и подтипы мерзлых толщ. 2.Экстремальные типы криогенных разрезов	1.Состав, криогенное строение и льдистость; среднегодовая температура; состав и глубина СТС-СМС; специфика гидрогеологических условий; 2.Участки близкого к поверхности залегания мощных залежеобразующих льдов и активного проявления комплекса опасных криогенных процессов.
Крупномасштабные 1 : 10 000-1: 5 000	1.Подтипы местностей. 2.Доминантные урочища	1.Подтипы мерзлых толщ. 2.Типы криогенных разрезов	Состав пород СТС и СМС; их влажность и льдистость и глубина; температура ММП; макроледяные включения; криогенные (природные и техногенные) процессы

Методика составления карт геокриологического районирования основана на выделении и картографировании типов мерзлых толщ в пределах различного типа неотектонических морфоструктур. Картируемыми геолого-структурными элементами являются отраженные в рельефе, либо снятые с геолого-структурных карт разнопорядковые геологические структуры и зоны разломов фундамента и платформенного чехла. Показ этих компонентов на картах геокриологического районирования позволяет прогнозировать районы возможного распространения мощных залежеобразующих подземных льдов (на севере криолитозоны) или участков существования таликовых и внутримерзлотных подземных вод в ее центральных районах [6]. Выраженность в рельефе морфоструктур является методической основой использования при районировании и картографировании криолитозоны материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [3].

Типы мерзлых толщ являются основным элементом среднемасштабного геокриологического районирования и картографирования территории, которому отдаются главные картографические средства - цвет или штриховка. При геокриологическом районировании в мелком масштабе подобную роль играют группы типов мерзлых толщ, а в крупном их части - типы криогенных разрезов.

Краткая характеристика основных интервальных значений компонентов геокриологических условий для различных типов мерзлых толщ в пределах разных природно-климатических зон приводится в таблицах-экспликациях и в пояснительной записке к карте. Эти таблицы составляются на основе выявленных закономерностей формирования и пространственной изменчивости отдельных компонентов геокриологических условий или их комплекса в картируемом районе.

Основой для карт геокриологического районирования служат ландшафтно-индикационые карты того же масштаба, составленные в результате сплошного дешифрирования космических, аэрофото- и топографических материалов разного масштаба, на которых выделение элементов типологического районирования производится в соответствии с конкретным масштабом карты. [2,9]. Кроме морфоструктур на КС, в зависимости от масштаба составляемой карты, индицируются такие компоненты геокриологических условий как состав поверхностных отложений, криогенные процессы и явления, а также элементы нео- и криогидротектоники: кольцевые и линейные морфоструктуры разного размера с подземными льдами на разной глубине, термоцирки с вытаивающими, либо вытаявшими ранее ледяными залежами и полигональный рельеф с жильными льдами, залегающими под слоем СТС. Чрезвычайно информативными являются разновременные КС, позволяющие фиксировать сезонную и межгодовую динамику криогенных процессов.

За последние 12 лет авторами доклада была составлена серия разномасштабных карт геокриологического районирования разных районов криолитозоны Западной Сибири (п-ва Ямал и Пур-Надымского междуречья), а также Западно-Ямальского шельфа Карского моря и обзорные карты криолитозоны России и американского севера (Аляски и Канады).

Карты геокриологического районирования, составленные на основе типизации территории по ведущим компонентам среды, определяющим условия теплообмена горных пород с атмосферой и литосферой, позволяют судить о зональной и региональной изменчивости геокриологических условий, экстраполировать разрозненные данные наземных исследований (проводившиеся в разные годы на различных участках территории криолитозоны) на неосвоенные или подлежащие освоению районы, прогнозировать динамику криогенных процессов в природных и техногенных условиях, оценивать степень устойчивости геологической среды при проектировании различных природно-технических систем.

Разработанные принципы геокриологического районирования позволяют районировать территорию криолитозоны и по особенностям гидрогеологических условий.

Литература

1. *Достовалов Б.Н.. Кудрявцев В.А.* Общее мерзлотоведение. М.: Изд. МГУ, 1967, 403 с.

2. *Дубровин В.А., Крицук Л.Н., Ястреба Н.В.* Карта геокриологического районирования полуострова Ямал / Материалы Международ. Конференции «Теория и практика оценки состояния Криосферы Земли». Тюмень, 2006. – Т.II. – С.33-35.

3. *Дубровин В.А., Крицук Л.Н., Корниенко С.Г., Ястреба Н.В.* Использование космических снимков при составлении разномасштабных карт геокриологического содержания // Разведка и охрана недр. - 2009. - № 9. - С.77-84.

4. *Дубровин В.А., Крицук Л.Н., Ястреба Н.В.* Карта геокриологического районирования криолитозоны России для выбора объектов мониторинга и обоснования наблюдательных сетей // Разведка и охрана недр. - 2011. - № 9. - С.52-57.

5. *Крицук Л.Н.* Научно-методические основы геоэкологического картографирования в криолитозоне. / Тезисы доклада на Всероссийской научно-практической конференции «Геоэкологическое картографирование». - М.: Геоинформмарк, 1998. ч.II. - С.78-80.

6. *Крицук Л.Н*. Подземные льды Западной Сибири. М.: Научный мир, 2010, 353 с.

7. *Крицук Л.Н., Дубровин В.А*. Принципы и методика составления карты геокриологического районирования Западно-Ямальского шельфа Карского моря // «Материалы Второй конференции геокриологов России. МГУ им. Ломоносова. М.: Изд. МГУ, 2001г. - Т.3. - С. 164-169.

8. *Крицук Л.Н., Дубровин В.А.* Карты геокриологического районирования как основа геоэкологической оценки осваиваемой территории криолитозоны // Разведка и охрана недр, 2003. - №7. - С.15-20.

9. *Ландшафты криолитозоны* Западно-Сибирской газоносной провинции / Под ред. Е.С.Мельникова. Новосибирск: Наука, 1983. 164 с.

10. *Мельников Е.С.* К развитию методологических основ региональной инженерной геологии // Инженерная геология. М.: 1981. - № 6. - С.3-16.

11.Пояснительная записка к «Карте природных комплексов севера Западной Сибири для целей геокриологического прогноза и планирования природоохранных мероприятий при массовом строительстве. Масштаб 1:1000 000» / Е.С.Мельников, Л.Н.Крицук, Н.Г. Москаленко и др. М.: ВСЕГИНГЕО, 1991, 36 с.

СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗЫ ГЕОДАННЫХ «ГЕОКРИОЛОГИЯ»

И.К. Лурье, Ю.М. Анапольский

Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,
кафедра картографии и геоинформатики, lurie@mail.ru

DEVELOPMENT AND USING THE DATABASE «GEOCRYOLOGY»

I.K. Lourie, Yu.M.Anapolsky

Geography Faculty M.V.Lomonosov MSU,
Department of Cartography and Geoinformatics, lurie@mail.ru

Благодаря развитию технологий создания и использования баз данных науки о Земле получили эффективный инструмент пространственных исследований и моделирования. Теперь и карта, переведенная в цифровую форму, не только образно-знаковая модель реальности, но и структурированный набор данных для различных аналитических исследований. Применение для таких ис-

следований геоинформационных методов, специализированных баз геоданных и вычислительно-аналитического аппарата программных ГИС-пакетов обеспечивает интеграцию данных разных источников, их анализ и обновление, создание производных моделей и карт.

На кафедре картографии и геоинформатики географического факультета МГУ при участии сотрудников геологического факультета и ПНИИС разработаны методика, структура и содержание базы геоданных - БГД «Геокриология», задача которой - отразить информацию о формировании и развитии во времени и пространстве толщ мерзлых горных пород, их состава, криогенного строения и свойств, а также мерзлотно-геологических процессов и явлений, и сделать ее пригодной для использования при решении геокриологических задач.

Основным источником информации для создания БГД послужила Геокриологическая карта на территорию СССР 1996 г., составленная на геологическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова при участии других организаций [3].

Карта состоит из 16 листов двух с половиной миллионной разграфки и сопровождается условными обозначениями, схемой расположения авторских листов и четырьмя тематическими обзорными картами масштаба 1: 25 000 000, дополняющими содержание основной карты. Карта составлена в нормальной конической равнопромежуточной проекции для карт СССР масштаба 1:2 500 000, которая была базовой для составления тематических карт. Использовались растровые отсканированные изображения геокриологической карты и картографические материалы к ней относящиеся (авторские оригиналы - лист авторского оригинала, на котором показана мощность мерзлых пород) и геологическая основа, на которой составлялась геокриологическая карта. Все растровые материалы были переведены в векторную форму, листы были координатно привязаны и по ним составлена «бесшовная карта» в формате базы геоданных программного пакета ArcGIS 10.1 (ESRI, США).

Перегруженность содержания картографического произведения в бумажном виде стало ее достоинством при переходе в цифровой формат. Комплексность, дополнение содержания карты авторскими материалами позволяет широко использовать ее при геокриологических исследованиях.

Отработка методики создания и использования БГД выполнена на примере одного листа этой карты (№7, территория Якутии и Красноярского края).

Структура базы геоданных «Геокриология»

Структура базы геоданных в формате ArcGIS – это наборы классов пространственных объектов, классы пространственных объектов, топология, отношения и другие элементы, отражающие логические модели данных [1]. Все названия для наборов пространственных объектов, классов пространственных объектов, полей и др. даются на латинице для корректности работы программы ArcGIS, в описании же дано полное наименование на русском языке в терминологии исходной карты.

В структуре БГД создано 4 набора пространственных объектов: границы листов Геокриологической карты («borders»), геокриологические объекты («geocryology»), цифровая картографическая основа («kart_osnova») (разработка ВСЕГЕИ, [4]), представленные в проекции исходной карты а также набор атрибутивных таблиц для хранения текстовой информации легенды карты. (рис.1), табл. 1.

Рис. 1 Структура БГД.
Наборы пространственных объектов

В наборе пространственных объектов «geocryology» создано 8 классов пространственных объектов с геокриологическим содержанием (рис. 2), (табл.1).

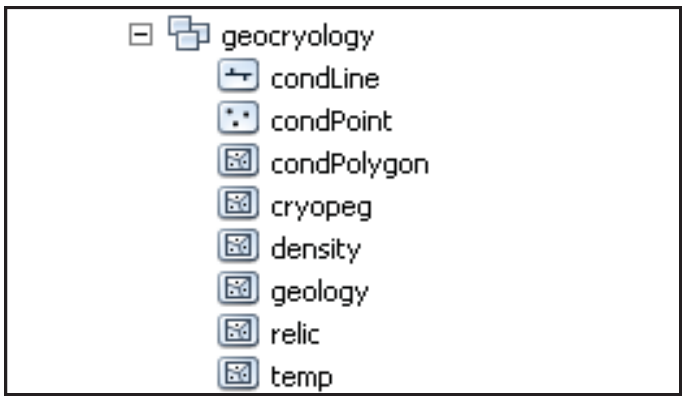


Рис. 2. Структура БГД. Классы пространственных объектов набора объектов «geocryology

Таблица 1

Классы пространственных объектов и соответствующие разделы легенды

Класс пространственных объектов	Раздел легенды
«temp»	Распространение и среднегодовая температура мерзлых и талых пород. Типы сезонного промерзания и оттаивания пород
«density»	Мощность мерзлых пород
«geology»	Генетические типы неоген-четвертичных отложений и их геокриологическая характеристика; Формации дочетвертичных пород с чехлом рыхлых образований и их геокриологическая характеристика)
«condPoint»	Распространение криогенных явлений, точечные
«condLine»	Распространение криогенных явлений, линейные
«condPolygon»	Распространение криогенных явлений, полигональные

Для каждого класса пространственных объектов определены:

- уникальные идентификаторы объектов (UID);
- модель данных (точечная, линейная или полигональная), отражающая способ картографического представления объектов или явлений;
- структура и содержание атрибутивных таблиц (число полей, их названия, домены).

Так, в классе полигональных пространственных объектов «Распространение и среднегодовая температура мерзлых и талых пород («temp») представлена пространственная информация о слое температур, в ее атрибутивной таблице «tempLegend» созданы 3 поля с типом данных «text»:

- «Распространение мерзлых и талых пород» («SPREAD»),
- «Среднегодовая температура пород на подошве слоя колебаний» (« AVERAGE»),
- «Тип сезонного промерзания и оттаивания по среднегодовой температуре» (« TYPE»).

В классе пространственных объектов «Распространение криогенных явлений, линейные» («condLine») хранится пространственная информация о криогенных явлениях, показанных линиями. В его атрибутивной таблице «condLineLegend» создано одно поле с типом данных «text» «Название» («DEFINITION»).

Класс пространственных объектов «Геология» («geology») соответствует 2 разделам легенды - «Генетические типы неоген-четвертичных отложений и их геокриологическая характеристика» и «Формации дочетвертичных пород с чехлом рыхлых образований и их геокриологическая характеристика». Раздел «Генетических типов неоген-четвертичных отложений» разделяется

на 3 части и описывается в 3 атрибутивными таблицами по критерию состояния пород: талые, мерзлые сплошного распространения, мерзлые несплошного распространения.

Раздел «Формации дочетвертичных пород» разбивается на 3 части, описанные в 5 атрибутивных таблицах, поскольку в соответствующем разделе легенды карты помимо разделения по критерию состояния пород - талые, мерзлые сплошного и несплошного распространения - дается отдельная характеристика дочетвертичных пород, и отдельная - элювиальных и склоновых отложений, слагающих их.

По окончании процесса создания классов пространственных объектов (векторизации растровых источников) выполнена проверка качества полученной пространственной информации и ее топологическая корректность. Для проверки топологии в наборе пространственных объектов «geocryology» создан новый топологический объект, в котором для каждого класса пространственных объектов набора данных добавлены правил топологии, единые для всех цифруемых классов пространственных объектов.

Использование БГД

Созданная БГД использована для формирования новых классов пространственных объектов, не показанных на базовой карте явно, а также для выполнения модельных исследований:

- качественная и количественная оценка льдистости мерзлых пород,
- моделирование мощности сезонно-талого слоя.

Так в легенде карты для каждого геологического контура текстом даны его геокриологические характеристики в зависимости от категории мерзлотности (талые породы, мерзлые породы сплошного и несплошного распространения), однако графически разделение по этому признаку не показано, а сам показатель мерзлотности содержится в разделе температур пород. Класс объектов «Геология» был детализирован по признаку мерзлотности пород и создан новый класс «Мерзлотность пород», используя для этого полигональные объекты классов «temp» и «geology», соединение их атрибутивных таблиц по общему полю «Распространение мерзлых и талых пород» и инструменты приложения «Analysis Tools» пакета ArcGIS 10.1.

Для качественной и количественной оценки объемной льдистости, изменения которой указаны в геологическом разделе легенды как числовой диапазон, был создан отдельный класс пространственных объектов «Объемная льдистость» с отображением в 3-х полях атрибутивной таблицы информации о минимальном, максимальном и среднем значении объемной льдистости, рассчитанных программно.

Для оценки мощности сезонно-талого слоя разработана модель бальных экспертных оценок 5-ти показателей, 3 из которых - «Объемная льдистость мерзлых пород», «Состав пород» и «Среднегодовая температура пород» берутся из созданной БГД, а два других - «Растительность» и «Абсолютная высота над уровнем моря» для листа №7 карты созданы на основе типов ландшафтов с Ландшафтной карты СССР м-ба 1:2 500 000 (под редакцией И.С.Гудилина) и цифровой модели рельефа «GTOPO30» соответственно. Бальные оценки (весовые коэффициенты) взаимосвязей указанных показателей введены в силу отсутствия их эталонов. Для разработки модели составлена программа, результат работы которой показывается в виде 3D- модели, где в качестве аппликаты Z показывается относительное значение мощности сезонно-талого слоя.

Литература

1. *Майкл Зейлер.* Моделирование нашего мира.. – Esri Press, 1999. Перевод – Дата+, 254 стр.
2. Общее мерзлотоведение (геокриология) / Ред. В. А. Кудрявцев. – М.: Изд-во МГУ, 1978.
3. Объяснительная записка к геокриологической карте СССР масштаба 1:2 500 000.
4. http://www.vsegei.ru/ru/info/topo Цифровые картографические основы ВСЕГЕИ.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ PurVIEW™ ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ МЕРЗЛОТНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА АЛЯСКЕ И СЕВЕРЕ КАНАДЫ

Ш. МакКэйг, В.Э. Ружанский

ИБиЭй, Компания Тетра Тек, Эдмонтон, Канада, SMcCuaig@eba.ca; vroujanski@eba.ca

USING PurVIEW™ TO MAP PERMAFROST FEATURES IN ALASKA AND NORTHERN CANADA

S. McCuaig, V. E. Roujanski

EBA, a Tetra Tech Company, Edmonton, Canada, SMcCuaig@eba.ca; vroujanski@eba.ca

Introduction

For a number of years, permafrost mapping and other types of thematic mapping have generally been done through the interpretation of hard copy aerial photography using a stereoscope. The interpreted data would then be manually transferred from linework on the aerial photographs to a digital base map for field use and final map production. While this method is effective, errors may be introduced during the manual transfer of data and the transfer itself can be time consuming.

EBA, A Tetra Tech Company, is now using PurVIEW™ for its mapping projects. The thematic maps produced with this technology are much more accurate than those compiled with hard copy aerial photographs and the need for manual data transfer is eliminated.

PurVIEW™ Mapping

The PurVIEW™ mapping process begins with obtaining contact print aerial photographs from federal or provincial government sources and having them scanned at a resolution of 10 or 15 microns (2,540 and 1,693 dpi, respectively). The hard copy aerial photographs to be scanned can be of any available scale and can include black and white, colour and infrared photography.

The digital imagery is next triangulated and merged with digital elevation model (DEM) data to produce geo-referenced imagery that can be viewed in PurVIEW™. High resolution DEM data is generally supplied by the client, but DEM data is also available from government sources, albeit normally at lower resolutions than client data.

If digital photography has been flown for a project (or if it is available from government suppliers at the appropriate resolution), then the digital images can be loaded directly into PurVIEW™ without the need for scanning of hard copy aerial photographs. This significantly reduces the time required to produce maps, as there is typically a delay of a few weeks when waiting for government aerial photography orders to be processed, therefore the amount of time and cost required for the scanning of each photograph is eliminated. Digital aerial photographs must be acquired at a resolution of 6-10 cm GSD (ground sampling distance), and it is best to specify this prior to the photography acquisition flight.

The cost of PurVIEW™ mapping vs. standard hard copy aerial photography mapping is comparable; the cost of having the photographs scanned and set up is about the same as the cost of translating hand drawn lines to digital ones. However, there is about a two week lag time to have the photographs scanned (each photograph takes 1 hour to scan, so the time required depends on the number of photographs and the current backlog of scanning projects).

Once the imagery has been loaded into PurVIEW™, the mapper can view stereo pairs directly on a 3D flat screen monitor using 3D stereo glasses (Figure 1). The computer monitor and glasses together function as a virtual stereoscope. The 3D imagery is spatially referenced so that the UTM coordinates (or latitude/longitude) and elevation of any point in space are known and the mapper can zoom in and out as needed to facilitate mapping.

Fig. 1. Mapping in PurVIEW™. A 3D monitor is used for mapping and a 2D monitor for data entry.

Advantages

Cost Savings

Although client requirements for mapping often include mapping scales of 1:5,000 to 1:20,000, aerial photographs may be acquired at scales of up to 1:60,000. This results in cost savings as the total number of photographs to be acquired is reduced.

The mapper can also choose ideal potential field site locations while mapping and can download these directly to a GPS device. This helps to streamline the fieldwork effort. Actual field sites may be uploaded to PurVIEW™ upon return from the field in order to update the mapping with the new data.

Accuracy and Utility

The mapper produces linework directly in the PurVIEW™ environment. This increases accuracy because scanning and digitization of linework from hard copy photographs is not required.

Because the mapper can zoom in and out of the photographic imagery, more detail can be mapped with greater accuracy. For example, patterned ground (frost boils etc.) or the headwall scarps of retrogressive thaw flow slides often can be easily identified. If larger scale photography is used (e.g. 1:20,000 scale), it is possible to identify features such as boulder fields and sometimes even individual boulders.

The GIS platform within which PurVIEW™ operates adds additional utility to the mapping. The area of the mapped polygons (e.g., permafrost units, aggregate resource areas, plant buildings, airstrips and other infrastructure) can be calculated. Similarly, the areal percentages of all of the mapped units can be determined. In addition, numerous layers can be added to the mapping. Infrastructure and route information from the client, data from other disciplines, LiDAR, satellite imagery, field sites, drill hole locations and even government geology maps can be added to the project. These layers can be turned on and off as needed to produce various figures or to aid in mapping. The merging of the imagery with the DEM data also makes the measurement of slopes and distances possible.

The project study area can be shown accurately or calculated exactly (e.g. 500 m on either side of a Right of Way centerline), allowing the mapper to map exactly to the edge of the study area, saving the client time and money.

Disadvantages

If contact prints are to be used for a project, there is a delay time that includes the amount of time required to acquire aerial photography from government agencies, plus the amount of time needed to scan and geo-reference the photographs. Thus, if a project needs a rapid turn-around time, PurVIEW™ mapping may not be ideal.

However, if privately flown geo-referenced digital photography can be provided, the extra time for scanning and geo-referencing is not required.

Examples

Northwestern Alaska

PurVIEW™ was used to map permafrost features and surficial geology of a future potential mine site in northwestern Alaska (Figure 2).

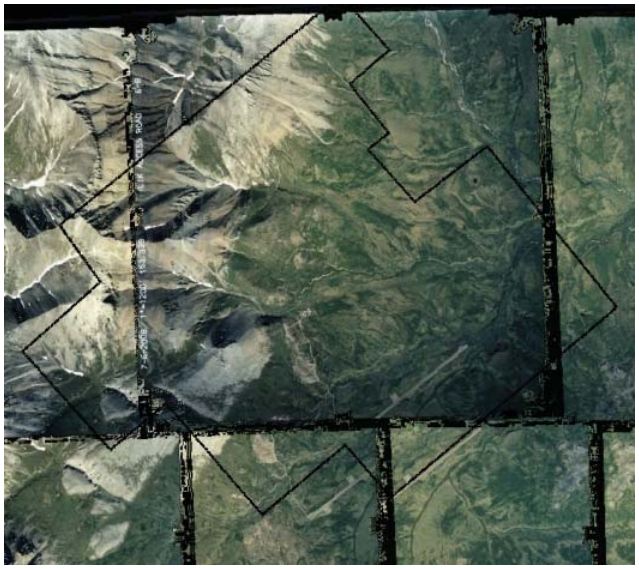


Fig. 2. View of photographic images acquired for the Lik mine site project in northwest Alaska. Black outline shows property boundary, which overlaps 6 stereo photos.

Sorted circles, unfrozen areas, cryoplanation terraces and non-sorted stripes on slopes were accurately delineated using PurVIEW™ (Figure 3).

Fig. 3. Fragment of Lik mine site surficial geology map. Cryoplanation terraces (stippled), unfrozen areas (vertical stripes), sorted circles (three circle symbols) and non-sorted stripes (dashed) mapped for the project were easily identified on the computer screen in 3D mode. Unfortunately, the 3D mode cannot be shown on this 2D figure.

Southern Nunavut

Permafrost features and the surficial geology of another potential mine site were mapped in southern Nunavut. Individual non-sorted circles in till areas and ice wedge polygons in glaciofluvial deposits (not shown) were easily identified and mapped using PurVIEW™ (Figure 4).

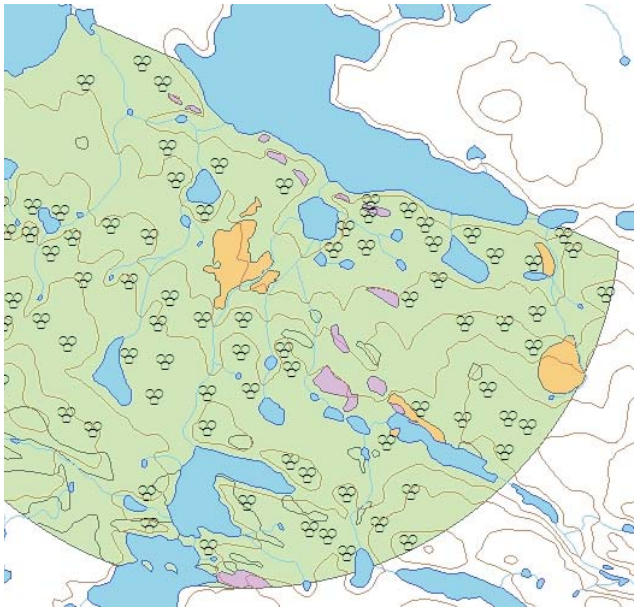


Fig. 5. Fragment of a surficial geology map (coloured polygons) showing locations of non-sorted circles (three circle symbols) for the Kivalliq site.

Conclusions

PurVIEW™ has been used successfully to accurately map permafrost features in northern Canada and northwestern Alaska. The ability to zoom in to the features assists greatly in their accurate delineation and the availability of the ArcGIS tool kit provides numerous options for the production of final maps and diagrams.

Acknowledgments

This paper is published with the approval of Zazu Metals Corporation and Kivalliq Energy Corporation.

The authors wish to acknowledge assistance offered by Kimberly Turner-De Vries of EBA for assisting with the preparation of this paper.

The authors are thankful for the constructive comments provided by the reviewers.

References

EBA, A Tetra Tech Company, 2011. Lik Infrastructure Geotechnical Investigation Data Report. Report prepared for Zazu Metals Corporation, EBA File No.: E14101135.002, December 2011.

EBA, A Tetra Tech Company, 2012. Permafrost/Terrain Mapping and Aggregate Resource Study in Support of Camp and Airstrip Location, Kivalliq Energy Corporation, PowerPoint presentation prepared for Kivalliq Energy Corporation, EBA File No.: E14103018-01, October 2012.

КАРТА ЗАСОЛЕННОСТИ КРИОГЕННЫХ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЕНИСЕЙСКОГО СЕВЕРА

А. Матюхин[1], И. Стрелецкая[2]
[1]Институт криосферы Земли СО РАН, starkur2008@mail.ru
[2]МГУ им. М.В.Ломоносова, географический факультет, irinastrelets@gmail.com

SALINITY MAP OF CRYOGENIC QUATERNARY DEPOSITS OF THE YENISEI NORTH

A. Matyukhin[1], I. Streletskaya[2]
[1]Earth Cryosphere Institute SB RAS, starkur2008@mail.ru
[2]Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, irinastrelets@gmail.com

Особенностью Енисейского Севера, включающего районы нижней части р. Енисей, акваторию Енисейского залива, восточный Гыдан и западный Таймыр, является широкое распространение засоленных криогенных дисперсных отложений в верхней части геологического разреза.

Степень засоленности (Dsal, %) – характеристика, определяющая количество воднорастворимых солей в отложениях (ГОСТ 25100-95). К засолённым криогенным отложениям относятся породы, у которых содержание легкорастворимых солей в г на 100 г сухой породы превышает для пылеватых песков – 0,05 %, для песков – 0,1 %, для супесей 0,15 %, для суглинков – 0,20% и для глин – 0,25% (СНиП 2.02.04-88).

Засоление пород связано с осадконакоплением во время морских трансгрессий в плейстоцене и голоцене [2; 4]. В периоды повышения уровня моря происходило накопление осадков с иловыми солеными растворами. Промерзание отложений сразу после выхода из-под уровня моря обеспечило сохранение в них седиментационных солей морского типа (Na>>Mg,Ca; Cl>>SO4,HCO3).

Присутствие легкорастворимых солей придает мерзлым и охлажденным грунтам специфические черты. Соли понижают температуру замерзания грунтов, влияют на их состояние, механические свойства и фазовый состав влаги. Их перераспределение по разрезу, приводит к формированию криопэгов (незамерзающих соленых растворов). Засоленные грунты, а также криопэги, оказывают агрессивное воздействие на бетонные фундаменты, металлические и железобетонные конструкции. Динамика температурного режима засоленных грунтов в значительно большей степени, чем для незасоленных пород, влияет на изменение их состояния (твердомерзлое, пластичномерзлое, охлажденное) и физико-механические свойства.

Морские соли в отложениях служат индикатором морских условий накопления, и тем самым, позволяют реконструировать ландшафтные обстановки российской Арктики в плейстоцене и голоцене, реконструкция которых продолжает оставаться предметом острой научной дискуссии. Несмотря на обширный материал по четвертичным отложениям севера Западной Сибири, данные об их возрасте, стратификации и, особенно, генезисе крайне неоднозначны. По этим вопросам часто, в зависимости от методологических и теоретических воззрений, специалистами развиваются совершенно исключающие друг друга гипотезы. Особенно это касается вопросов происхождения толщи валунных суглинков (диамиктона), характера и площадей оледенений, их количества и соотношения с трансгрессиями Арктического океана.

К настоящему времени фактический материал по степени засоления четвертичных отложений севера Западной Сибири частично обобщен. Составлена карта засолённости мёрзлых пород территории ЯНАО [3] масштаба 1:3 500 000. Степень засоления и состав водно-растворимых солей четвертичных отложений восточного Гыдана, побережий Енисейского залива и островов Карского моря практически не исследованы и на карте не отражены. Новые данные, полученные во время полевых работ комплексной экспедиции института криосферы Земли СО РАН, ВНИИОкеангеологии и географического факультета МГУ, в рамках программы

Международного Полярного Года, позволили установить особенности распределения солей в мерзлых породах основных геолого-генетических комплексов Енисейского Севера. Впервые была составлена карта засоленности криогенных четвертичных отложений Енисейского Севера (масштаб 1:1 000 000) до глубины 15-20 м (рис.1). Построение карты выполнялось в ГИС-пакете ArcGIS Desktop 9, в равноугольной поперечно-цилиндрической проекции Гаусса-Крюгера, вычисленной по параметрам эллипсоида Красовского, в системе координат - Пулково 1942 для зон №14 и 15.

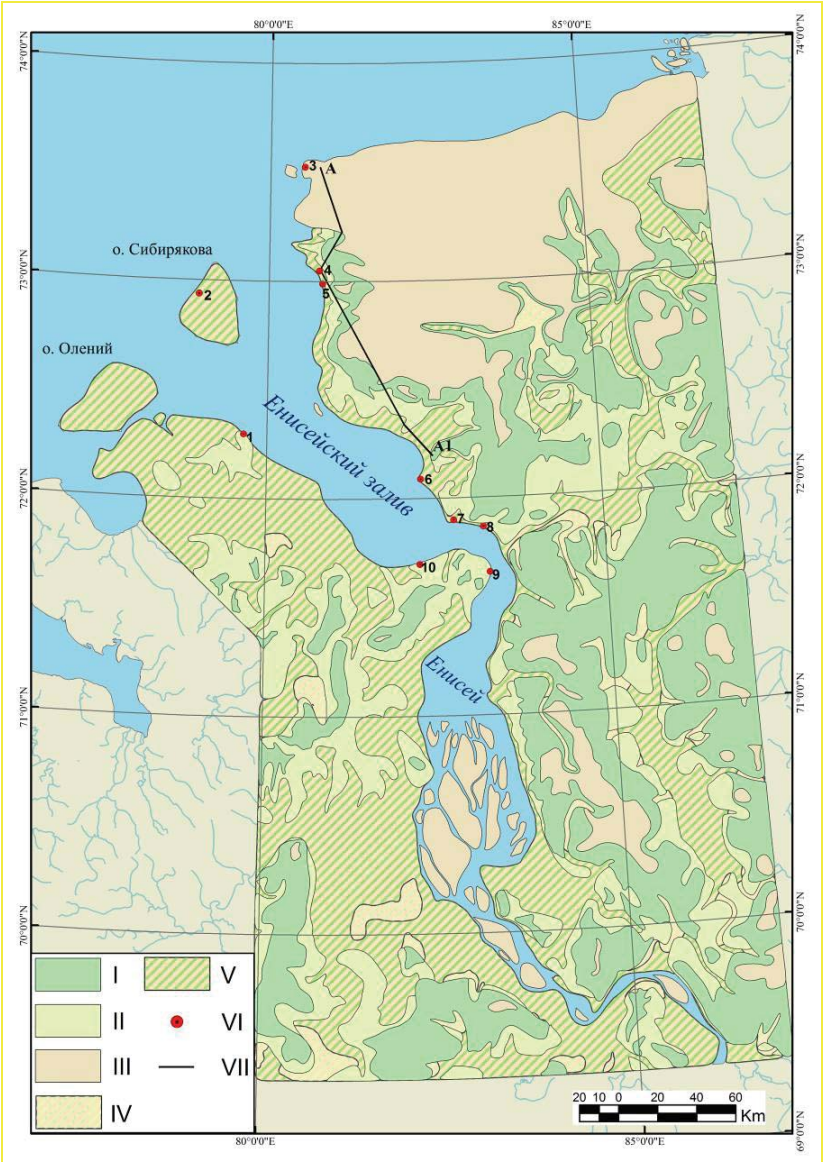


Рис. 1. Карта засоленности криогенных четвертичных отложений Енисейского Севера до глубины 10-15 м масштаб 1:1 000 000

Степень засоления песчано-глинистых отложений: I. Засолённые (более 0,2%); II. Слабозасолённые (0,05-0,2%); III. Незасолённые (0-0,05%); IV. Незасолённые подстилаются слабозасолёнными; V.Незасолённые подстилаются засолёнными; VI. Опорные разрезы: 1. м. Лескино, 2. о. Сибирякова, 3. п. Диксон, 4. ур. Матрёнин Лог, 5. устье р. Крестьянка, 6. м. Шайтанский, 7. м. Сопочная Карга, 8. ур. Красный Яр, 9. м. Зверевский, 10. устье р. Нарзой, VII. Профиль по линии А-А1

Данными для построения карты послужили современная ЦМР (SRTM) территории РФ, государственная геологическая карта РФ плиоцен-четвертичных образований масштаба 1:1 000 000 [1], уточненная геоморфологическая схема района масштаба 1: 1 000 000 (составленная

авторами), а также результаты экспедиционных работ, итогом которых стало устоновление степени засоления, закономерностей распределения и изменения состава ионов воднорастворимых солей основных геолого-генетических комплексов четвертичных отложений берегов Енисейского залива.

На основе их сопряженного анализа исследуемая территория была разделена на пять крупных районов.

Во-первых, район засоленных среднеплейстоценовых песчано-глинистых отложений (санчуговских), слагающих 60 - 120 метровые поверхности. Степень засоления пылеватых песков достигает 0,06 %, а глин - 1,2 %. Состав солей морской, хлоридно-натриевый. Верхняя часть разреза содержит меньшее количество солей (оставаясь хлоридно-натриевой) до глубины 4 м, что, очевидно, связано с рассолением верхней пачки отложений в результате колебаний мощности сезонно-талого слоя или в результате частичного рассоления, в результате денудационных процессов на склонах.

Во-вторых, район слабозасоленных верхнеплейстоценовых (казанцевских) морских глинистых и песчаных отложений (абсолютные отметки поверхностей: 30 – 60 метров). Степень засоления глин, слагающих данный геоморфологический уровень, по сравнению с предыдущим, падает и составляет всего лишь 0,5 %, песков – 0,05 %. По составу ионов воднорастворимых солей данные отложения относятся к хлоридному типу засоления (содержание иона хлора существенно превышает общее содержание анионов; аналогичная ситуация наблюдается и с ионом натрия).

В-третьих, район незасолённых отложений, занятый коренными маломощными грубообломочными породами, которые в свою очередь перекрыты незасоленными озерными, аллювиальными и склоновыми отложениями.

В-четвертых, район имеющий двухслойное строение и слагающий поверхности с абсолютными отметками от 30 до 60 метров. Незасолёные аллювиальные и склоновые отложения, подстилаются слабозасоленными верхнеплейстоценовыми (казанцевскими) морскими отложениями (степень засоления глин 0,5 %, песков – 0,05 %; состав вооднорастворимых солей - хлоридно-натриевый).

И, наконец, пятый район, имеющий так же двухслойное строение и слагающий поверхности от 30 м до уреза моря. Незасолёные верхнеплейстоценовые отложения мощностью 15-20 метров, подстилаются засолёными верхнеплейстоценовыми морскими глинистыми и песчаными отложениями (степень засоления глин 0,5 %, песков – 0,1 %). Состав воднорастворимых солей - хлоридно-натриевый.

В дальнейшем, благодаря модулю Spatial Analyst программы ArcGIS Desktop 9 полученные высотные уровни, были выделены из цифровой модели рельефа (SRTM). Для уточнения границ районов была использована государственная геологическая карта РФ плиоцен-четвертичных образований, а также результаты натурных исследований.

Так было установлено, что в районе посёлка Диксон (севернее 73,5 град. с.ш.) береговые обнажения сложены пачкой верхнеплейстоценовых и голоценовых незасоленных континентальных супесчаных отложений, уходящих под современный урез моря. Данные льдистые отложения вмещают мощные (более 10 м) сингенетические полигонально-жильные льды (ледовый комплекс). Предполагается, что дисперсные отложения подстилаются коренными скальными породами, выходящими в береговых обрывах и осушках.

При составлении карты была проведена соответствующая генерализация.

К карте был построен профиль и составлена атрибутивная таблица, в которой перечислены основные геолого-генетические типы отложений, приведен их преимущественный состав, указана степень засоления, среднегодовая температура пород на подошве слоя годовых колебаний, мощность, а также перечислены основные мерзлотные процессы.

Составленая карта распространения криогенных засоленных четвертичных отложений Енисейского Севера (масштаб 1:1 000 000) до глубины 15-20 м уточняет инженерно-геологические свойства пород и может быть использована при инженерных изысканиях при строительстве.

Литература

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации плиоцен-четвертичных образований масштаба 1:1 000 000, Санкт-Петербургская картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2000.

2. *Данилов И.Д.* Плейстоцен морских субарктических равнин. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978, 198 с.

3. *Дубиков Г.И., Иванова Н.В., Сокольская В.Б.* Засолённость мёрзлых пород // В Атласе ЯНАО/ под ред. Ларник С.И. – ФГУП «Омская картографическая фабрика» 2004. – с.162-163.

4. *Свиточ А.А.* Морской плейстоцен побережий России. − М.: ГЕОС, 2003. − 362 с.

ИНТЕГРАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ НА ТЕРРИТОРИЮ АРКТИКИ И ГЕОМОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАНИЦ КРИОЛИТОЗОНЫ

А.А. Медведев

Институт географии РАН, a.a.medvedeff@gmail.com

SPATIAL DATA INTEGRATION FOR THE ARCTIC TERRITORY AND GEOMODELING OF CRYOLITHOZONE BORDERS

A.A. Medvedev

Institute of Geography RAS, a.a.medvedeff@gmail.com

Огромные объемы пространственных данных и их динамика ставят задачу создания узлов интеграции информационных ресурсов. Интеграция данных предназначена, прежде всего, для формирования единого информационного пространства по предметным областям и территориальному охвату. Объектом интеграции по данному исследованию являются информационные ресурсы на территорию Арктики, хранящиеся в распределенных системах данных (web-серверах) и геопорталах. Также источниками данных являются научно-информационные ресурсы Института географии РАН в виде баз геоданных и метаданных, структурированных (по определенному формату) файлов данных, объектных файлов данных (простой текст, документы, изображения и др.), электронных атласов.

Исследовательские задачи по данной предметной области решались на базе геоинформационных методов преобразования и обработки пространственных данных, включая, аналитические ГИС и ресурсоемкие технологии, реализуемые в Грид-системах. Эти инструменты обеспечивают потенциального пользователя возможностью интегрировать имеющиеся ресурсы в свои персональные данные, программные модули интеграции и преобразования.

Используемый вариант организации информационной среды – клиент-серверная архитектура: данные хранятся в БД на сервере и многие пользователи имеют возможность обращаться к одному массиву данных, упрощается администрирование данных, появляется возможность параллельного совместного редактирования и ведения нескольких версий. Для возможного совмещения работы и развития инфраструктуры некоторые компоненты и ресурсы выделены - это ГИС и Грид-инструментарии, как самостоятельные клиентские приложения. В этом случае распределенная система имеет централизованную архитектуру с элементами децентрализации.

В результате интеграции информационных ресурсов на территорию Арктики, сделана оценка тематического охвата информационных ресурсов, а также произведена адаптация информационных ресурсов для потребностей потенциальных пользователей. В процессе работ получен ряд новых результатов в формировании классифицированных и стыкующихся информационных ресурсов от разных источников данных, «конструировании» новых знаний на основе хранилищ массивов метаинформации и организации информационного интерфейса для специалистов по конкретным направлениям фундаментальных и прикладных исследований.

Интеграция сетевых ресурсов осуществлена на основе сетевых Веб-сервисов, которые также являются элементами технологии Грид, а интеграция ресурсов в виде ГИС-проектов поддерживается сетевыми аналитическими ГИС, что позволяет говорить о полной интероперабельности пространственных данных.

Одной из подзадач данного исследования являлся процесс геомоделирования на основе влияния изменения климата. Для территории Арктики прогнозы изменения климата имеют особо важное значение. Наблюдаемая в настоящее время тенденция к его потеплению может привести к глобальным изменениям состояния окружающей природной среды в целом. В связи с этим было проведено сценарное моделирование изменения границ криолитозоны. В частности, были рассчитаны и смоделированы изменения областей сезонного протаивания на 2020, 2050 и 2080 гг.

Как известно, на сезонное протаивание влияет ряд климатических и литологических факторов, а также свойства подстилающей поверхности и орографические характеристики. Для геомоделирования границ криолитозоны, и областей сезонного протаивания в частности, были использованы известные модели общей циркуляции (МОЦ) атмосферы: 1) Канадского центра климатического моделирования и анализа (Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis) – CCCma в двух ее сценариях a2a и b2a; 2) Государственного объединения научных и прикладных исследований Австралии (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) – CSIRO; 3) Двойная модель Центра Хэдли в Великобритании (Hadley Centre Coupled Model) – HadCM3 версия 3. Также, при геомоделировании были использованы база геоданных изолинейных полей нивально-гляциальных характеристик на территорию России, наборы пространственных данных по подстилающей поверхности (ландшафтные и почвенные геоинформационные слои).

Эти наборы пространственных данных позволили произвести геомоделирование и дать прогноз на региональном и локальных уровнях, выяснять причины возможных изменений, а также предсказать сезонные и долгосрочные изменения.

Интерпретация, визуализация и картографическое оформление расчетных прогнозных данных осуществлялись с использованием пакета программ ArcGIS. Обработанные климатические модели согласованы с цифровой моделью рельефа, что позволило получить уточненные модели, учитывающие высотные закономерности распределения.

Присущие данному направлению исследований нелинейность и стохастичность существенно ограничивают выбор методов и инструментов, пригодных для оценок будущих изменений, оставляя относительно широкие (и далеко не исчерпанные на сегодняшний день) возможности лишь для физико-математического геомоделирования. Оценка будущих изменений принципиально возможна лишь в виде некоторого вероятностного пространственного распределения, так что задача предсказания сводится к определению вероятностных функций распределения разных характеристик в будущем, а не к прогнозу ее эволюции во времени.

В качестве экспериментального геомоделирования использовались инструменты геостатистического анализа, которые включали трендовые и регрессионные модели. К сожалению, трендовые модели при ретроспективном и перспективном подходе в данной предметной области эффективны только при однонаправленности процесса и однородности воздействия внешних факторов на развитие объекта, когда процесс обладает инерцией и эволюционной динамикой, и требуется значительный период оценки. Применение регрессионного моделирования строилось на измерении зависимости прогнозируемого параметра от разных факторов – на частной или множественной регрессии.

В результате исследований была произведена интеграция разнородных пространственных данных по предметной области, а также экспериментальное геомоделирование на основе организованных данных. Результатами геомоделирования стали не только прогнозные модели на разных масштабных уровнях, но и концептульная схема моделирования, которая может динамически меняться при добавлении новых данных или при усовершенствовании климатических моделей. Такая каркасная система интеграции и геомоделирования пространственных данных необходима для комплексных географических исследований Арктики и для формирования межрегиональных инфраструктурных кластеров.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ 12-05-00964.

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА В ЗОНЕ МАССИВНО-ОСТРОВНОЙ КРИОЛИТОЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О.Е. Пономарева, Н.М. Бердников, А.Г. Гравис
Институт криосферы Земли СО РАН, o-ponomareva@yandex.ru

MAPPING OF THERMOKARST FORMS IN WEST SIBERIA SPORADIC PERMAFROST ZONE

O.E. Ponomareva, N.M. Berdnikov, A.G. Gravis
Earth Cryosphere Institute SB RAS, o-ponomareva@yandex.ru

В литературе [1,2,3] отмечается широкое развитие различных по времени образования термокарстовых форм на севере Западной Сибири и указывается, что современная динамика процесса изучена слабо. Повторное дешифрирование озер и маршрутные наблюдения, выполненные Л.И. Вейсманом [2], позволили установить, что в период с 1949 по 1972 г в подзоне северной тайги, условия для развития термокарста были неблагоприятны, поэтому существенных изменений береговых линий озер обнаружено не было. В связи с тем, что с 1972 по 2012 гг. климатические условия в Надымском районе Тюменской области менялись в благоприятную для развития процесса сторону, мы задались целью повторить исследования динамики термокарста. За 40 лет, прошедших с 1972 г. температур воздуха поднялась в среднем на 2º (рис. 1.), температура многолетнемерзлых пород по 16 скважинам повысилась в среднем на 0,6º, например, в скважине 12-75 (рис. 2) температура поднялась с -0,8° (замер 30. IX. 1975) до -0,115° (замер 05.IX. 2012 г. Точность замера составляет 0,03° с учетом тарировки каждого датчика), а мощность сезонноталого слоя увеличилась на 1/3. На отдельных участках кровля ММП опустилась ниже 2 м. Произошедшие изменения, на фоне увеличения количества летних атмосферных осадков, позволяли предположить, что активизация термокарста неизбежна.

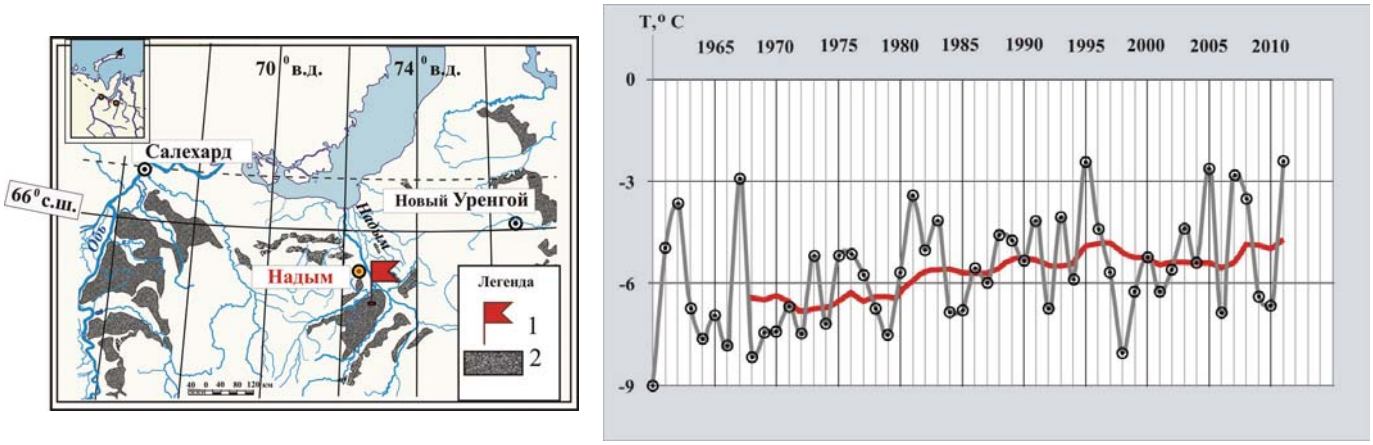


Рис. 1. Схема района исследований и среднегодовая температура воздуха по данным метеостанции Надым с линией тренда.
Условные знаки: 1 – место наземных исследований, 2 – озерно-аллювиальная равнина

Для изучения современной динамики термокарста было выполнено дешифрирование имеющихся в нашем распоряжении, летних снимков за 1968 и 2007 гг. по территории площадью 8 959 191 м^2 и построены карты озерности масштаба 1: 50 000 на эти временные срезы. Озерность в пределах III озерно-аллювиальной равнины по результатам этих работ составила 13 %.

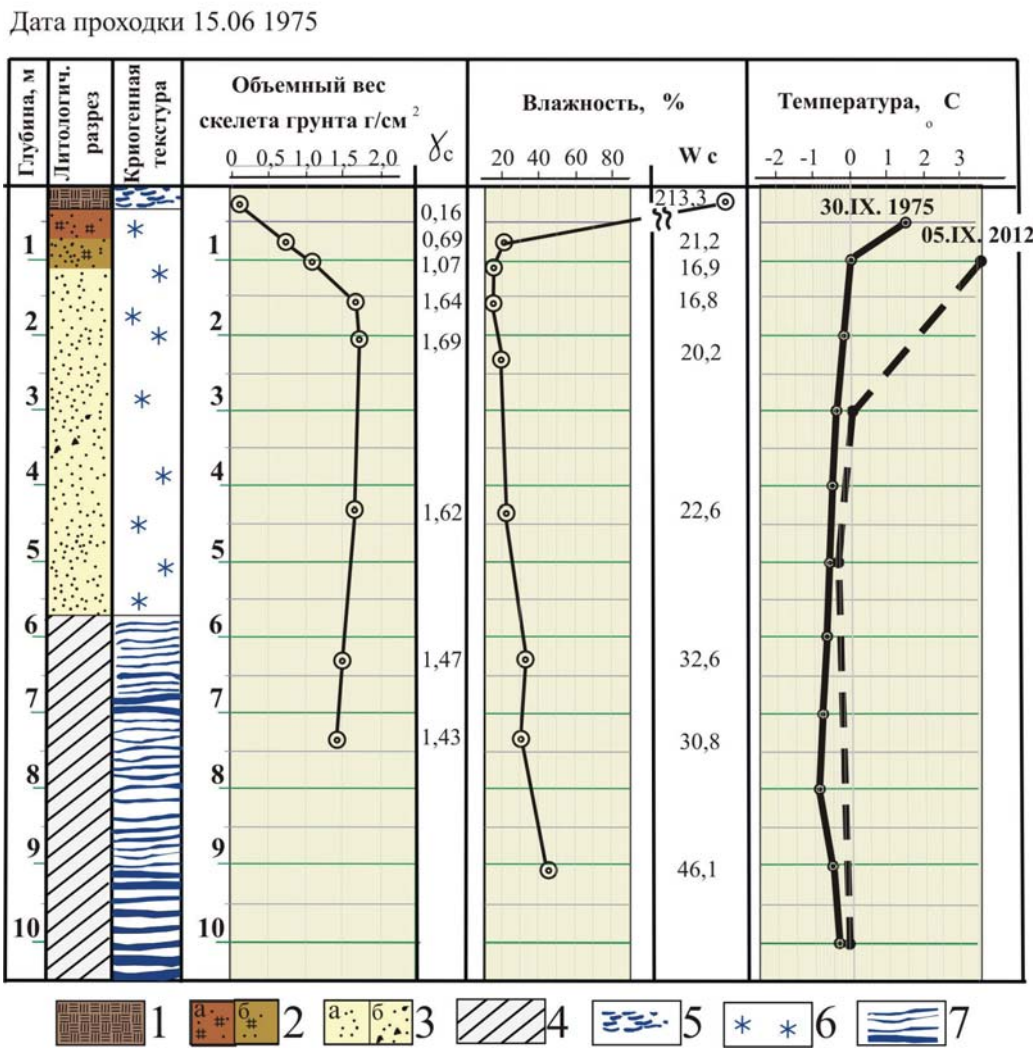


Рис. 2. Разрез по скважине 12 -75, расположенной на торфяно-минеральном бугре пучения с результатами замеров температуры пород на 30.IX. 1975 и 05. IX. 2012 гг.

Условные знаки: 1 – торф, 2 а – сильно оторфованный песок, 2 б - слабо оторфованный песок, 3а – песок, 3б – песок с включением гравия и дресвы, 4 – суглинок, 5 – 7 - криогенные текстуры: 5 – микрошлировая частослоистая, 6 - массивная, 7 - толстошлировая редкослоистая.

Сопоставление данных, полученных при повторном дешифрировании, показало, что:

1) площади большинства озер с 1968 по 2007 г. практически не изменились;

2) Исключение составляют 2 сточных крупных (площадью около 53 тыс км^2) озера, расположенных в краевой части плоскобугристых торфяников III озерно-аллювиальной равнины. Сток из этих озер происходит в заболоченные ложбины стока. В 2007 г. площадь этих двух озер сократилась на 1/3;

3) Значительные изменения обнаружены в степени обводненности ложбин стока. В 2007 г. в заболоченных ложбинах стока выявлены многочисленные участки свободной от растительности водной поверхности, отсутствовавшие на снимках 1968 г. Появление открытой водной поверхности обусловлено увеличением стока и, по-видимому, объясняется увеличением количества летних осадков в последние 10 лет. К сожалению, подсчет площади, занимаемой открытым водным пространством по имеющимся снимкам невозможен.

Таким образом, получены 2 на первый взгляд исключающие друг друга факта: сохранение площади озер и увеличение стока в ложбинах. Однако, учитывая тесную взаимосвязь заболачивания с процессом пучения и изменением глубины протаивания пород, можно в качестве гипотезы для дальнейших исследований рассмотреть следующее объяснение. Увеличение количества летних осадков не отразилось на площади озер, так как было скомпенсировано увеличением размера подозерного талика. В заболоченных ложбинах стока в последние годы отмечено новообразование ММП, что привело к сокращению подземного стока и, соответственно вызвало увеличение поверхностного стока.

Помимо дешифрирования космоснимков, в рамках исследований были выполнены наземные наблюдения на двух буграх пучения. Одним из объектов был торфяно-минеральный бугор со старым термокарстовым понижением на вершине. Глубина термокарстового понижения составляла 1 м, площадь - приблизительно 150 $м^{2.}$. Разрез бугра за пределами термокарстового понижения по скв. 12-75 приведен на рис 2. Причиной развития термокарста, приведшего к образованию понижения, предположительно, был пожар, случившийся летом 1971 г. и уничтоживший растительный покров и часть торфяного покрытия бугра, что привело к увеличению глубины протаивания на ограниченном по площади участке, сложенном льдистыми супесчано-суглинистыми отложениями. В ходе маршрутного обследования этого объекта в 2005-2008 гг., было отмечено, что размеры понижения остаются неизменными, а растительный покров изменяется, прежде всего, за счет появления на днище понижения кустарников. В августе 2009 г. Н.Г. Москаленко и П.Т. Ореховым было замечено увеличение размеров понижения, и в нем была разбита наблюдательная сеть. Сопоставление данных нивелировок за 2009 - 2012 гг. показало, что после 2009 г. значительного расширения плановых размеров понижения не происходило. Лишь в 2 точках имело место незначительное отступание бровки понижения, а глубина понижения оставалась прежней.

Вторым наземным объектом исследований был торфяно-минеральный бугор пучения, растительный и частично торфяной покров которого был уничтожен во время строительных работ. О возникновении термокарста на этом бугре пучения, свидетельствуют результаты геодезических наблюдений, выполненных до и после строительных работ. Наблюдения показали, что осадка торфа продолжалась 2 года и составила более 1 м. После чего осадка прекратилась, чему благоприятствовало восстановление растительного покрова. Выполненные наблюдения показали, что локальное уничтожение растительного и частично торфяного покрова, как указывает Ю.Л. Шур [4] на III озерно-аллювиальной равнине, верхняя часть разреза которой сложена эпигенетическими зачастую песчаными отложениями, приводит к развитию термокарста на ограниченном по площади участке, и впоследствии процесс останавливается.

Проведенные исследования показывают, что:

1. В прошлом процесс термокарста был широко развит в пределах III озерно-аллювиальной террасы. Но, учитывая незначительную глубину термокарстовых озер (до 3 м) приходится признать, что распространение процесса в глубину и тогда было незначительным.
2. В современных условиях термокарст можно считать неактивным, судя по тому, что площади озер и конфигурация их береговой линии с 1949 по 2007 гг. не менялась.
3. Данные о стабильности площади озер и их очертаний необходимо дополнить информацией о состоянии аквальных комплексов и размерах подозерных таликов, что повысит достоверность вывода о неактивности современного термокарста.
4. В субаэральных условиях к развитию современного термокарста может привести нарушение растительного покрова, обусловленного хозяйственной деятельностью и (или) пожарами. Однако, процесс термокарста будет происходить на ограниченной площади, и со временем станет неактивным.

Работы выполнены при поддержке проекта TSP (Thermal State of Permafrost), National Science Foundation, грант NSF ARC-0632400, ARC-0520578, проекта CALM (Circumpolar Active Layer Monitoring, грант NSF OPP-9732051 и 0PP-0225603), и при поддержке гранта Президента Российской Федерации (грант НШ-5582.2012.5), гранта РФФИ 13-05-00811 и грантов Тюменской Губернской Академии.

Литература

1. *Андрианов В.Н., Козлов А.Н., Крицук Л.Н.* Инженерно-геокриологические условия бассейна среднего течения р. Надым // Тр. ВСЕГИНГЕО. М., 1973. Вып.62. С.79-89.

2. Геокриологические условия Западно-Сибирской газоносной провинции / Под ред. Е.С. Мельникова, Новосибирск. Наука, 1983. 198 с

3. Основы геокриологии. Ч 4 Динамическая геокриология / Под ред. Э.Д.Ершова. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 688 стр.

4. *Шур Ю.Л.* Прогноз термокарста: Методические рекомендации по прогнозу развития криогенных физико-геологических процессов в осваиваемых районах крайнего севера. М.: ВСЕГИНГЕО. С. 18-37.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ВЫСОКИХ ГОР ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Э.В. Северский

Казахстанская высокогорная геокриологическая лаборатория
Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН permafrost.08@mail.ru

FEATURES OF GEOCRYOLOGICAL MAPPING OF CENTRAL ASIA HIGH-MOUNTAIN

E. Severskiy

Kazakhstan Alpine Geocryological Laboratory,
Melnikov Permafrost Institute SB RAS permafrost.08@mail.ru

Центральная Азия – самый крупный в мире регион с высокогорной альпинотипной криолитозоной. Рассматривается северо-западная часть этого региона, включающая ряд обособленных горных систем, характеризующихся определенным единством физико-географических и геокриологических условий. Сюда относятся расположенные с юго-запада на северо-восток от 37° до 51° с.ш. горные массивы – Памиро-Алай, Тянь-Шань, Джунгарский Алатау, Саур-Тарбагатай и Алтай.

Геокриологические условия этих регионов определяются общей и превалирующей закономерностью – влиянием абсолютной высоты. Для этих горных систем характерен тянь-шаньский вид высотной геокриологической поясности, когда в рельефе выделяются два высотных пояса – многолетнего и сезонного промерзания пород.

На первом этапе геокриологическое картографирование заключалось в составлении мелкомасштабных (1 : 1 000 000 и мельче) обзорных картосхем, на которых выделен общий контур высокогорного пояса распространения многолетнемерзлых пород (ММП) во всех рассматриваемых горных регионах без разделения его на подпояса. Это позволило оценить площадь вероятного распространения криолитозоны, которая примерно в 2 раза больше суммарной площади массивов мерзлоты и приблизительно в 10 раз превосходит площадь современного оледенения.

На карте масштаба 1 : 500 000 выделены подпояса сплошного, прерывистого и островного типов распространения криолитозоны. Выявлены закономерные изменения ширины (высотного диапазона) каждого подпояса в зависимости от высоты горного массива и его широтного расположения. Подсчитаны площади подпоясов, а внутри них оценены площади ММП в зависимости от процентного соотношения талых и мерзлых массивов. Отметим, что при подсчете площадей не учитывались следующие обстоятельства:

- разность размеров площадей на карте и в натуре (на местности площади всегда несколько больше за счет крутизны склонов);

- различия в высотном положении нижних границ подпоясов на склонах разных экспозиций;

- отсутствие многолетней мерзлоты под отдельными ледниками в подпоясе ее сплошного распространения;

- наличие небольших массивов многолетней мерзлоты, расположенных ниже нижней границы островного распространения криолитозоны, формирующихся при положительных средних годовых температурах воздуха.

Некоторые недостатки были учтены и отражены на геокриологических картах более крупного масштаба.

Основные характеристики ММП (температура и мощность, льдистость, глубина сезонного протаивания, криогенные процессы и явления) приведены в пояснительной записке, легенде и на врезках к карте. Эта карта позволяет произвести фоновую оценку закономерностей распространения ММП и районировать криолитозону гор Центральной Азии по крупным горным регионам.

На следующем этапе исследования были сосредоточены на изучении не только криолитозоны высокогорий, но и условий формирования и закономерностей распространения сезонномерзлых пород в условиях низкогорно-среднегорного рельефа. Эти материалы позволили в поясе сезонного промерзания вычленить подпояса с однотипным характером проявления этого процесса по глубине, длительности и устойчивости. В результате горные массивы рассматриваются в целом с поясами многолетнего и сезонного промерзания пород. Граница между ними приблизительно совпадает с высотным положением нулевой средней годовой температуры воздуха. Было установлено, что на каждый градус географической широты нижняя граница криолитозоны смещается на 142-165 м по вертикали. Спектр геокриологических поясов и подпоясов в зависимости от широтного положения и высоты конкретных горных сооружений отражен в региональных структурах высотной поясности. Для Западного Алтая выявлена аномальная структура высотной геокриологической поясности. Здесь в поясе черневых пихтовых высокотравных лесов (600-1500 м) находится акриогенный подпояс, в котором сезонное промерзание практически отсутствует, и выше он смыкается с поясом ММП.

Для учета чрезвычайной изменчивости геокриологических условий в горах требуется составление более детальных средне- и крупномасштабных карт, синтезирующих знания об особенностях формирования и распространения многолетне- и сезонномерзлых пород. Без них невозможно рациональное освоение горных территорий, проектирование и строительство различных инженерно-технических сооружений. У нас накоплен определенный опыт составления таких карт (1 : 200 000, 1 : 25 000), а также специальных мерзлотных инженерно-геологических карт (1 : 10 000) для конкретных объектов и карт более крупного масштаба под строительство и реконструкцию отдельных зданий и сооружений [6]. Основой для построения этих карт являются закономерности распространения многолетне- и сезонномерзлых пород, отраженные в региональных структурах высотной геокриологической поясности. Источником дополнительной информации послужили специальные тематические карты – геологические, геоморфологические, лесоустроительные, почвенные, геоботанические, топографические, черно-белые и спектрозональные аэрофотоснимки. Карты построены на основе материалов многолетних исследований температурного режима, мощности ММП, глубины сезонного промерзания и протаивания в различных ландшафтных условиях отдельных горных регионов.

На картах в масштабе 1 : 25 000, составленных для бассейнов рек Большой и Малой Алматинок (Заилийский Алатау, Северный Тянь-Шань), показана полная информация о многолетней и сезонной криолитозонах. Гипсогеотермический градиент температуры ММП равен 0,65°С/100м в диапазоне абсолютных высот 3200-3400 м, а разница в температурах грунтов на южном и северном склонах составляет около 2°С. Различия в высотном положении нижней границы подпояса островного распространения ММП на северном и южном макросклонах составляет около 400 м. С увеличением абсолютной высоты различия в температурах и мощности ММП сглаживаются.

Основанием для дифференциации территории по температурам, мощности и льдистости многолетней мерзлоты, глубине сезонного промерзания и протаивания, криогенным процессам и явлениям служат закономерности изменения этих характеристик в зависимости от абсолютной высоты, экспозиции, характера растительности, типов поверхности склонов, литолого-генетических типов коренных скальных и покровных рыхлых отложений.

Полнота информации на этих картах позволила по специальной методике провести более точную оценку объемов подземных льдов, а также использовать их для решения задач проектирования на стадии районной планировки и выбора участков под строительство конкретных инженерно-технических сооружений.

На крупномасштабной (1 : 10 000) мерзлотной инженерно-геологической карте долины верхнего течения р. Кумтор (Внутренний Тянь-Шань) осуществлено районирование территории для строительства и эксплуатации различных типов сооружений в условиях сплошного распространения многолетней мерзлоты. При этом учитывались основные показатели свойств грунтов: состав, мощность, льдистость, криогенное строение, температура сезонноталого слоя и верхних слоев ММП, особенности развития и активность экзогенных геологических процессов и явлений. Выделено три категории участков: благоприятные для строительства сооружений любого типа; благоприятные только для строительства нетеплоизлучающих сооружений и неблагоприятные для любого строительства.

К настоящему времени издана геокриологическая карта Казахстана (м-б 1 : 5 000 000) в Национальном Атласе Республики Казахстан [3], на которой произведено геокриологическое районирование гор и равнин с выделением различных типов многолетне- и сезонномерзлых пород, показана их температура и мощность.

Впервые для обширных равнинных территорий и горных районов Казахстана проведена качественная и количественная оценка геокриологических процессов и явлений по степени опасности их проявления в рельефе. Это отражено на карте «Опасность геокриологических процессов Казахстана» (м-б 1:5 000 000), изданной в Атласе природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций [4]. Карта дает представление о пораженности территории наиболее значимыми криогенными процессами и явлениями.

Обе карты составлены по единым с российскими геокриологами методическим разработкам и способам отображения процессов и явлений, что позволяет проследить общие закономерности изменений геокриологических условий на территории России и Казахстана как в едином пространстве [1,2].

Составлена карта «Промерзание грунтов» (м-б 1 : 2 500 000) для Атласа Мангистауской области – крупного нефтегазодобывающего региона, на которой выделены участки территории с различными типами промерзания, отображены максимальные глубины промерзания и среднегодовые температуры пород [5].

В дальнейшем геокриологическое картографирование будет направлено на составление прогнозных карт с отображением динамики многолетне- и сезонномерзлых пород в связи с климатическими изменениями и возрастающими техногенными нагрузками на экосистемы гор и равнин Центральной Азии.

Литература

1. Геокриологическая карта СССР м-ба 1 : 2 500 000. Ред. Э.Д. Ершов. Винница, «Картпредприятие», 1991.

2. Геокриологические опасности. Тематический том. Под ред. Л.С. Гарагули, Э.Д. Ершова. М., изд-во фирма «КРУК», 2000, 316 с.

3. *Горбунов А.П., Северский Э.В.* Геокриологическая карта Казахстана, м-б 1 : 5 000 000 // Национальный Атлас Республики Казахстан, т.1 «Природные условия и ресурсы». Алматы, изд-во «Республиканская картографическая фабрика Агентства РК по управлению земельными ресурсами», 2006, с.92-93.

4. *Горбунов А. П., Северский Э. В.* Карта «Опасность геокриологических процессов», м-б 1 : 5 000 000 с пояснительной запиской // Республика Казахстан. Атлас природных и

техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций. Алматы, издательская группа ТОО “VIT BRAND”, 2010, с. 76-79.

5. *Горбунов А. П., Северский Э.В.* Карта «Промерзание грунтов», м-б 1 : 2 500 000 // Атлас Мангистауской области. Алматы, изд-во «Республиканская картографическая фабрика Агентства РК по управлению земельными ресурсами», 2010, с. 59.

6. *Северский Э.В.* Опыт крупномасштабного картографирования криогенных явлений Заилийского Алатау // Криогенные явления Казахстана и Средней Азии. Якутск, изд-во Ин-та мерзлотоведения СО РАН, 1979, с.105-112.

КАРТИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТАЛИКОВ ПО МАТЕРИАЛАМ ЗИМНЕЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

Б.М. Седов

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, Северо-Восточный государственный университет, sedov@neisri.ru

MAPING THE SURFACE TALIKS BY MATERIALS OF WINTER SEISMIC SURVEY

B.M. Sedov

Northern-East Interdisciplinary Scientific Research Institute of Far East Branch of RAS, Northern-Eastern State University, sedov@neisri.ru

Основные объемы нефтегазопоисковых работ в России, начиная с 60 годов XX века, сосредотачиваются в северных районах с мощной зоной многолетнемерзлых пород. На равнинных участках, где располагается подавляющее большинство известных нефтегазоносных месторождений, монолитность многолетней мерзлоты прерывается многочисленными поверхностными таликами, приуроченными к крупным озерам, рекам и более многочисленным мелким и узким речкам. Поиск и картирование последних зимой представляет особый производственный интерес, в частности для обеспечения водой установок глубокого разведочного бурения и жилищно-бытовых нужд персонала, занятого на этих работах. Помимо крупных таликов, в криолитозоне существуют многочисленные узкие поверхностные талики, ширина которых не превышает первых десятков метров. И если для стационарных объектов, потребляющих значительные объемы воды, необходимы специальные гидрогеологические работы по поиску и разведке источников, то для обеспечения временных объектов с небольшим потреблением воды, зимой и ранней весной возможно использование поверхностных таликов, включая узкие. В зимний период из-за высоких сопротивлений заземлений при поисках воды возможно применение электроразведки на переменном токе, включая георадар [10]. Очевидно, чем уже талики, тем меньшее расстояние используются между точками замеров. Это ведет к удорожанию работ, уменьшает их производительность, а выполнение электропрофилирования в суровых зимних условиях Севера обходится достаточно дорого.

Как показывают результаты исследований сейсмических характеристик криолитозоны и волновых полей, материалов производственных нефтепоисковых сейсморазведочных работ методами отраженных волн, общей глубинной точки и преломленных волн, из-за условий проходимости транспорта и снижения негативного воздействия на природную среду, проводимых в зимне-весенний период, их первичные полевые материалы могут быть использованы для картирования поверхностных таликов практически любой ширины. Это обусловлено тем, что талые породы поверхностных таликов, по сейсмоакустическим свойствам исключительно резко отличаются от вмещающих их мерзлых толщ [6]. Например, по данным исследования скоростей сейсмических волн на Северо-востоке Азии, установлено, что в условиях естественного залегания,

в неоген-четвертичных галечниках и песках скорости волн при их переходе из мерзлого состояние в талое меняются скачком для продольных (*P*) волн с 4250-4650 м/с (многолетнемерзлые) до 1200-1600 м/с (талые обводненные), поверхностной (рэлеевской *R*) – с 2100-2200 м/с до 250-500. В супесях и суглинках скорость для *P* волн уменьшается с 3600-3800 м/с до 1400-1800, *R* волны – с 1300-1800 до 180-350; в неогеновых глинах соответственно для *P* волны с 2750-3500 м/с до 1800-2100 [6]. Эти значения скоростей сейсмических волн характерны для нормально-льдистых многолетнемерзлых пород с сингенетическим промерзанием. На Северо-востоке Азии четвертичные глины практически отсутствуют а неогеновые, в силу своего возраста, подверглись эпигенетическому промерзанию, что и определяет диапазон значений льдистости. Это обуславливает не только большой интервал значений скоростей волн всех типов и величины объемной плотности многолетнемерзлых глин, но и в зависимости от типа криогенной текстуры, они могут быть как изотропными, так и анизотропными по сейсмоакустическим свойствам. Высокие скорости в мерзлых рыхлых по сравнению с их талыми аналогами обусловлены тем, что скорость *P* волны во льду (3850 – 4000 м/с) выше, чем в воде (1530 м/с).

Значение объемной плотности, исключая многолетнемерзлые глины и достаточно редкие «сушенцы», рыхлых пород, при нормальной льдистости, практически не зависит от их физического состояния. Поэтому многолетнемерзлые породы из-за более высоких значений скоростей волн всех типов являются «сейсмически жесткими» средами по отношению к талым. Это является причиной того, что волны, генерируемые и распространяющиеся в многолетнемерзлых породах, характеризуются не только высокими скоростями, но и резко отличаются по динамическим свойствам. В частности, при поверхностных источниках колебаний, соотношение энергии между продольными, поперечными и поверхностными (рэлеевскими) волнами характеризуются существенно иными величинами, чем в талых аналогичных по литологическому составу породах, а также более высокими частотами колебаний и меньшим затуханием.

Граница талик-мерзлота, по характеру изменения сейсмоакустических свойств, исключая поверхность вода–дно, не имеет аналогов в природе. В результате ее высокой акустической контрастности, наблюдаемой над контактом талых пород с мерзлыми, волновая картина характеризуется рядом специфических особенностей. Исследования волнового поля над контактом мерзлых и талых пород при различных параметрах, позволили установить, что повышенной «чувствительностью» к границе мерзлота-талик обладают наиболее интенсивные при поверхностных источниках рэлеевские волны [1,7,9]. Физически это объясняется явлением «запрета» на передачу энергии из мерзлых пород (жесткая среда) в талые. Это объясняется тем, что длина волн в акустически жесткой среде во много раз больше чем в талых породах [5]. В результате на контакте мерзлота - талик образуется интенсивная отраженная волна *RR*, распространяющаяся вдоль дневной поверхности мерзлых пород. Помимо *RR* волны, часть энергии «переизлучается» в продольную волну типа *RP,* которая распространяется с той же скоростью, что первичная продольная *P* волна. Волны *P* и *RP* различаются частотами: первичная волна *P* имеет высокую частоту, а переизлученная (обменная) *RR* – существенно ниже, равную волне *R*. На контакте талик–мерзлота, образуется и волна типа *PR*. На величину амплитуды вторичных волн влияет соотношение ширины талика к длине продольной волны *P*. Несмотря на влияние указанных параметров волн на интенсивность вторичных волн, примечательно то, что поверхностные талики, какой бы малой ширины они не были, уверенно выделяются на первичных сейсмических материалах, не подвергшихся процедурам фильтрационной обработки.

Поверхностные талики выделяются и в тех случаях, когда они непосредственно не пересекаются профилями, а находятся в стороне от них на некотором удалении. При этом, вторичные волны регистрируются на больших временах, а их годографы могут иметь криволинейную форму. Кратчайшее расстояние от профиля до талика, находится в точке проекции минимума криволинейного годографа *RR* волны на профиль.

Широкие поверхностные талики, включая непромерзшие озера, на сейсмограммах отмечаются не только перечисленными особенностями волновой картины, но их влиянием на отраженные волны. Из-за малых скоростей в таликах и воде, годографы отраженных волн

«изгибаются» вверх за счет запаздывания (увеличения времени прихода к поверхности). По величине этого времени запаздывания можно оценить мощность поверхностного талика. Для точного ее определения необходимо знать скорости волн в талых породах в каждом конкретном случае. Широкие талики фиксируются не только изгибами годографов отраженных волн, но и резким понижением частоты волн в пределах тощи талых пород по сравнению с участками многолетнемерзлых пород.

Рассмотренные особенности волнового поля над узкими поверхностными таликами полностью проявляются на сейсмограммах, полученных при работах любым из методов. В частности, при проведении опытно-методических исследований, выполненных для картирования рельефа плотика корреляционным методом преломленных волн (КМПВ) при поисках и разведке глубокозалегающих и погребенных россыпей на Северо-востоке России и были получены данные, послужившие основой для изучения влияния поверхностных таликов на поле сейсмических волн [3;6].

На основе установленных критериев, характеризующих поверхностные талики в волновых полях, сейсморазведка в опытном порядке применялась в Магаданской области при выборе участков вскрыши талых пород (торфов и песков) для добычи россыпного золота в осенний и весенний периоды [2; 8]. Поскольку, при поверхностных источниках колебаний наиболее интенсивной является рэлеевская волна R, она же и наиболее «чувствительная» к поверхностным сейсмоакустическим неоднородностям. Генератором служила 20 кг кувалда, удары которой делались по небольшой металлической плите. Колебания регистрировались трехканальной цифровой сейсмостанцией ССЦ-3 (Талгар) с накоплением многократных воздействий.

Особенности волновых полей позволяют по первичным сейсмическим материалам картировать зимой поверхностные талики и, что особенно, важно шириной до первых метров. Густая сеть профилей, отрабатываемая при нефтепоисковых и разведочных работах методами МОВ и МОГТ, позволяет проводить картирование поверхностных таликов в крупных масштабах. Немаловажным является и то, что получаемые результаты не требуют проведения специальных исследований и, по существу, являются бесплатными.

Литература

1. *Ведерников Е.И., Седов Б.М.* Результаты натурного моделирования волновых полей землетрясений при распространении волн через акустически контрастные вертикальные неоднородности, выходящие на дневную поверхность // Материалы III научно-технической конференции «Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России». 9-15 октября 2011г., Петропавловск-Камчатский. Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 233-239.

2. *Домбровский Г.А., Толпегин Ю.Г., Мусин Л.М., Седов Б.М.* Использование рэлеевских волн при выборе участков для осенне-зимней вскрыши торфов // Колыма, 1977. № 8. – С. 31-35.

3. *Крутоус В.И., Кыштымов А.И., Рощин Г.И., Седов Б.М.* Погребенные россыпи бассейна р. Берелех, методика их поиска и оценки // Колыма, 1976. № 9.- С. 40-43.

4. *Лещук Ф.А., Забелин Ю.М.* Учет скоростных неоднородностей верхней части разреза при сейсморазведке МОВ на севере Западно-Сибирской плиты // Геология и геофизика, 1976. № 2. С.-151-155.

5. *Рыкунов Л.Н., Фам Вам Тхук.* Изучение влияния локальных неоднородностей на поле рэлеевских волн // Изв. АН СССР. Физика Земли, 1972. № 5. – С. 65-72.

6. *Седов Б.М.* Сейсмические исследования в районах многолетней мерзлоты. М.: Наука, 1988. – 180 с.

7. *Седов Б.М., Мишин С.В., Чулков Г.Ф.* Экспериментальные данные о взаимном обменен продольных и поверхностных волн // Физика Земли, № 8, 1976. – С.25-30.

8. *Седов Б.М., Чулков Г.Ф., Мусин Л.М.* Использование рэлеевских волн для поиска и прослеживания таликов в районах развития многолетней мерзлоты // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Магадан: кн. изд-во, 1977. Вып. 23, кн. 1.- С.251 – 254.

9. *Якупов В.С.* Геофизика криолитозоны. Якутск: ГЕОС, 2008. - 325 с.
10. *Sedov B.M., Vedernikov E.I.* Field modeling on influence of contrast surface acoustic heterogeneity on close eartquakes seismic waves passing // VIII General Assambly of Asian Seismological Comission (ASC2010): Mitigating seismic hazards and disasters in Asia, 8-10 November 2010, (Hanoi - Vietnam). S – 13.

ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

В.Б. Спектор, Р.В. Чжан, Я.И. Торговкин, А.А. Шестакова, В.В. Спектор
Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, vbspector@mpi.ysn.ru

CEOTECHNICAL MAPPING OF NE RUSSIAN PERMAFROST REGIONS

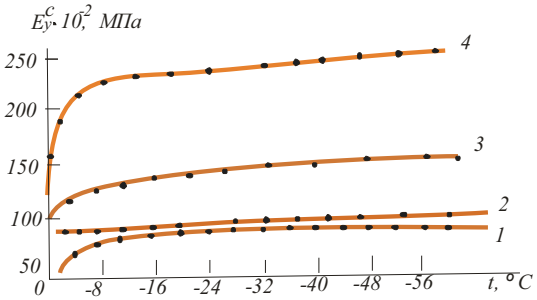
V.B. Spektor, R.V. Zhang, Ya.I. Torgovkin, A.A. Shestakova, V.V. Spektor
Melnikov Permafrost Institute, SB RAS, vbspector@mpi.ysn.ru

Северо-Восток России, охватывающий территорию Республики Саха (Якутия), Магаданской области и Чукотки является одним из наименее изученных в инженерном отношении регионов нашей страны. В настоящее время этот регион начал рассматриваться не только как наиболее удаленная от Центра часть России, но и как важный центр, связывающий перспективные транспортные направления Европы, Азии и Америки. Для развития этого региона и в частности, планирования транспортных путей, представляется важным опережающее составление обзорной инженерно-геологической карты масштаба 1:2500000. Основной особенностью рассматриваемой территории является принадлежность её к области развития криолитозоны. Территория характеризуется преимущественным распространением сплошной мерзлоты, а на крайнем юге прерывистой и островной мерзлоты. Температура криолитозоны меняется с севера на юг от -15° С до 0° С. В пределах этой территории распространены различные типы скальных и дисперсных грунтов, свойства которых существенно меняются в зависимости не только от их литологического состава, но и от их криогенных особенностей. Представляется необходимым объединение в единой системе всех свойств картируемых мерзлых грунтов и выделение на карте таких объединенных «систематизированных» единиц. При таком методе выделения единым контуром (одним полигоном) выделяются виды грунтов одного состава с близкими геокриологическими особенностями: температурами и льдистостью. Ниже предлагается обоснование и вид легенды инженерно-геологической карты при системном подходе к инженерно-геологическому картированию.

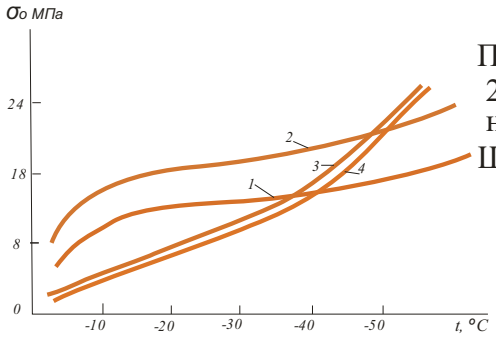
Под криогенной геосистемой понимается «геологическое тело (совокупность тел), соответствующее определенному уровню организации геологической среды вместе с совокупностью ледяных элементов…» [1, с. 44]. Основной картируемой единицей на предлагаемой карте является грунтовое тело, которое мы принимаем в качестве криогенной системы. На инженерно-геологической карте эта система представлена различными видами и разновидностями мерзлых грунтовых тел. Элементарная криогенная система (мерзлое грунтовое тело) состоит из литогенной и криогенной составляющих. Литогенная составляющая рассматриваемой системы является системообразующим фактором [1]. Структура этой составляющей (гранулометрия, минералогический состав, состав и вид связующего вещества, текстура, трещиноватость, плотность, влажность и пр.) во многом определяют криогенную составляющую (льдистость, криогенные текстуры, общую влажность и пр.). Вместе криогенная и литогенная составляющая определяют физические свойства грунтовых тел и, в конечном итоге, их инженерно-геологические свойства. Исходя из примата литогенной составляющей в систематизации мерзлых природных образований, их иерархия в легенде инженерно-

геологической карты может быть построена на иерархии геологических тел. Ранжирование картируемых тел в рамках развиваемой модели в восходящем ряду выглядит следующим образом: виды и разновидности мерзлых грунтовых тел – подгруппы группы мерзлых грунтовых тел (магматические, метаморфические, осадочные и их сочетания) – группы мерзлых грунтовых тел (мерзлые скальные, полускальные, сочетание мерзлых полускальных и дисперсных, мерзлые дисперсные несвязные, мерзлые дисперсные связные) – классы мерзлых грунтов (мерзлые скальные и мерзлые дисперсные). Виды и разновидности грунтовых тел выделены на карте цветами и оттенками цвета.

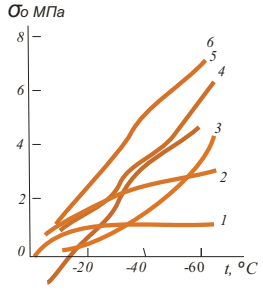
Зависимость деформационных свойств мерзлых грунтов от температуры
(из Основы..ч.2, 1996)



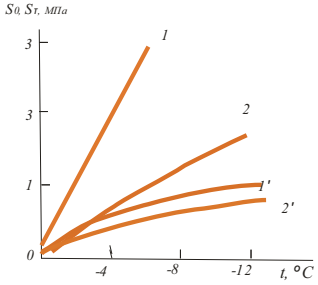
Статический модуль упругости (ультразвук. испытания): 1-торф, 2-лед, 3 - заторфованный песок, 4 -песок (по Л.Т. Роман, 1987)



Прочность на сжатие : 1 - лед, 2 - песок, 3, 4 - глина с естественным и нарушенным сложением (по Е.П. Шушериной и др., 1974)



Прочность на разрыв : 1-лед, 2 - песок с влажностью 10%, 3-6 -суглинок с влажностью, соответсвенно, 10, 12, 15,18% (по Е.П. Шушериной и др., 1974)



Прочность на сдвиг: 1, 1' - суглинок пылеватый временное и предельно длительное сопровтивление, 2, 2' - глина, то же (по Н.А. Цытовичу, 1973)

Рис. 1. Зависимость деформационных свойств мерзлых грунтов от температуры [2]

Криогенная составляющая, представленная ледяными включениями или льдом, является подвижным компонентом криогенной геосистемы, свойства которого меняются в зависимости от температур. В области температур от 0° С до полного замерзания породы, когда формируется мерзлая структура, существует область температур в которой грунты имеют неустойчивое термодинамическое и физическое состояние. Грунты в таком состоянии определяются как пластично-мерзлые. Для разных по составу грунтов, для разной степени засоленности и для разных видов прочностных характеристик этот диапазон меняется. На рис. 1 показаны эти зависимости. Модуль упругости различных видов дисперсных грунтов особенно интенсивно меняется в области температур от 0° до -5° С [3], прочность на сжатие от 0° до -10° С, прочность на разрыв от 0° до -8° С, на сдвиг - от 0° до -5° С [5]. На ряде графиков показана зависимость прочностных свойств от льдистости (влажности).

В связи с этим представляется целесообразным в легенде геокриологические свойства криогенных геосистем показать в виде отдельных знаков для пластично-мерзлых и твердомерзлых разновидностей, разделив их на группы по температурам: 0÷-1°; -1°÷-3°; -3°÷-5°; ниже -5° С. Влажность (льдистость) оценивается в каждом из диапазонов на качественном уровне (большая, средняя, слабая).

На карте будут показаны также экзогенные и эндогенные геологические процессы, гидрогеологические условия.

По своим основополагающим принципам предлагаемая карта представляет собой обобщенную графическую модель инженерно-геологических условий, совмещенную с топографической основой [4, с. 5]. Отдельные компоненты карты, отражающие виды или группы видов инженерно-геологических условий, а также топографическая основа представлены в виде цифровых моделей в формате ArcGis (.shp). По своему содержанию предлагаемая карта является *синтетической специальной,* то есть такой, на которой инженерно-геологические условия характеризуются комплексно, но делается упор на один из компонентов условий.

Литература

1. *Мельников В.П., Хименков А.Н., Брушков А.В., Власов А.Н., Волков-Богородский Д.Б., Самсонова В.В.* Криогенные геосистемы: проблемы исследования и моделирования. Н.: Академическое изд-во «ГЕО», 2010.

2. Основы геокриологии. Ч. 2. Литогенетическая геокриология / Под ред. Э.Д. Ершова. - М.; Изд-во МГУ, 1996. - 399 с.

3. *Роман Л.Т.* Мерзлые торфяные грунты как основания сооружений. Новосибирск, 1987. 222 с.

4. *Трофимов В.Т., Красилова Н.С.* Инженерно-геологические карты: учебное пособие. М.: КДУ, 2007. - 384 с.

5. *Цытович Н.А.* Механика мерзлых грунтов. М., 1973. 447 с.

ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУР ГРУНТОВ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ

Стюарт А. Харрис
Университет Калгари, географический ф-т, Канада

GEOCRYOLOGICAL MAPPING OF GROUND TEMPERATURES AND PERMAFROST DISTRIBUTION.

Stuart A. Harris
Department of Geography, University of Calgary, Canada.

The Problem.

Permafrost is ground that remains below 0˚C for more than two years (ACGR, 1988) and occurs on approximately 24% of the land surface of the Northern Hemisphere. In order to develop the use of these regions, it is essential to know where the permafrost is, together with its properties.

These areas are vast, and information on permafrost there is limited. Obtaining data is costly, so presenting the available data on maps helps in planning. Increasingly geophysics, satellite imagery and modeling are being used to augment field and laboratory measurements, but these introduce their own assumptions.

Zonation of permafrost.

After permafrost was described by Middendorf in 1861, Russian scientists developed the idea of *zonation,* separating out intensity of the development of permafrost. Thus Sumgin (1940) used ground temperature at 10-15m depth as follows:

Continuous permafrost: <-5˚C.

Discontinuous permafrost: -5˚ to -1.5˚C.

Sporadic permafrost: >-1.5˚C.

Subsequently, these classes were used internationally, but the definitions were redefined to reflect the percentage of the area underlain by permafrost, since this was more useful to engineers.

A 4th category, isolated patches, was introduced by Heginbottom et al. (1995).

North-south variation in permafrost in the Northern Hemisphere (Ershov, 1990).

The presence of relic permafrost from previous cold events, changing climate, as well as fire complicate the pattern of distribution.

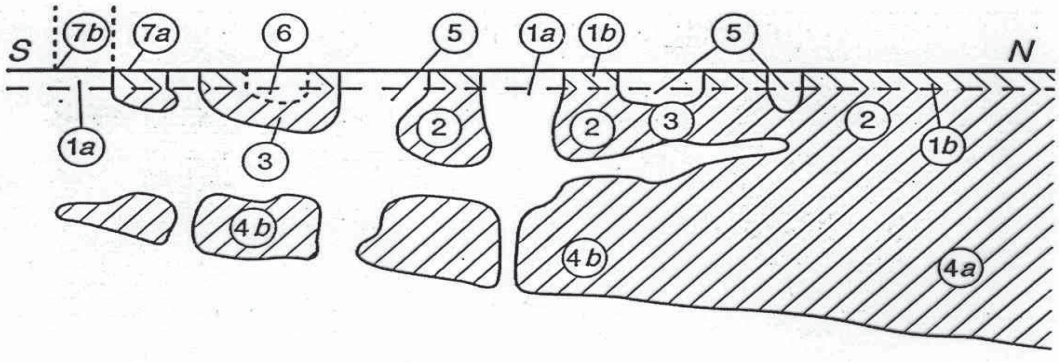
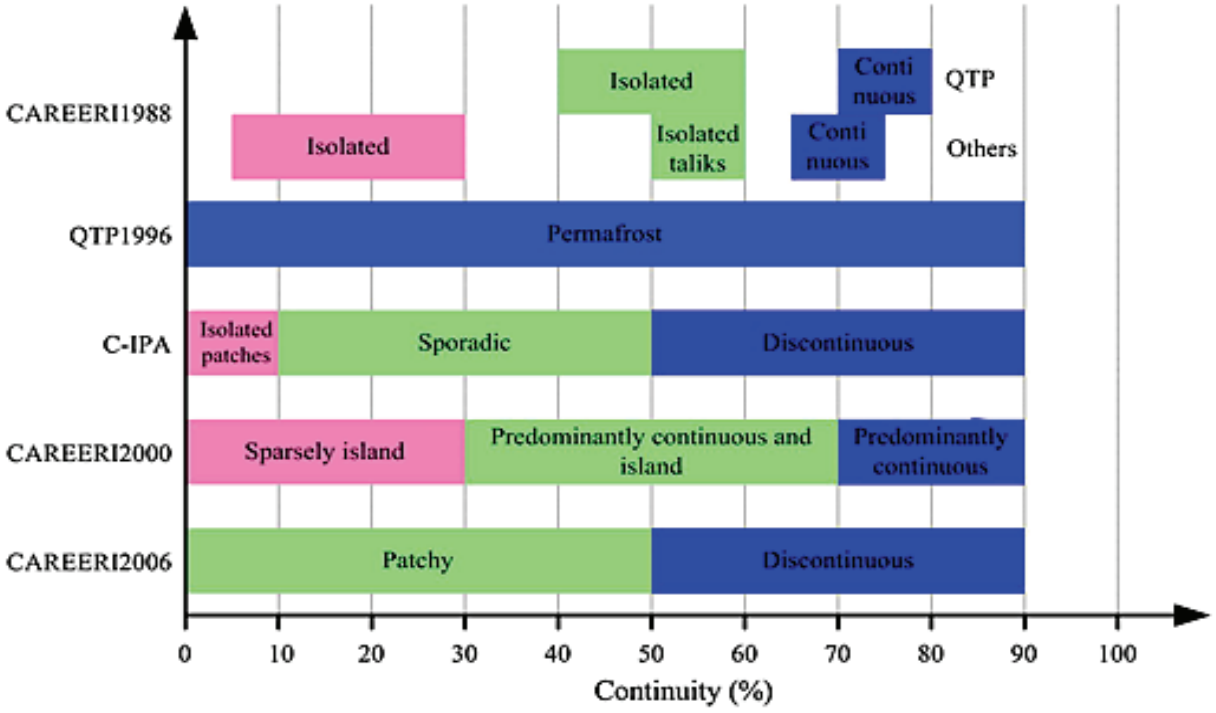
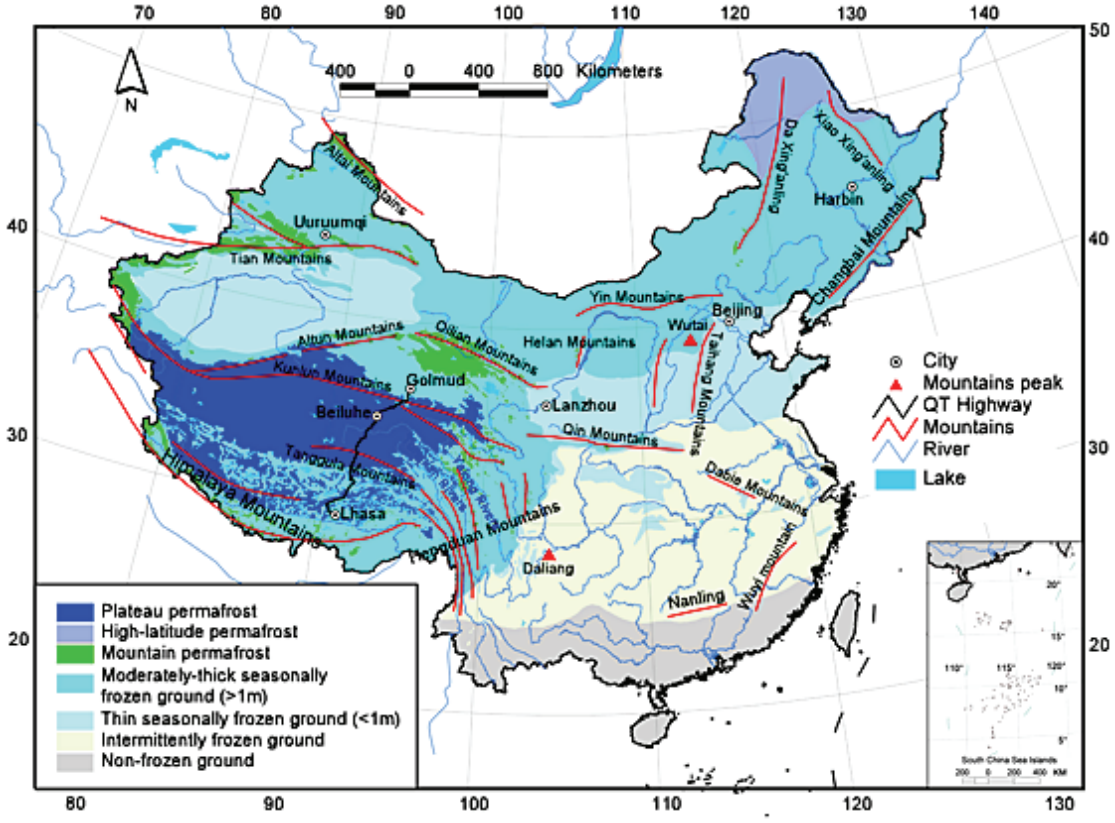


Fig. 4. Change of character of the permafrost from south to north: 1 – layer of seasonal ground freezing (*a*) and of seasonal thawing (*b*); 2 and 3 – contemporary continuous and discontinuous permafrost, respectively; 4 – relict continuous (*a*) and discontinuous permafrost (*b*); 5 and 6 – open and closed taliks, respectively; 7 – southern limits of present (*a*) and relict permafrost (*b*).

Variations in definitions.

In actual practice, different authors in a given country use different definitions of the mapping classes. There are also great variations in their use between countries. This creates problems in creating regional maps crossing political boundaries. As a result, new classes of mapping units are appearing in recent publications.





Chinese permafrost distribution from Ran et al. (2012). Note the absence of the zonation classes.

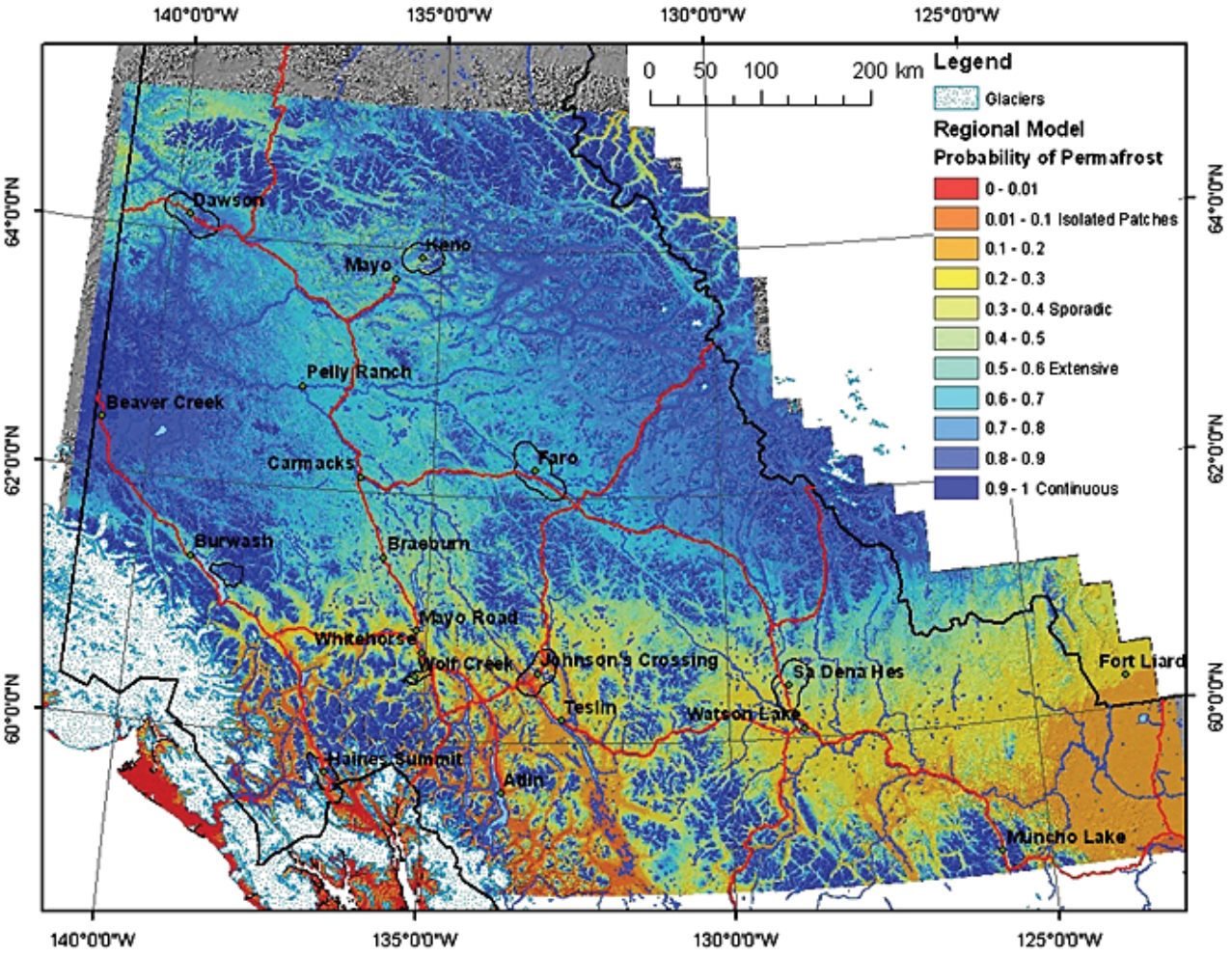
Definitions.

Mountain permafrost is permafrost occurring in complex mountain terrain affected by topography and cold air drainage. It has the normal zonation when studied in detail.

Plateau permafrost refers to all permafrost occurring above about 4000m on the Qinghai-Tibet Plateau. It includes both mountain permafrost and latitudinal permafrost. It has been applied inconsistently to the permafrost in the Rocky Mountains south of the 60˚ parallel, but not further north, though the zonation, processes, and mapping/cartographic problems are the same.

Latitudinal permafrost includes all the other types of permafrost (sporadic to continuous) including mountain permafrost.

Probability Maps.

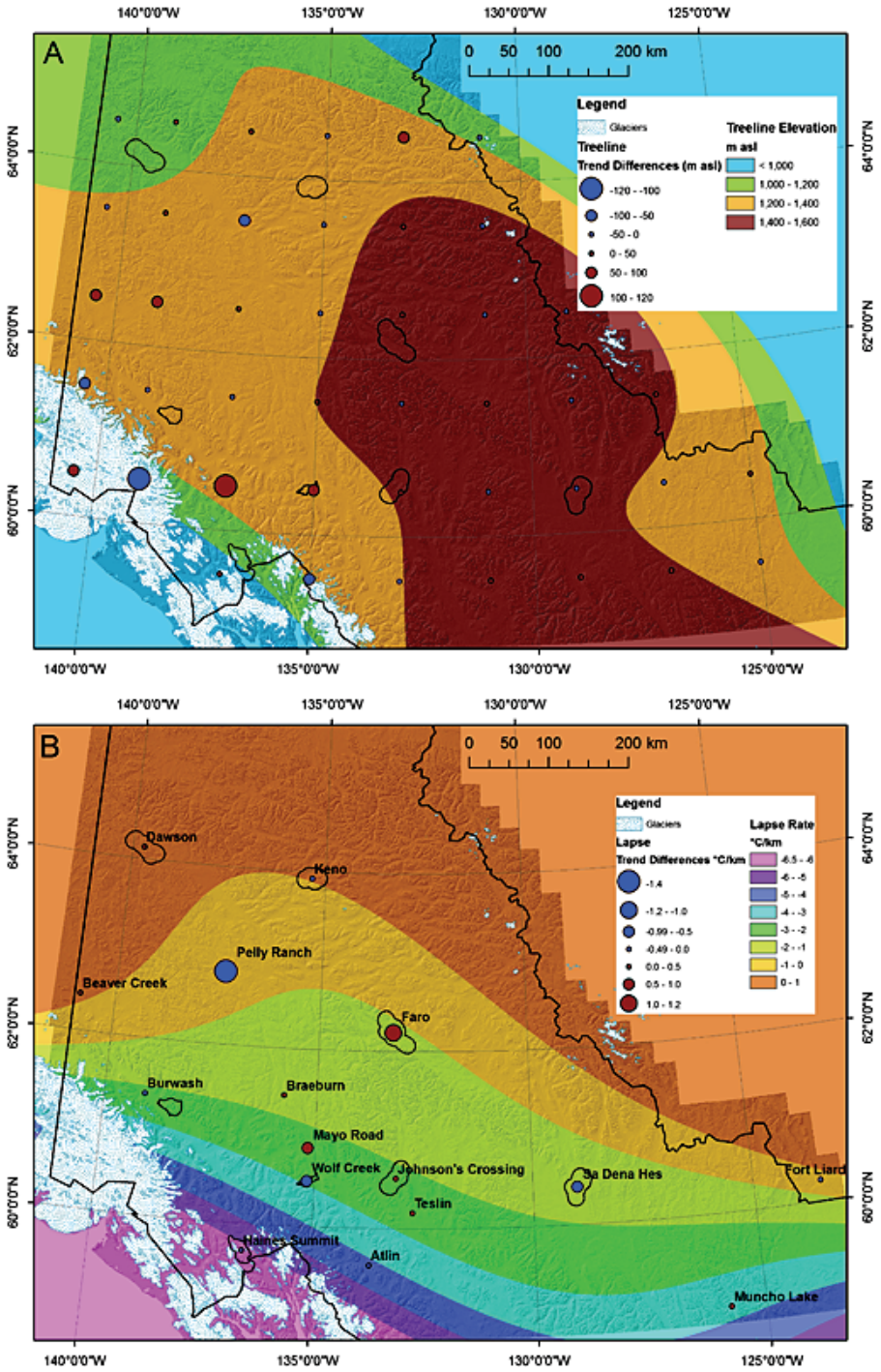


Bonnaventure et al. (2012) introduced "probability of permafrost" maps, based on modeling some of the key factors. The scale of 0.0-1.0 is calculated by superimposing the results of the models (plus their errors).

Examples of errors in the data sets.

Unfortunately, no allowance was made for cold air drainage and its effects, while the climatic data is for short periods (10-15 years) covering different periods of time.

As a result, the reliability of the values is not as high as possible.



A. Tree-line elevation. B. Lapse rate

Other problems.

1. The variability in methods used to obtain ground temperatures and the duration of the measurements.

2. The fact that weather and climate are constantly fluctuating, and there is usually a longer-term trend of change often affecting a given place. These changes vary from place to place.

3. The natural variation in the thermal properties of the surficial materials, including moisture content. The latter is usually in a state of constant change.

4 . The effect of scale on what can be shown on the map.

5. A fundamental assumption in mapping is that there is a smooth, continual change between the data points in the study area. In actual practice, there are many different controls of permafrost temperatures that vary in short distances as indicated by the *mean annual thermal offset*. This is the

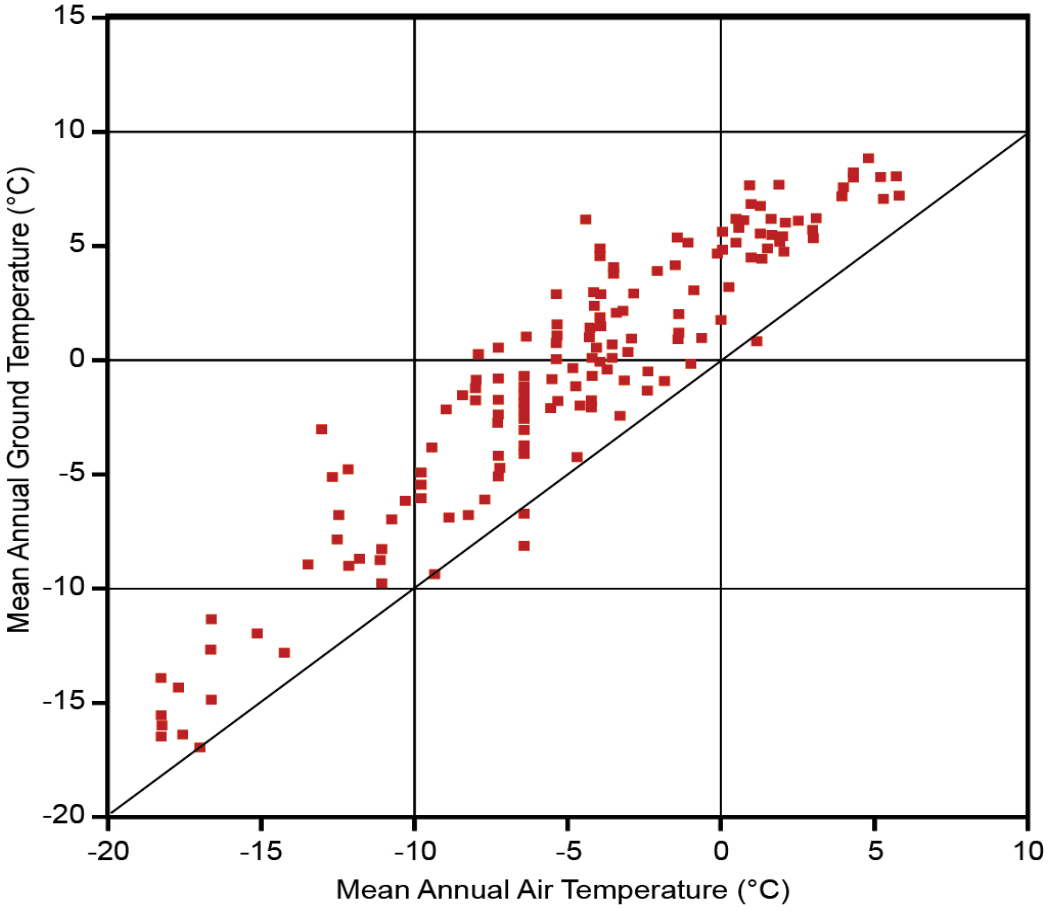
resulting product of a series of offsets at discontinuities between layers between the atmosphere and the underlying rock. This is discussed below.

Mean annual thermal offset.

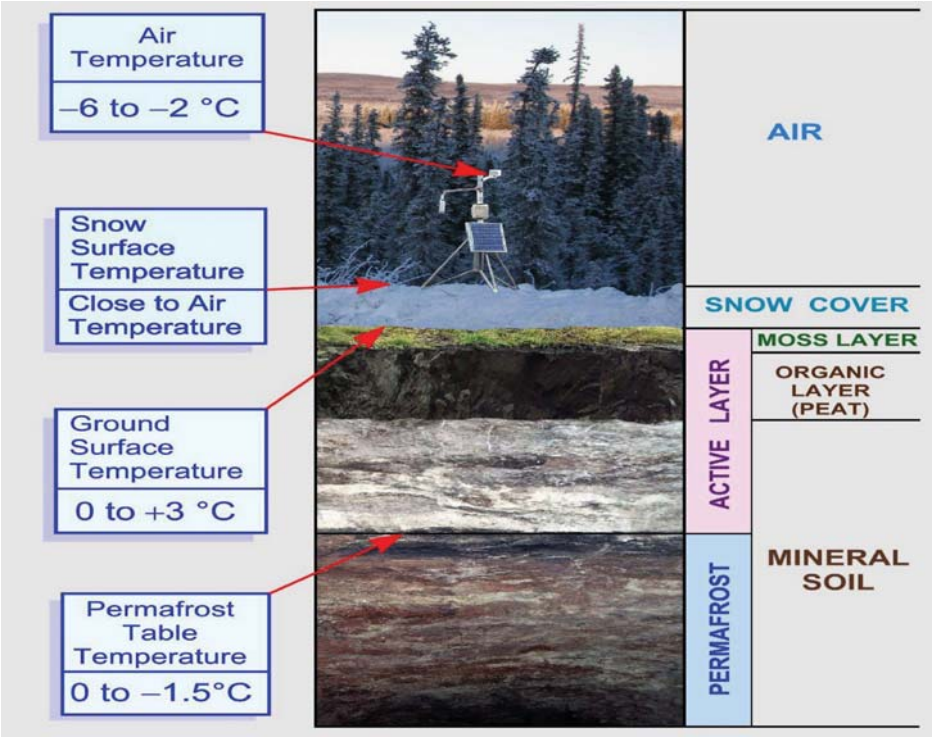
This explains a major part of the problem. Originally introduced by Kudryavtsev et al. (1994), this is the sum of the thermal offsets between the atmosphere and the underlying rocks. Each layer has different thermal properties:

a. The tree offset at the top of the forest canopy.
b. The ground vegetation offset.
c. The snowpack offset.
d. the organic layer offset.
e. The A horizon offset.
f. The mineral soil offset.

In addition, there will be exposure and slope offsets involved. These can vary enormously in short distances, depending on which layers are present during the averaged time period. The time period represented must always be specified.



The effect of the varied mean annual thermal offsets is to produce a poor correlation between mean annual air and ground temperatures, with the ground temperatures generally being higher than the air temperatures. Data from Canada and Scandinavia.



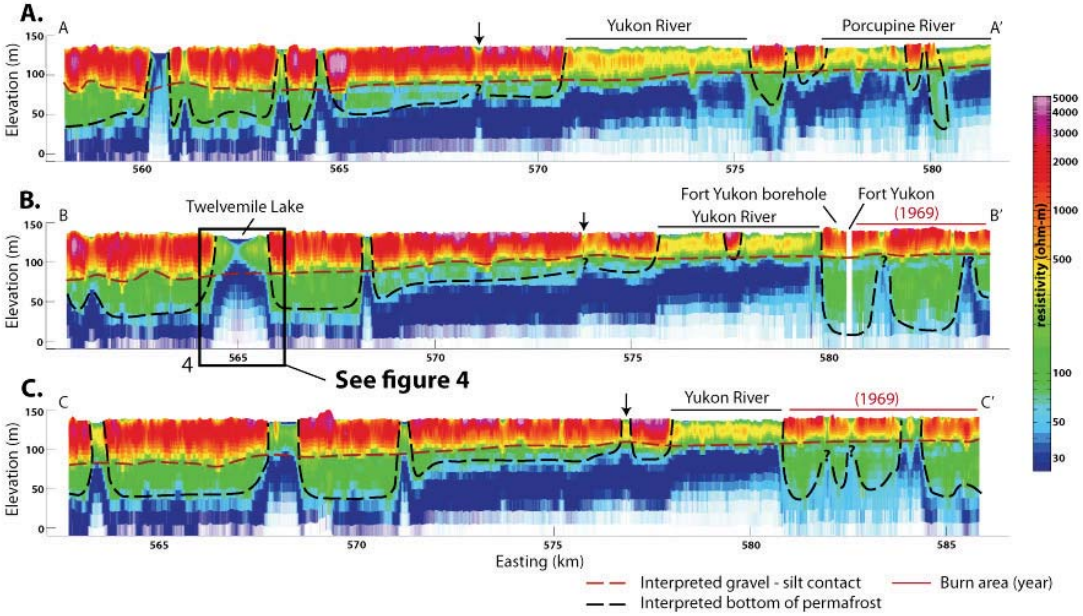
Thermal offsets near Fairbanks in winter (Romanovsky et al., 2011).

Note that these are continually changing throughout the seasons, so the annual average shows less total variabilty (c.1-3.7˚C in this case)

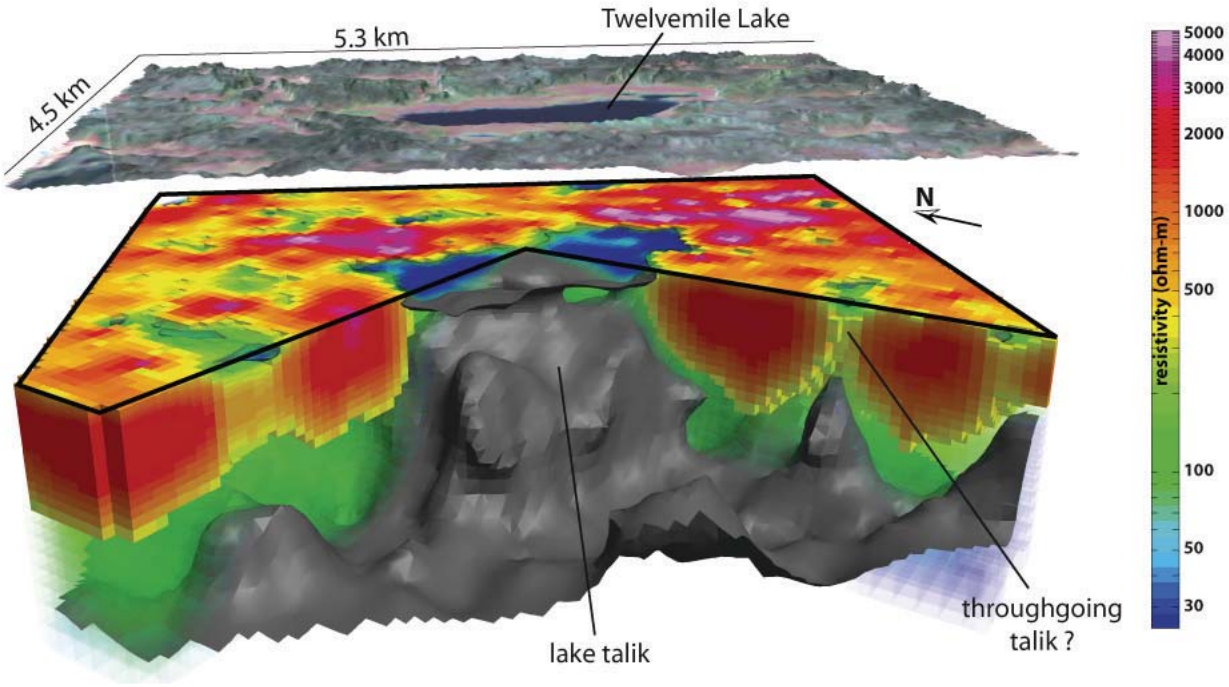
Local Variability in ground temperatures

To make a map of permafrost distribution, it is necessary to assume that the field measurements are typical of a large surrounding area, and that there is a gradual change to the condition found in the next borehole. Unfortunately this does not often occur in nature due to the local variations in the factors controlling ground temperatures.

The surface of the permafrost table varies in very short distances in most environments throughout the areas of sporadic and discontinuous permafrost, as can be shown by closely spaced boreholes or geophysical traverses (ground or airborne) as is indicated in the following examples.



Airborne electrical resistivity traverse at the junction of the Yukon and Porcupine Rivers, Alaska (Abraham, 2011).



Detail of variability in ground temperature around Twelvemile Lake, Alaska, based on an airborne resistivity survey (Abraham, 2011).

A - In well-drained gravels **B - In poorly drained loess.**

Additional evidence of abrupt local variability is provided by thermokarst pits where ice blocks, 3-4m in diameter and over 2m in thickness have melted out and the surface soil has collapsed into the cavity (examples from around Fairbanks, Alaska).

Conclusions.

1. Small-scale maps of large areas.

These inevitably cannot show much detail of the actual variability in the properties of permafrost, but are valuable as a general guide to its distribution and temperature. Attributes such as moisture content and active layer thickness may be too variable over short distances to give the reader a proper idea of what is there.

2. Medium-scale maps.

These have the same problems as small-scale maps.

3. Large-scale maps of small areas.

These can depict the local variability better, especially if geophysical methods are employed with ground temperature measurements as a control. On their own, the latter may miss underground drainage ways, unless the boreholes are closely spaced.

References

Abrham, J., 2011. A promising tool for subsurface mapping… USGS Fact Sheet 2011-3133.

ACGR, 1988. *Glossary of permafrost and related ground ice terms.* Permafrost Subcommittee, Associate Committee on Geotechnical Research, National Research Council of Canada Building Research Division, Ottawa. Technical Memorandum #142, 156p.

Bonnaventure, P. P., Lewkowicz, A. G., Kremer, M. and Sawada, M. C., 2012. A probability model for the Southern Yukon and Northern British Columbia, Canada. *Permafrost and Periglacial Processes,* 23(1): 52-68.

Ershov, E. D., 1990. *Obshchaya Geokriologiya.* Nedra. [In Russian].

Heginbottom, J.A., Dubreuil, M. A. and Harker, P. T., 1995. Canada – Permafrost. In: *National Atlas of Canada.* Ottawa, Natural Resources, Canada, Map 2.1. Kudryavtsev, V. A., 1974.

Ran, Y., Li, X., Cheng, G., Zhang, T., Wu, Q., Jin, H. and Jin, R., 2012. Distribution of permafrost in China: An overview of permafrost maps. *Permafrost and Periglacial Processes,* 23($): 322-333.

Romanovsky, V., Jafarov, E., Genet, H., McGuire, D. and Marchenko, S. S., 2011. *Fire and Permafrost.* FRI-0850_VRomanovsky.pdf (accessed on 30th March, 2013).

Sumgin, M. I., 1940. *Obshchee Merzlotovedenie.* Moscow, Russian Academy od Sciences: 340 p. [In Russian].

ПРИНЦИПЫ РАЙОНИРОВАНИЯ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ ПО МЕРЗЛОТНО-ТЕРМИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВОЙ ТОЛЩИ

И.Е. Трофимова, А.С. Балыбина

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, trofimova@irigs.irk.ru, balybina@irigs.irk.ru

PRINCIPLES OF ZONING OF THE WEST SIBERIAN PLAIN ACCORDING TO THE CRYOSOLIC-THERMAL STATE OF THE SOIL AND GROUND LAYER

I.E. Trofimova and A.S. Balybina

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, trofimova@irigs.irk.ru, balybina@irigs.irk.ru

Широтные изменения современного состояния природной системы в целом или ее отдельных компонентов являются главной региональной особенностью Западно-Сибирской равнины. Во второй половине XX в. решению актуальных проблем природного районирования территории [3] и различных компонентов природных условий [4, 6] уделялось большое внимание. В связи с тем, что значительную часть рассматриваемого региона занимают многолетнемерзлые породы, весьма активно решаются теоретические вопросы геокриологии и инженерной геологии. Осуществлено геокриологическое и инженерно-геологическое районирование территории [1, 7].

В условиях значительных техногенных нарушений земной поверхности в результате активного хозяйственного использования территории, главным образом ее северных районов, и современного потепления климата особое значение приобретает изучение закономерностей пространственного изменения мерзлотно-термического режима почв до глубины 3,2 м (почвенно-

грунтовой толщи). Именно до этой глубины по вытяжным термометрам выполняются режимные наблюдения на сети метеорологических станций России. Вместе с тем, такого рода информация в отдельных районах Западно-Сибирской равнины весьма ограничена. Но, поскольку тепловой режим почвы в большой степени формируется под влиянием климатических условий, то при исследовании изменений в пространстве и во времени ее мерзлотно-термического состояния важное место занимают знания о Западно-Сибирской климатической системе в целом. Поэтому оценка и районирование территории по данному признаку проводятся с учетом климатических особенностей.

Как известно, природную зональность главным образом определяют пространственные изменения показателей тепла и влаги и их соотношений. Основное направление изучения особенностей климата территории – его типизация и климатическое районирование. Главные принципы типизации (классификации) климата заложены в работе [2]. В определении типов климата в качестве показателей термических условий теплого периода года использовались данные о суммах средних суточных температур воздуха выше 10^{o}C на уровне земной поверхности, которые тесно связаны с величинами радиационного баланса. Для характеристики атмосферного увлажнения взят индекс сухости, выражающий отношение величины испаряемости за апрель–октябрь к сумме атмосферных осадков за тот же временной интервал. Оценка термических условий холодного периода произведена по суммам средних суточных температур воздуха ниже -10^{o}C. Снежность зим представлена высотой снежного покрова, зафиксированной в период наибольшего снегонакопления.

Согласно широтному изменению температуры воздуха и более сложному распределению в пространстве атмосферных осадков, выделены климатические зоны и подзоны, которые хорошо согласуются с четкой природной зональностью на территории Западно-Сибирской равнины. Важно более подробно оценить климатические условия самых северных районов (п-ов Ямал и Гыданский п-ов), так как здесь практически сплошное распространение многолетнемерзлых пород [7], а наблюдения за температурой почвы на достаточно редкой сети метеостанций отсутствуют. Для арктической и субарктической северной тундры характерны очень холодное (нет температур воздуха выше 10^{o}C) и избыточно влажное (индекс сухости менее 0,5) лето и суровая (суммы температур воздуха ниже -10^{o}C варьируют от -4500 до -3200^{o}C) малоснежная зима. В субарктической южной тундре суровость климатических условий несколько снижается. Отмечены суммы температур воздуха выше 10^{o}C (менее 600^{o}C), увлажнение сохраняется повышенное (индекс сухости менее 1). Климатические условия зимы близки к предыдущей ситуации (суммы температур воздуха -4200 – -3000^{o}C). Между тем следует отметить, что на п-ве Ямал и Гыданском п-ве и летние, и зимние температуры воздуха весьма значительно варьируют в пространстве. Причем климат в западной части тундры (п-ов Ямал) менее суровый, чем в восточной части (Гыданский п-ов). Также неравномерно по площади распределяется и снежный покров. Из-за сильных ветров повышенные участки нередко вообще лишены снега.

В лесотундровой зоне и подзоне северотаежных лесов, где характерно совместное распространение многолетнемерзлых и сезонномерзлых пород [7], с широтой суммы температур воздуха выше 10^{o}C возрастают от 600 до1200^{o}C, а индекс сухости около 0,9–1,3. Суммы зимних температур воздуха ниже -10^{o}C находятся в пределах -3000 – -2500^{o}C. Высота снега, зафиксированная по постоянным рейкам на открытых участках площадок метеостанций, достигает 50 см и более, а на защищенных от ветра участках она на 10-30 см выше. Значительно больше мощность снежного покрова в лесу под кронами деревьев, чем в поле (снегомерные съёмки).

По мере продвижения к югу от северной тайги отчетливо выявляется закономерное и постепенное повышение теплообеспеченности и убывание увлажненности территории. На крайнем юге равнины (лесостепь и степь) суммы температур воздуха выше 10^{o}C составляют 2200–2400^{o}C (достаточная теплообеспеченность), а индекс сухости более 2,5 (увлажнение недостаточное). Зимы малоснежные, а суммы температур воздуха ниже -10^{o}C варьируют от -1700 до -2400^{o}C.

Климатическая оценка территории проведена по средним многолетним метеорологическим показателям. Но, поскольку в последнее столетие зафиксировано глобальное потепление климата,

а на территории России оно отчетливо проявилось с середины 1960-х гг., то целесообразно оценить данную ситуацию на территории Западно-Сибирской равнины. Так, в Приуральском (Салехард–Ишим), Центральном (Тарко-Сале–Татарск), Приенисейском (Дудинка–Северо-Енисейск) долготных секторах отмечена тенденция к незначительному повышению средних месячных температур воздуха июля. В период с 1961 по 2010 гг. она выросла на 0,4–1,0°С относительно средних многолетних значений до 1960 г. Несколько иная ситуация сложилась по средней месячной температуре воздуха января. На северных метеостанциях зафиксирован ее небольшой отрицательный тренд. Здесь до 1960 г. она была на 0,1–0,5°С выше, чем в период 1961–2010 гг. Южнее температура воздуха января, наоборот, за 1961–2010 гг. повысилась на 0,1–2,0°С по сравнению с температурой до 1960 г.

Районирование Западно-Сибирской равнины по мерзлотно-термическому состоянию почв основывается на базе данных, получаемых на метеостанциях. Однако на севере (п-ов Ямал, Гыданский п-ов) наблюдения за температурой почвы на метеостанциях отсутствуют. Мало их в лесотундре и северной тайге. Для этих районов при оценке мерзлотно-термического режима почв привлекался комплекс природных факторов: распространение и среднегодовые температуры многолетнемерзлых и талых пород [1], состояние и изменение геокриологических условий [5], дифференциация растительности [6]. Хорошим дополнением явилась выявленная связь температуры почвы с температурой воздуха и мощностью снежного покрова.

На основе предварительного анализа большого массива многолетних данных по температуре почвы выбрана характеристика максимальной информативности. Это самые высокие и самые низкие месячные температуры независимо от времени их фиксирования в годовом цикле на отдельных глубинах почвенного профиля, т.к. они отражают суммарный эффект накопления в почве тепла или холода [8, 9]. Данные показатели, а также глубина сезонного промерзания или оттаивания вполне достаточны для общей оценки многолетнего мерзлотно-термического режима почвы и его типизации (систематизации).

Изменение температуры с глубиной и ее пространственная дифференциация оценивается с помощью вертикальных профилей многолетних средних месячных значений самой высокой и самой низкой температур, построенных по данным метеостанций. От лесотундры до степей диапазон самой высокой температуры на глубине 0, 2 м составляет 16°С (температуры 7–23°С соответственно), на глубине 3,2 м он равен 13°С (температуры от -3 до 10°С). Диапазон самой низкой температуры на глубине 0,2 м достигает 12°С (в лесотундре -13, в степи -1°С). На глубине 3,2 м температура -6°С (лесотундра) и 3°С (степь). Указанные диапазоны могут быть расширены за счет характеристик мерзлотно-термического режима почв в северных районах (тундра). Все поле вертикальных температурных профилей систематизируется, т.е. разбивается на градации, количество которых зависит от диапазона пространственных изменений. Количественным значениям градаций придается качественная характеристика по степени нагревания и охлаждения почв. В целом именно систематизация мерзлотно-термического режима всей почвенно-грунтовой толщи является основой для районирования Западно-Сибирской равнины.

В условиях современного изменения климата важно определить отклик температуры почвы на эти изменения. Особенно важно знать ее многолетнюю динамику в районах с многолетней мерзлотой. Проанализирован ход средних месячных температур почвы на глубине 0,8 м по северным метеостанциям (Игарка, 1963–2008 гг. и Березово, 1937–2008 гг.). И самая высокая, и самая низкая температуры почв в Игарке значительно ниже, чем в Березово. Как в том, так и в другом случаях самая высокая температура имеет достаточно выраженный положительный тренд. В Игарке и самая низкая температура почвы, которая в этот временной период имела отрицательные величины, выражено растет, достигая в 2007–2008 гг. значений, близких к сезонным фазовым переходам влаги. Самая низкая температура на глубине 0,8 м в Березово на всем протяжении (1937–2008 гг.) находится практически в области фазовых превращений влаги. В такой ситуации современное потепление климата не вызвало существенного ее повышения, хотя слабая тенденция роста (тренд 0,1°С/10 лет) прослеживается. В результате средняя величина самой низкой температуры за 1979–2008 гг. составила -0,3°С, в то время как в предыдущем 30-летии (1949–1978 гг.) она была -0,8°С.

Таким образом, предлагаемый принцип районирования территории Западно-Сибирской равнины по мерзлотно-термическому режиму почв основан на поэтапном анализе: во-первых, оценка состояния климатической системы с учетом выделенных типов климата и выполненного климатического районирования; во-вторых, типизация (систематизация) мерзлотно-термических режимов, по результатам которой собственно и осуществляется районирование. Для общей оценки возможного изменения мерзлотно-термического состояния почв целесообразно определить реакцию температуры почвы на современные изменения климата.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (12–05–00819).

Литература

1. Геокриологическое районирование Западно-Сибирской плиты. М., Наука,1987, 221 с.

2. *Григорьев А.А., Будыко М.И.* Классификация климатов СССР // Изв. АН СССР, сер. геогр, 1959, № 3, с. 3–19.

3. Западная Сибирь. Природные условия и естественные ресурсы СССР. М., изд-во АН СССР, 1963, 488 с.

4. *Нечаева Е.Г.* Ландшафтно-геохимическое районирование Западно-Сибирской равнины // География и природ. ресурсы, 1990, № 4, с. 77–84.

5. *Павлов А.В.* Мониторинг криолитозоны. Новосибирск, изд-во Гео, 2008, 229 с.

6. Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск, Наука, 1985, 251 с.

7. *Трофимов В.Т.* Зональность инженерно-геологических условий континентов Земли. М., изд-во МГУ, 2002, 347 с.

8. *Трофимова И.Е.* Региональная оценка эколого-почвенно-тепловых ресурсов в Приуральской части Западно-Сибирской равнины // География и природ. ресурсы, 1995, № 2, с. 81–88.

9. *Трофимова И.Е.* Современное состояние и тенденции многолетних изменений мерзлотно-термического режима почв Прибайкалья // География и природ. ресурсы, 2006, № 4, с. 38–45.

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ МЕРЗЛОТНО-ЛАНДШАФТНЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ В КРИОЛИТОЗОНЕ РОССИИ

Н.В. Тумель, Н.А. Королева

МГУ имени М.В.Ломоносова, географический факультет ntumel@mail.ru, nkor65@mail.ru

GEOINFORMATION ANALYSIS OF CORRELATIONS BETWEEN PERMAFROST AND LANDSCAPE IN RUSSIA CRYOLITHOZONE

N.V. Tumel, N.A. Koroleva

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography ntumel@mail.ru, nkor65@mail.ru

Метод ландшафтной индикации, который является основой мерзлотно-инженерных оценок при проведении мерзлотных съемок в различных регионах криолитозоны, применяется с 30-х годов прошлого столетия. Использование этого метода позволяет экономить средства при получении мерзлотной информации. Масштаб исследований с применением ландшафтно-индикационного метода может быть различным: от мелкого — для оценочных, стратегических, научных целей до крупного — для исследований под конкретные сооружения.

Масштаб изысканий накладывает свои ограничения на эффективность метода ландшафтной индикации. Наиболее результативен такой анализ при среднемасштабных работах (1:25 000 – 1:100 000) на локальном уровне. Мелкомасштабные и обзорные исследования требуют более осторожного подхода к связи мерзлоты с ландшафтной ситуацией, хотя хорошо известно, что и в этом случае основой мерзлотного картографирования является ландшафтная карта. Наиболее

очевидным примером отсутствия достаточно жестких, определенных связей между ландшафтом и мерзлотой является южная граница криолитозоны России. Она, как хорошо известно, на западе Европейского Севера проходит по границе южной тундры, в Большеземельской тундре и Западной Сибири «режет» северную тайгу, опускается далеко на юг примерно по меридиану р. Енисей, сечет южную тайгу и степи Средней Сибири. Примерно такое же несоответствие наблюдается между границами ландшафтов и основными типами распространения ММП. Это наиболее очевидно при рассмотрении криолитозоны России в целом. Однако если рассматривать мелкомасштабные карты (от 1:2 500 000 и мельче) отдельных регионов (Европейский Север, Западная Сибирь, Якутия, Восточная Сибирь), ландшафтная индикация снова начинает работать весьма эффективно. Это, прежде всего, относится к аккумулятивным и денудационным равнинам, в пределах которых распространение, температура, глубина протаивания, а нередко и льдистость коррелируются теми или иными геосистемами. Горные территории, слабо изученные в мерзлотном отношении, картографируются на региональном уровне с учетом высотной ландшафтной поясности. Это наиболее эффективно для одной горной системы (например, горы Северо-Востока, Алтай, Саяны), но в целом для криолитозоны (как и на равнинах) один и тот же горный пояс имеет различное мерзлотное содержание.

С точки зрения взаимосвязи ландшафтов и типов распространения ММП на зональном уровне представляет интерес ГИС-анализ мерзлотно-ландшафтной карты масштаба 1:15 млн., основанной на ландшафтной карте А.Г. Исаченко масштаба 1:4 млн., которая была генерализована и дополнена мерзлотным содержанием, полученным в результате синтеза данных специальных карт СССР, России, отдельных регионов. На уровне авторской генерализации в криолитозоне на зональном уровне с учетом макрорельефа выделено 23 ландшафта, которые определенным образом соотносятся с типами распространения ММП. Первые результаты ГИС-анализа о распространении ММП в пределах крупных геоморфологических систем, геоморфологического «содержания» каждого типа ММП, количественные оценки (в %%) площадей геоморфологических систем и типов распространения ММП в криолитозоне были опубликованы в 2007 году. Цель данной работы – интерпретация диаграмм, где сведены все ландшафты, которые в соответствии с картой наблюдаются в каждом из четырех типов (областей) криолитозоны по степени соотношения мерзлых и талых пород. Площадь каждого ландшафта дана в %% от общей площади той или иной области (со сплошным, прерывистым, массивно-островным и островным распространением ММП). Некоторые ландшафты являются транзитными для всех типов мерзлоты. Это южная тундра, лесотундра, северная тайга, которые характеризуются своими секторными особенностями. Сопоставление типов мерзлоты по площади и спектру ландшафтов в них показывает, что наиболее однородна ландшафтная структура в пределах сплошной мерзлоты (16 ландшафтов). Самое большое разнообразие наблюдается в зонах прерывистой и массивно-островной мерзлоты. Связано это с тем, что в первом случае ведущим фактором сплошного распространения ММП является климат. Ландшафты определяют изменение иных характеристик – температуры, мощности, криогенного строения ММП. В пределах прерывистой мерзлоты ландшафтный комплекс определяет изменчивость не только указанных мерзлотных характеристик, но начинает радикально воздействовать на мерзлоту, осложняя ее распространение таликами. Массивно-островная мерзлота формируется в более мягких климатических условиях. Поэтому специфика ландшафтной обстановки начинает оказывать все более важную роль на сам факт возникновения мерзлоты.

С севера на юг криолитозоны естественно сокращается число одинаковых ландшафтов. Вместе с тем сравнение только двух смежных областей обнаруживает значительное ландшафтное сходство. В соседствующих областях выделялись одинаковые ландшафты, а затем определялся их процент от общего числа ландшафтов конкретной области. В таблице 1 приведены результаты такого сравнения.

В пределах прерывистой мерзлоты 11 ландшафтов такие же, как и в области сплошной мерзлоты (58%). На территории массивно-островной мерзлоты 15 ландшафтов «дублируют» ситуацию прерывистых МП, что составляет 83% всех ландшафтов рассматриваемой области. В двух южных областях 8 «общих» ландшафтов, то есть 67% от всех островных МП.

Таблица 1

Сравнение ландшафтной структуры областей с различным распространением МП

Области с различным распространением мерзлых пород (МП)	Количество ландшафтов	Количество одинаковых ландшафтов с областью, расположенной севернее	
		число	%%
Прерывистые МП	19	11	58
Массивно-островные МП	18	15	83
Островные МП	12	8	67

В результате проведенного сравнения можно сделать вывод, что выделение массивно-островной мерзлоты мало подкреплено общей физико-географической ситуацией. Часть этой территории, возможно, следует включить в область прерывистой мерзлоты, а юг «отдать» островным МП.

В предлагаемой достаточно детальной ландшафтной дифференциации областей криолитозоны заключается еще одна возможность анализа связи «ландшафт – мерзлота». При островном очень небольшом (менее 10% от площади области) распространении ММП все 12 приведенных ландшафтов требуют дополнительного изучения относительно их «мерзлотности». Вероятность образования островов мерзлоты в восьми равнинных ландшафтах оценивается следующим образом. Их практически нет в лесолуговых ландшафтах Курил и Камчатки, почти нет в сухих степях Восточной Сибири и южной тайге Восточной Сибири, при этом последние занимают пятую часть области. Острова мерзлоты заведомо есть в пределах северной тайги и лесотундры Европейского Севера, северной западносибирской и средней дальневосточной тайге. На территории этих ландшафтов острова мерзлоты формируются в заболоченных, заторфованных ландшафтах, на марях, в густых еловых лесах на суглинистых грунтах в сибирском и дальневосточном секторах криолитозоны и в торфяниках европейской тундры. Острова МП занимают не более 10% площади этих ландшафтов.

В области массивно-островной мерзлоты площадь каждого из 18 ландшафтов колеблется в пределах от 1 до 35%. Мерзлые породы занимают от 10 до 50% площади всей области. Если сопоставить площадь ландшафтов и площадь мерзлоты в них, то можно получить следующие результаты. Половина территории европейской тундры и лесотундры занята массивами мерзлоты, но совокупная доля этих ландшафтов мала (4%). Почти 40% области – это средняя и южная тайга Восточной Сибири и Дальнего Востока, где массивы мерзлоты занимают не более 10%. Если сюда по степени распространения мерзлоты присоединить горные лиственничные леса, хвойные и березовые леса и лиственничные леса и горные степи, то площади с незначительными участками мерзлоты увеличатся до 24%. Суммарно в области массивно-островной мерзлоты 63% территории занято островами мерзлых пород. И это еще одно основание интегрировать эти ландшафты в область островного распространения ММП. Практически типичное массивное распространение мерзлых пород (меньше 50, но больше 10% от площади ландшафта) наблюдается на трети площади этой зоны. Это северная тайга Западной и Восточной Сибири – 12% и шесть горных ландшафтов, общая площадь которых составляет 18%.

Таким образом, небольшие площади тундр и лесотундр должны быть включены в область прерывистой мерзлоты, основная же территория «отдана» островной мерзлоте, а рубеж распространения мерзлоты менее 50% считать пограничным между двумя принципиально отличающимися условиями формирования мерзлых пород.

В области прерывистой мерзлоты в отличие от южных территорий следует оценить вероятность распространения таликов в пределах зональных типов ландшафтов. В отношении разнообразия ландшафтов это самая пестрая зона, в ней выделено 19 ландшафтов, из которых 11 равнинных. Анализируя условия образования мерзлых пород и нарушения их сплошности таликами можно разделить эти ландшафты на две группы – со сплошностью мерзлоты 75-95% и 50-75%. В первую группу могут быть включены 8 равнинных и два горных ландшафта, которые

занимают 52% территории области. Это тундра и лесотундра Европы и Сибири – 31% и гольцы, горные тундры и холодные каменистые пустыни южных гор криолитозоны – 21%. Во вторую группу включены дальневосточная лесотундра, северная и средняя тайга Восточной Сибири, в горах — стланики, лиственничные и сосновые леса – 48%. Вся территория области прерывистой мерзлоты примерно делится пополам по степени распространения таликов, а, следовательно, и ведущих причин их возникновения. С севера на юг этих причин, естественно, становится все больше. На севере это преимущественно гидрогенные подозерные и подрусловые талики; к югу это также субаэральные талики, возникающие при участии снега, солнечной радиации, летних осадков в сочетании с несвязными грунтами.

Ландшафтная дифференциация области сплошной мерзлоты не требует анализа причин существования собственно ММП, которые слагают литогенную основу всех ландшафтов (5% таликов, как известно, приходится на крупные водные объекты). Однако, ландшафтное разнообразие является причиной пространственного изменения температуры, сезонного протаивания, криогенного строения.

С практической точки зрения при решении инженерно-геологических и экологических задач учет мерзлотного фактора в одинаковых ландшафтных условиях неоднозначен. На юге, несмотря на крайнюю неустойчивость мерзлых пород, их влияние в территориальном аспекте крайне ограничено. В центральной части криолитозоны одни и те же ландшафты могут быть сложены и талыми, и мерзлыми породами, что затрудняет выработку решений при освоении. Север криолитозоны (области сплошной и северная часть прерывистой мерзлоты) относительно менее сложен для оценки устойчивости ландшафтов к антропогенным изменениям любого типа, т.к. в одинаковых ландшафтах разнообразие мерзлотных условий существенно меньше, чем в тех же или иных ландшафтах, расположенных южнее.

Таким образом, использование ландшафтной индикации при изучении мерзлотных условий имеет масштабные ограничения. Чем мельче масштаб исследований, изысканий и оценок, тем более ограничено применение метода ландшафтной индикации. При мелкомасштабных исследованиях с севера на юг достоверность связи «ландшафт – мерзлота» уменьшается. Ряд ландшафтов тундры и тайги являются «сквозными», они встречаются во всех типах распространения мерзлых пород от сплошного до островного. Это означает, что в обзорном масштабе эти ландшафты не являются индикаторами мерзлотных условий. Выделение области массивно-островной мерзлоты с ландшафтных позиций наименее обосновано. В ее пределах большая часть ландшафтов (до 70%) характеризуется такими же мерзлотными условиями, как смежные области прерывистой и островной мерзлоты.

ЛАНДШАФТНАЯ ИНДИКАЦИЯ ПЛАСТОВЫХ ЛЬДОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЯМАЛА

А.В. Хомутов, М.О. Лейбман, М.В. Андреева
Институт криосферы Земли СО РАН, Тюмень, akhomutov@gmail.com

LANDSCAPE INDICATION OF TABULAR GROUND ICE ON THE CENTRAL YAMAL

A.V. Khomutov, M.O. Leibman, M.V. Andreeva
Earth Cryosphere Institute SB RAS, Tyumen, akhomutov@gmail.com

Полуостров Ямал известен как наиболее яркий представитель районов с пластовыми льдами [8]. В многочисленных публикациях [2, 4, 6, 7] отмечается, что на Центральном Ямале (междуречья рек Морды-Яха, Се-Яха и Надуй-Яха) пластовые льды занимают площади в десятки км^2, распространены на всех геоморфологических уровнях от высоких морских равнин до поймы. По вертикали пластовые льды представлены одним или несколькими слоями. Как правило,

пластовые льды встречаются на глубине от первых метров до нескольких десятков метров, имеют мощность от десятков см до десятков метров [4, 6]. Они часто индицируются по специфическим криогенным процессам на поверхности [1, 5]. Изучая литературные данные, можно предположить, что в северном направлении (от Бованенково к Харасавею – двум наиболее полно охарактеризованным бурением районам) мощность и распространение пластового льда сокращаются. В обнажениях Нейтинских озер получены данные о встречаемости льдов мощностью до 20 м на глубинах 5-26 м [4], а по некоторым данным их мощность может достигать 40-50 м [2]. Площадь отдельных залежей льда может достигать 5-7 км^2, мощность 30-45 м, а объем 150-300 млн м^3 [3]. Основная информация о залегании льда находится в колонках многочисленных скважин, буривших при изысканиях для строительства линейных сооружений [7].

К признакам близко к поверхности залегающих пластовых льдов относятся:

- на космо- и аэрофотоснимках – оползневые цирки с висячими термокарстовыми озерками на склонах (рис. 1а) и глубокие термокарстовые озера, вблизи которых в скважинах вскрыты пластовые льды (рис. 1б);

- на топографических картах – оползневые цирки (рис. 1в), и волнистые горизонтали (рис. 1г).

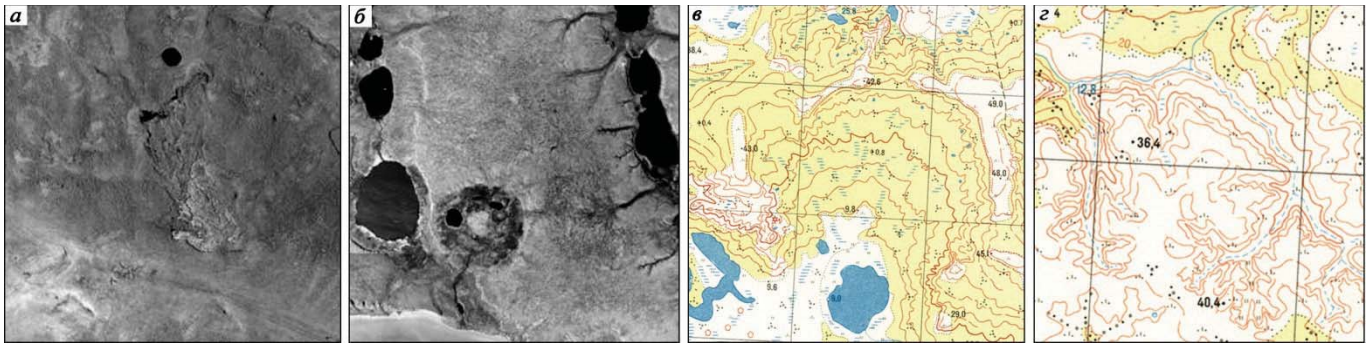


Рис. 1. Фрагменты аэрофотоснимков (а, б) и топографических карт (в, г) с признаками близко к поверхности залегающих пластовых льдов

Индикация распространения пластовых льдов на Центральном Ямале (и в целом на территории со слабой обнаженностью) может быть представлена в следующем виде. Пластовые льды встречаются:

- В контурах междуречий, у которых в береговых обрывах озер и рек, а также в скважинах наблюдается пластовый лед.
- В контурах междуречий, осложненных оползневыми цирками и вогнутыми оползневыми склонами.
- В контурах междуречий, на склонах которых наблюдаются висячие малые термокарстовые озера.
- В основании хасыреев небольших по площади озер и широких пойменных пространств с узкими сильно мигрирующими руслами.

Значительный объем фактического материала получен многолетними геокриологическими съемками и тематическим бурением ВСЕГИНГЕО. Обработка этого материала позволяет проверить теоретические закономерности на участках съемки ВСЕГИНГЕО, проведенной под руководством Е.С. Мельникова в районе Бованенковского ГКМ в 1987-1991 гг.

По данным 76 проанализированных скважин, статистика распределения мощности пластовых льдов такова: в 15% случаев она превышает 15 м, в 38% варьирует от 15 до 5 м, и в 47% составляет менее 5 м. Изменение толщины пластовых льдов определенным образом связано с геоморфологическими условиями местности: толщина убывает в последовательности: останцы III морской террасы > останцы II аллювиальной террасы > поймы крупных рек. Эта тенденция прослеживается как для экстремальных, так и для средних значений. Толщина льдов уменьшается

главным образом вследствие снижения абсолютных отметок кровли пластов (то есть, термокарстовых процессов), тогда как их подошва испытывает меньшие колебания.

Индикационные таблицы, составленные в результате анализа данных бурения ВСЕГИНГЕО, топографической карты и снимков, использованы для интерпретации космического снимка высокого разрешения.

По результатам анализа индикационных признаков построена карта глубины залегания кровли пластового льда (рис.2) на основе ландшафтной карты ключевого участка по методике разработанной авторами для данного района [9]. При построении карты глубины залегания кровли пластовых льдов учитывалось процентное соотношение скважин, попавших в различные природно-территориальные комплексы, выделенные при дешифрировании космоснимка. Диапазон глубин кровли пластового льда «от 1 до 5 м» характерен для пологохолмистых поверхностей – останцов II надпойменной террасы, и для пологих преимущественно закустаренных склонов с широким развитием поверхностей, переработанных процессом криогенного оползания. Глубина кровли пластового льда «от 5 до 10 м», преобладает на плоских слабодренированных и заболоченных поверхностях с доминированием мохового покрова. Для большинства остальных поверхностей характерно отсутствие пластовых льдов в разрезе отложений, вскрытых бурением, поэтому эти поверхности отнесены к диапазону глубины залегания пластового льда «более 10 м».

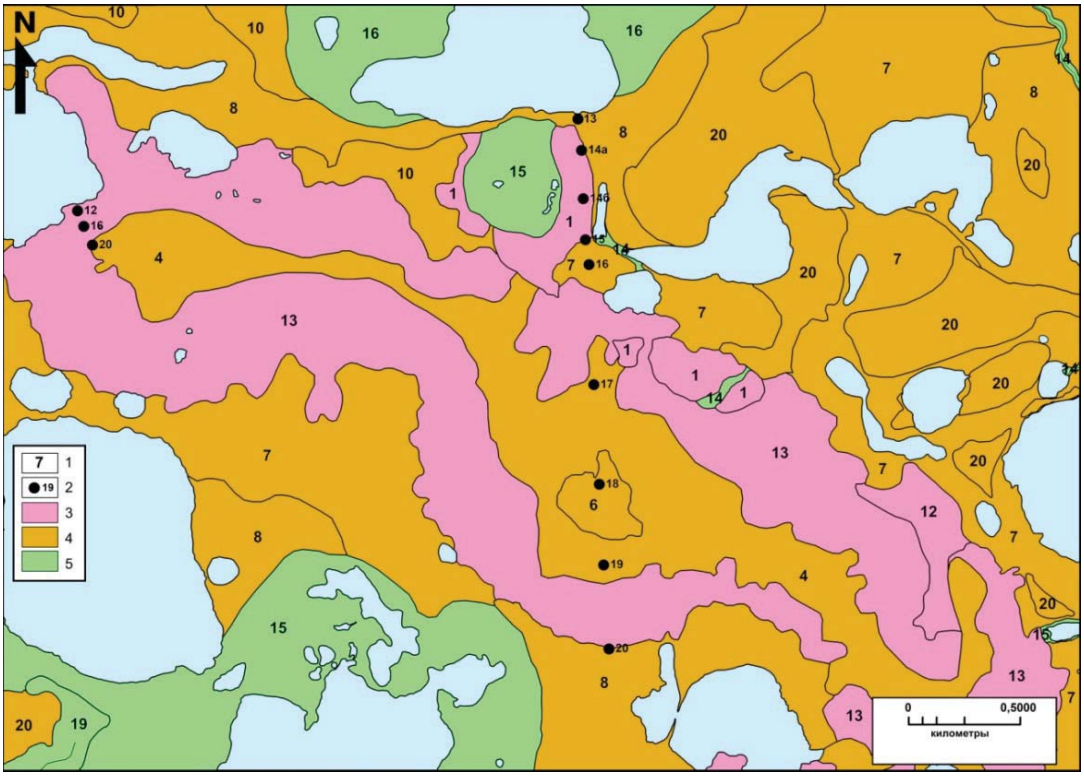


Рис. 2. Фрагмент карты глубины залегания кровли пластового льда для ключевых участков 04-87 и 01-88:

1 – индексы ПТК; 2 – скважины, пробуренные в ходе съемки ВСЕГИНГЕО;
Глубина залегания кровли пластового льда: 3 – от 1 до 5 м, 4 – от 5 до 10 м, 5 – более 10 м

На основе проведенных исследований выявлено, что наименее глубоко пластовые льды залегают в останцах высоких поверхностей. Относительно неглубоко пластовые льды встречаются под достаточно протяженными водоразделами, менее переработанными денудацией. Такие водоразделы являются своеобразными хранилищами крупных залежей пластовых льдов. Более глубокое залегание в днищах долин и озерных котловин связано с вытаиванием льда как в период термического оптимума голоцена, так и в настоящее время под действием отепляющего влияния

водных масс (мигрирующих речных русел и озер) и техногенного воздействия. Таким образом, установлено, что характеристика рельефа может рассматриваться как один из наиболее значимых компонентов ландшафта при рассмотрении глубины залегания пластовых льдов в исследуемом районе.

Анализом положения пластов льда в разрезе установлено, что наиболее мощные льды верхней 20-метровой толщи пород залегают на глубинах до 5-7 м от поверхности, их нижняя граница достигает 17-20 м. Глубокие скважины встречают пласты льда большой мощности на существенно бóльших глубинах (100-200 м [4]). Это позволяет предположить существование двух разновозрастных ярусов пластовых льдов на Центральном Ямале, что не противоречит нашим наблюдениям за двухярусным строением пластовых льдов в обнажениях Югорского полуострова и опубликованным разрезам известных обнажений Ямала и Таймыра.

Литература

1. *Ананьева Г.В.* Склоновые процессы как индикаторы типов криогенного строения ММП на участках развития залежей подземных льдов // Изучение и прогноз криогенных физико-геологических процессов. Сб. науч. трудов. Отв. ред. С.Е. Гречищев. М.: ВСЕГИНГЕО, 1984. С. 12–17.

2. *Баду Ю.Б., Трофимов В.Т., Васильчук Ю.К.* Основные закономерности распространения и типы пластовых залежей подземного льда в северной части Западно-Сибирской плиты // Пластовые льды криолитозоны. Сб. ст. Отв. ред. А.И. Попов. Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1982. С. 13–24.

3. *Баулин В.В., Аксенов В.И., Дубиков Г.И.* и др. Геокриологические условия освоения Бованенковского месторождения // Инженерно-геологический мониторинг промыслов Ямала. В 2-х тт. Тюмень: ИПОС СО РАН, 1996. Т. II. 240 с.

4. *Дубиков Г.И.* Состав и криогенное строение мерзлых толщ Западной Сибири. М.: ГЕОС, 2002. 246 с.

5. *Лейбман М.О., Кизяков А.И.* Криогенные оползни Ямала и Югорского полуострова. М., 2007. 206 с.

6. *Пармузин С.Ю., Суходольский С.Е.* Пластовые льды Среднего Ямала и их роль в формировании рельефа // Пластовые льды криолитозоны. Сб. ст. Отв. ред. А.И. Попов. Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1982. С. 51–61.

7. *Стрелецкая И.Д., Лейбман М.О.* Криогеохимическая взаимосвязь пластовых льдов, криопэгов и вмещающих их отложений Центрального Ямала // Криосфера Земли. 2002. Т.6. №3. С. 15–24.

8. *Стрелецкая И.Д., Украинцева Н.Г., Дроздов И.Д.* Происхождение и распространение пластовых льдов в криолитозоне Арктики // Вестник МГУ. 2002. Сер. 5. География. № 3. С. 7–13.

9. *Хомутов А.В., Лейбман М.О., Андреева М.В.* Методика картографирования пластовых льдов Центрального Ямала // Вестник Тюменского Государственного Университета. №7. 2012. Науки о Земле. С. 76–84.

РАСЧЕТ КАРТЫ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА ДЛЯ КРИОЛИТОЗОНЫ БАССЕЙНА РЕКИ УСЫ

П.А. Шарый[1], Л.С. Шарая[2], А.В. Пастухов[3], Д.А. Каверин[3]
[1] *Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, p_shary@mail.ru*
[2] *Институт экологии Волжского бассейна РАН, l_sharaya@mail.ru*
[3] *Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН*

CALCULATIONS OF SOIL CARBON STORAGE FOR CRYOLITHOZONE OF THE USA RIVER BASIN

P.A. Shary[1], L.S. Sharaya[2], A.V. Pastukhov[3], D.A. Kaverin[3]
[1] *Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science RAS, p_shary@mail.ru*
[2] *Institute of Ecology of Volga basin RAS, l_sharaya@mail.ru*
[3] *Science Institute of Biology of the Komi Science Centre of the Ural Division RAS*

Оценки запасов почвенного органического углерода (ПОУ) для тундры и лесотундры Арктики в несколько раз различаются у разных авторов. Поэтому важны корректные оценки запасов ПОУ. Эталонные значения запасов ПОУ пространственно неоднородны для больших (> 100 км) регионов, поэтому учет не только почв, но и климата и рельефа необходим для оценок запасов ПОУ.

Изучаемый участок «Уса» размером 157 км × 75 км (11 800 км^2) находится на северо-востоке Европейской России, в бассейне р. Усы, правого притока р. Печоры, впадающей в Баренцево море. Участок лежит в зоне вечной мерзлоты, сплошной на севере и прерывистой и островной на юге. Среднегодовая температура воздуха за 60 лет, 1950-2009, составила –5.9°C, а средние за тот же период осадки – около 500 мм/год. Запасы ПОУ на участке «Уса» рассматриваются как зависящие от таких факторов среды, как таксоны почв, характеристики климата и рельефа. Для описания рельефа использовались 18 морфометрических величин, описанных в [9].

Измерения запасов ПОУ в 153 точках наблюдения проводились в слое 0-100 см для минеральных почв и по всей глубине для торфа. Для построения почвенной карты на участок «Уса» использовались спутниковые многозональные изображения Landsat 7 ETM+ (разрешения 15 м) и QuickBird (разрешения 0,61 м), данные о таксонах почв от 250 точек наблюдения, данные топографических карт, почвенной карты масштаба 1:1 млн., геокриологической карты масштаба 1:2,5 млн. и дополнительные обследования на местности для уточнений. Для анализа использовалась программа ERDAS Imagine 9.0 и метод управляемой классификации. В результате получена почвенная карта масштаба 1 : 25 000 на территорию участка «Уса». В этой карте идентифицированы 15 таксонов почв по классификации FAO, которые детализировали 7 референтных групп почв.

Данные о климате взяты из базы данных WorldClim [3]. Эти данные имеют высокое разрешение, 30″, и включают в себя средние за 50 лет, 1950-2000, температур и осадков, а также максимальных и минимальных температур каждого месяца. Данные о рельефе взяты GMTED2010 разрешения в плане 15″ [2]. Все эти данные были преобразованы в проекцию Каврайского для Европейской России с разрешением 300 м. Основное ограничение по разрешению составили климатические данные. Из-за этого данные о запасах ПОУ агрегировались из 153 в 110 точек наблюдения, каждая из которых попадала только в один пиксель. Дополнительно, 15 таксонов почв агрегировались в три составных таксона. Последние определены как (1) маломощные минеральные автоморфные почвы, LOW10 (гумус до 10 см), (2) среднемощные минеральные гидроморфные почвы, MED40 (гумус от 10 до 40 см) и (3) мощные органические почвы, торфяники, PEATS.

Для статистического анализа использовались генерализованные линейные модели (ГЛМ) множественной регрессии [6]. Поскольку распределение запасов ПОУ было далеко от

нормального, рассматривались значения ln(ПОУ) вместо ПОУ [6]. Для описания значимости каждого члена в модели использовались *t*-статистики [7], которые приводятся ниже в уравнении регрессии как нижние индексы. Эти *t*-статистики зависят от выбранного уровня значимости ($P = 0{,}05$) и числа степеней свободы n-k-1, равного 105 (n есть объем выборки 110, k есть число предикторов 4). Критическое значение *t*-статистик равно 1,983, так что если модуль *t*-статистики больше этого числа, то предиктор (фактор среды) значим в модели на 95%-м уровне. Независимость предикторов оценивалась с помощью факторов вспухания дисперсии VIF [7]; критерием независимости считалось максимальное значение VIF меньше 5,15 [1]. Неколичественные факторы среды описывались с помощью индикаторов. Индикатор принимает два различных числовых значения (любых); N-1 индикатор необходим для описания N таксонов почв [7]. Конкретика описания индикаторами выбранных таксонов почв и эталонные (средние) значения для них показаны в Табл.1.

Таблица 1

Определение индикаторов почв и эталонные значения ПОУ для 110 точек наблюдения.

CP есть среднее, SD – стандартное отклонение, CV – коэффициент вариации.

$И_1$	$И_2$	Таксоны почв	ПОУ, CP±SD	CV
1	1	MED40 (0,1-0,4 м) – 43 точки	20,3±13,6 кгС/м^2	66,9%
2	1	PEATS (0,4-4,3 м) – 35 точек	89,0±43,7 кгС/м^2	49,1%
1	2	LOW10 (до 0,1 м) – 32 точки	12,5±3,8 кгС/м^2	30,1%

Модель ГЛМ верифицировалась по методике кросс-валидации Аллена [7]. Однако без указания критериев верификации не имеет смысла говорить, успешна она или нет [8]. Любая верификация предполагает «предсказательный» коэффициент детерминации R^2_{Pred} для предсказаний отклика (здесь отклик есть ПОУ) в новых точках наблюдения, который обычно меньше R^2, так что показатель деградации $Degr = 100\cdot[(R^2/R^2_{\text{Pred}}) - 1]$ можно использовать для оценки качества предсказаний модели в новых точках наблюдения. Здесь использовался эмпирический критерий $Degr < 50\%$ для не слишком больших объемов выборки, меньше 120 [1].

Уравнение регрессии для запасов ПОУ на участке участка «Уса» имеет следующий вид:

$$\ln(\text{ПОУ}) = 0{,}02626\cdot И_1\text{Риюл}_{+16.92} - 0{,}1617\cdot\text{Риюн}_{-5.29} - 0{,}003690\cdot И_2\cdot Z_{-4.17} + 0{,}04225\cdot И_2\cdot rot^{\text{П}}_{+2.66} + 8{,}487;$$

$$R^2 = 0{,}840\ (Degr = 1{,}5\%),\ P<10^{-6},\quad (1)$$

где Риюл и Риюн есть летние осадки, Z есть высота, *rot* описывает расчлененность рельефа. Таким образом, почвы, климат и рельеф описывают 84% пространственной изменчивости ПОУ. По этой модели рассчитана матрица запасов ПОУ (Рис.1).

Среднее запасов ПОУ по этой карте составляет 21,6±19,8 кгС/м^2 (после «±» дано стандартное отклонение SD). Можно также оценить запасы ПОУ по эталонным значениям для таксонов почв (табл.1). Это дает оценку запасов ПОУ на участке 32,0±29,4 кгС/м^2 (SD после «±»), то есть в полтора раза выше, из-за изменения «эталонных» значений в пространстве (Рис.2).

Торфяники занимают лишь 20,3% площади местности (согласно почвенной карте), но при этом их вклад в запасы ПОУ превышает 50%. Различие между оценками запасов ПОУ по эталонам (56,6%) и с учетом климата и рельефа (58,9%) незначимо. Напротив, для среднемощных почв MED40 это различие не мало, так что для них запасы ПОУ, оцененные только по эталонным значениям почв, в 2,3 раз превосходят таковые, полученные с учетом зависимости этих «эталонов» от климата и рельефа. Поскольку почвы таксона MED40 занимают более половины площади местности, это приводит к различию в полтора раза, 21,6 и 32,0 кгС/м^2, между оценками запасов ПОУ по модели (1) и по эталонным запасам ПОУ. Значит, зависимость эталонных значений для минеральных таксонов почв от климата и рельефа не мала, и ею нельзя пренебрегать при оценках запасов ПОУ. Более ранние оценки [4] давали запасы ПОУ в два раза выше,

38,3 кгС/м^2, из-за неучета почв и изменения (оцененных в [4] по растительности) «эталонов» в пространстве.

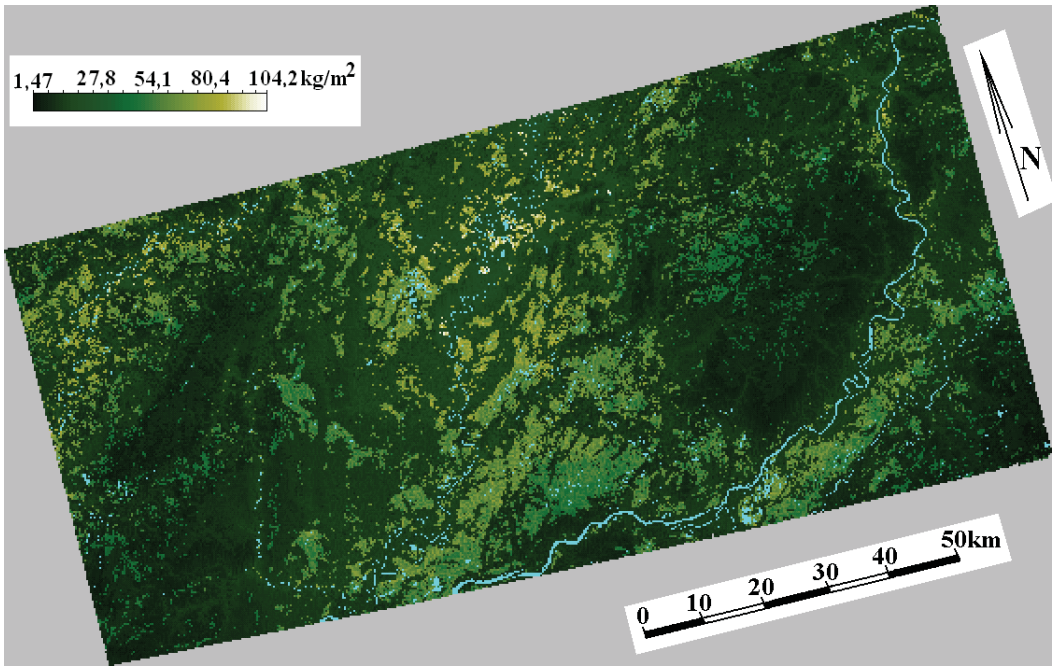


Рис. 1. Карта запасов ПОУ для участка исследования «Уса», рассчитанная по модели (1). Светлые участки отвечают торфяникам. Водные объекты показаны бирюзовым

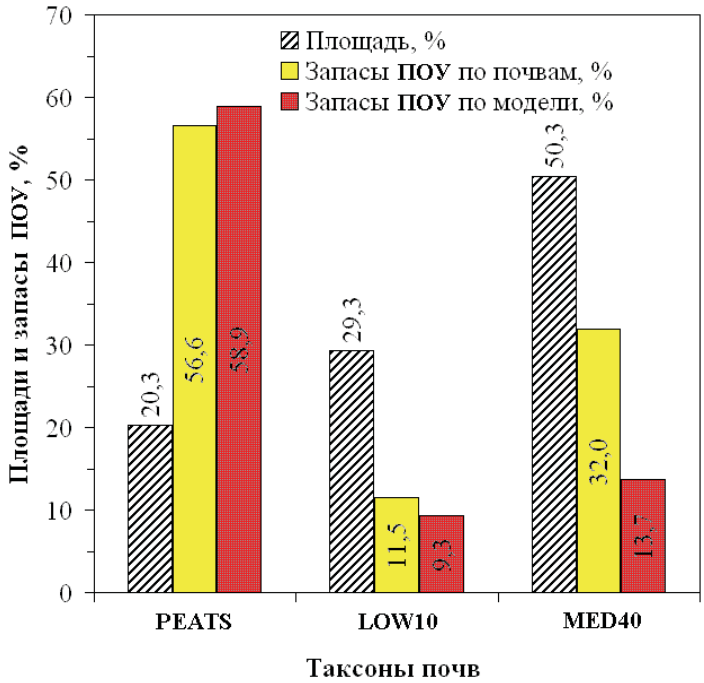


Рис. 2. Площади и запасы ПОУ, оцененные по эталонным значениям для таксонов почв и с учетом изменения этих «эталонов» в пространстве по модели (1)

Интерпретация найденных связей ПОУ с климатом согласуется с рядом известных закономерностей и позволяет высказать гипотезу о том, что, несмотря на древнее происхождение мерзлых торфяников, заметное изменение содержания ПОУ в них может происходить за времена порядка десятков лет. Последнее открывает новые возможности моделирования изменения запасов ПОУ не только в пространстве, но и во времени.

Литература

1. *Шарый П.А., Рухович О.В., Шарая Л.С.* Методология анализа пространственной изменчивости характеристик урожайности пшеницы в зависимости от условий агроландшафта // Агрохимия, 2011. - №2. - С.57-81.
2. *Danielson J.J., Gesch D.B.* Global multi-resolution terrain elevation data 2010 (GMTED2010). U.S. Geological Survey Open-File Report 2011–1073, 2011. 26 p.
3. *Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.J., Jarvis A.* Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas // International Journal of Climatology, 2005. - V.25. - P.1965-1978.
4. *Hugelius G., Kuhry P.* Landscape partitioning and environmental gradient analyses of soil organic carbon in a permafrost environment // Global Biogeochemical Cycles, 2009. - V.23. - P.GB3006.
5. *Hugelius G., Virtanen T., Kaverin D., Pastukhov A., Rivkin F., Marchenko S., Romanovsky V., Kuhry P*. High-resolution mapping of ecosystem carbon storage and potential effects of permafrost thaw in periglacial terrain, European Russian Arctic // Journal of Geophysical Research, 2011. - V.116. - P.G03024.
6. *McCullagh P., Nelder J.A.* Generalized Linear Models. 2-nd ed. London: Chapman and Hall, 1989. 511 p.
7. *Montgomery D.C., Peck E.A.* Introduction to Linear Regression Analysis. New York: John Wiley & Sons, 1982. 504 p.
8. *Rykiel Jr. E.J.* Testing ecological models: the meaning of validation // Ecological Modelling, 1996. - V.90. - P.229-244.
9. *Shary P.A., Sharaya L.S. Mitusov A.V.* 2002. Fundamental quantitative methods of land surface analysis // Geoderma, 2002. - V.107. - P.1-32.

Секция 2
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗНОВРЕМЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ В ЦЕЛЯХ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ БЕРЕГОВ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

А. Вергун, Д. Кузнецов, С. Огородов
МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, alvergun@mail.ru

IMPLEMENTATION OF REMOTE SENSING DATA IN RESEARCH OF COASTAL DYNAMYCS AT THE RUSSIAN ARCTIC

A. Vergun, D. Kuznetsov, S. Ogorodov
Lomonosov Moscow State University Department of Geography, alvergun@mail.ru

Арктическое побережье России подвергается активной термоабразии и термоденудации, в результате чего береговая линия арктических морей России отступает ежегодно на несколько метров. Несмотря на короткий динамически активный период морфолитодинамические процессы в береговой зоне арктических морей отличаются высокой динамичностью, обусловленной низкой устойчивостью берегов, сложенных дисперсными многолетнемерзлыми породами и развивающимися под влиянием термоабразионного процесса. Среднемноголетние скорости разрушения термоабразионных берегов составляют в естественных условиях от 0,5 до 2 м/год. На участках морского побережья, где в сложении разреза берегового клифа принимают участие залежеобразующие пластовые льды, разрушение берегового уступа часто принимает катастрофические темпы, достигая 5-10 и более метров в год.

В условиях глобального изменения климата и ледовитости арктических морей, прогнозируемых на XXI век, влияние на динамику термоабразионных берегов как термического, так и волно-энергетического факторов неизбежно возрастет. Усиление абразии будет иметь место как за счет термического фактора в результате более интенсивного оттаивания мерзлых грунтов под действием более высоких температур воздуха и воды, возможного увеличения количества осадков, так и за счет увеличения волнового воздействия на берег, рост которого обусловлен увеличением повторяемости штормовых ветров, расширением динамически активного периода и повышением уровня моря.

Этап подготовки полученных аэрокосмических материалов является важнейшим при проведении исследований динамики берегов. Особое внимание следует уделять пространственной привязке аэрокосмических снимков. Снимки Ikonos, QuickBird, Formosat 2 поставляются с файлами привязки, созданными по параметрам орбиты спутника. Данный вид привязки довольно точен для приморских районов, т.к. погрешности отклонения отметок высот на местности от уровня геоида несущественны.

Более сложной задачей является пространственная привязка снимков Corona и аэрофотоснимков, которые можно получить лишь в виде простого растрового файла. В качестве опорных данных для привязки этих материалов могут использоваться снимки Ikonos, QuickBird, Formosat 2 а также, при наличии, привязанные топографические карты и планы, полевые точки GPS-измерений. В связи со значительным территориальным охватом, космоснимки Corona при точной геопривязке в своих периферических частях имеют трапециевидные деформации; таким образом,

при их привязке требуется использование методов, позволяющих осуществлять искривление исходных данных (полиномиальные трансформации, метод резинового листа).

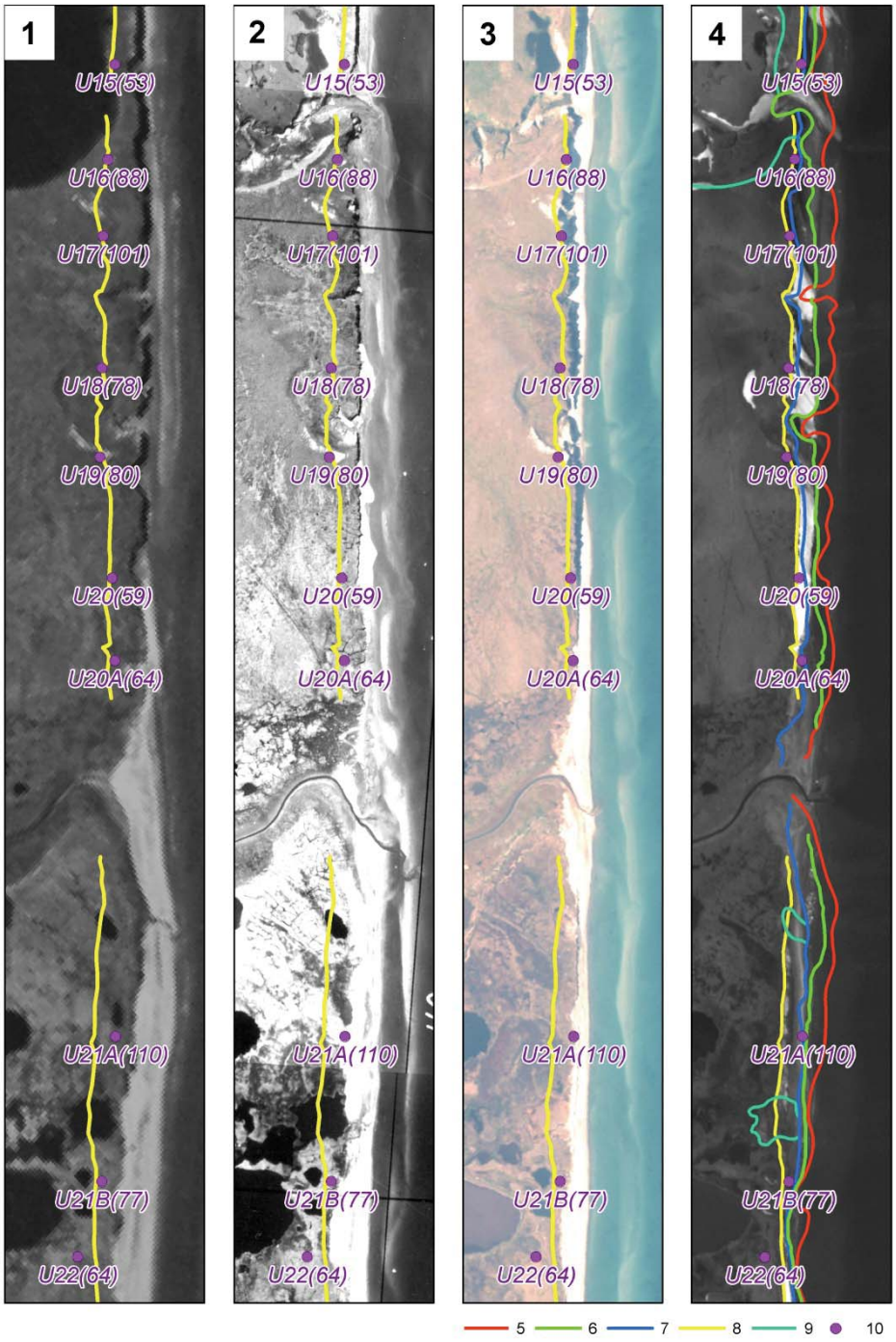


Рис. 1. Карта-схема дешифрирования динамики сегмента термоабразионного берега (Карское море), составленная по разновременным аэрокосмическим снимкам:
1 – снимок 1964 г., 2 – 1988 г., 3 – 2005 г.; 4-2012 г., 5 – береговой уступ в 1964 г., 6 – 1988 г.,
7 – 2005 г. 8 – 2012 г.; 9 – хасыреи на месте спущенных в результате отступания берега озер,
10 – репера сети мониторинга динамики берегов (подписи – номер профиля,
в скобках – величина отступания берега за период 1964-2012 гг., в метрах)

После геопривязки всех имеющихся для данной территории разновременных аэрокосмических материалов наступает этап дешифрирования. К наиболее распространенным и хорошо читаемым дешифровочным признакам в условиях термоабразионных и аккумулятивных берегов арктических морей относятся линия берегового уступа и граница сплошного слоя растительности. По материалам космических снимков оцифровывается бровка берегового уступа (для абразионных участков) и граница сплошного растительного покрова (для аккумулятивных участков). При совмещении границ форм рельефа, оцифрованных на разновременных снимках, можно рассчитать величину деформации этих форм, в частности, отступания или проградации берега за определенный период. Также по космическим снимкам можно определять местоположение и эволюцию подводных вдольбереговых валов, которые являются квазиэфемерными формами рельефа и способны за несколько лет кардинально менять своё положение (вал перемещается на место, ранее занятое межваловым понижением, и наоборот). По результатам анализа разновременных данных дистанционного зондирования составляются карты-схемы дешифрирования динамики берегов (см. рис.1).

ДИСТАНЦИОННЫЕ ДАННЫЕ В КАРТОГРАФИРОВАНИИ КРИОЛИТОЗОНЫ

М.В. Зимин
Инженерно-технологический центр «СКАНЭКС» (ИТЦ СКАНЭКС), zimin@scanex.ru

REMOTE SENSING DATA IN MAPPING OF CRYOLITHOZONE

M.V. Zimin
Research and Development Center "SCANEX", zimin@scanex.ru

Введение

Настоящие тезисы посвящены обзору развития средств дистанционного зондирования и возможностям доступа к ним для обеспечения современного уровня исследований и картографирования криолитозоны на всех масштабных уровнях.

Скорость совершенствования средств и методов дистанционного зондирования Земли в последнее время значительно увеличилась. Группировка искусственных спутников Земли работающих на обеспечение ее непрерывного мониторинга постоянно растет и качественно меняется в сторону потребностей, диктуемых рыночными отношениями. Национальные космические программы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) наряду с их непосредственными задачами интегрируются в коммерческие проекты, направленные на получение экономической выгоды. Бурное развитие отрасли в значительной степени поменяло распределение структуры данных ДЗЗ относительно их пространственного разрешения. Если всего лишь десятилетие назад самыми востребованными данными ДЗЗ были ресурсные данные (пространственное разрешение на местности 5-50 м), то сейчас мы говорим об экспансии кадастровых данных, стремящихся в своем пространственном разрешении к первым дециметрам.

Смена приоритетов касательно использования данных ДЗЗ более высокого пространственного разрешения в значительной степени связана с государственной политикой последних лет, направленной на эффективное управление и мониторинг земельных ресурсов. Уже сейчас смело можно говорить о доступности материалов ДЗЗ кадастрового уровня на всю территорию РФ, что в значительной степени меняет представление о потенциальном уровне изучения различных природных и социально-экономических объектов и явлений.

Наметившаяся в последнее время государственная политика в отношении поддержки образования и науки, отразилась в развитии сети учебно-научных региональных центров дистанционного зондирования Земли (УНИГЕО) [7], сформированных на базе государственных ВУЗов. Одним из таких центров является МГУ им. М.В. Ломоносова, проект «Геопортал МГУ»[1,8], целью

которого является организация доступа к материалам ДЗЗ для обеспечения: научных исследований, учебного процесса и реализации хоздоговорных работ.

Все эти предпосылки в значительной степени определяют дальнейший вектор развития научных методов исследований в целом и тематического картографирования в частности.

Новые спутники ДЗЗ

По общему числу запусков спутников ДЗЗ результаты 2012 г. (24 КА) оказались рекордными за последние 12 лет. Всего в конце 2012 г. 32 страны и организации являлись операторами примерно 170 космических аппаратов (КА) ДЗЗ, включая метеоспутники.

Из числа 17 новых КА гражданских, коммерческих и двойного назначения на мировом и российском рынке геоданных могут быть доступны продукты только 9 спутников, среди них ZY-3 и TH-1-02 (Китай), RISAT-1 (Индия), Канопус-В (Россия), БелКА (Беларусь), SPOT 6 и Pleiades-1B (Франция), Kompsat-3 (Корея) и Gokturk-2 (Турция). Учитывая производительность аппаратуры, качество продуктов и наличие глобальной дистрибьюторской сети, наибольшее влияние на мировой рынок ДЗЗ в ближайшие годы могут оказать спутники SPOT 6, Pleiades-1B и Kompsat-3 [6].

Как уже отмечалось ранее, основной акцент в применяемой съемочной аппаратуре связан с переходом на обеспечение кадастровой информацией, в свете явного дефицита в обеспечении ресурсного уровня.

Наиболее значимыми событиями для мирового рынка геоданных могут стать уже осуществленный запуск КА Landsat-8 (США) и перспективных спутников Sentinel-1 (ESA), SEOSAT (Испания), ALOS-2 и ASNARO (Япония). В опубликованных в печати планах на 2013 г. упоминаются не менее 6 гражданских отечественных спутников «Ресурс-П» № 1 и № 2, «Канопус-СТ», «Электро-Л» № 2, «Кондор-Э», «Метеор-М» № 2 [6].

Создание картографической основы государственного кадастра недвижимости.

Об актуальности и правильности принятого государством решения по реализации, пожалуй, крупнейшего геопространственного инфраструктурного проекта за историю современной России уже довольно много сказано. Проект действительно беспрецедентный, как по объему данных, так в целом и по ожидаемому результату – покрытие всей страны актуальными космическими снимками полуметрового пространственного разрешения. Целью выполненных работ являлось создание полного и достоверного источника информации об объектах недвижимости. Ожидаемые результаты данного проекта обозначены как формирование цифровой картографической основы ведения государственного кадастра недвижимости. В результате реализации проекта на основе сверхвысокодетальных космических снимков созданы цветные ортофотопокрытия полуметрового разрешения, покрывающие всю территорию РФ [5].

Облачность изображений не превышает 15%. Данное спутниковое покрытие начало формироваться в 2009 году, но покрыты преимущественно результатами космической съемки 2010-2012 гг. Доступ к этим данным на еще более демократичных условиях пользователи могут получить с помощью сервиса «Экспресс.Космоснимки» (каталог покрытий: http://express.kosmosnimki.ru/). Сервис обеспечивает легитимный доступ к спутниковым данным с возможностью дальнейшего коммерческого использования производных продуктов, не содержащих пиксельной структуры исходных снимков [5].

Таким образом, сформирована единая база данных космической информации, обладающая единством всех технических характеристик обеспечивающих картографирование всей территории РФ в масштабном ряду вплоть до масштаба 1:2 000.

Геопортал МГУ и консорциум УНИГЕО

Геопортал МГУ представляет собой геоинформационный комплекс, включающий аппаратную часть, программную часть, а также пополняемые базы данных на основе космических снимков и карт [2].

Система запущена в эксплуатацию в декабре 2010 г. В результате довольно динамичного развития проекта, осенью 2011 г. была сформирована постоянно действующая рабочая группа Геопортала МГУ состоящая из четырех человек.

К середине мая 2013 г. было зарегистрировано около 200 активных пользователей Геопортала МГУ (в основном естественные ф-ты МГУ). Большинство пользователей составляют студенты и научные сотрудники, каждые — более трети от общего количества, в остальную треть входят профессора, доценты, персонал учебно-научных баз [3].

По опыту эксплуатации Геопортала МГУ в 2010-2012 гг., наиболее важной его возможностью для сотрудников и учащихся МГУ является бесплатный заказ прицельных съемок со спутников FORMOSAT-2 и RADARSAT-1, а также получение материалов съемок SPOT 4, проводящихся в регулярном режиме.

В 2011 - 2013 гг. около 150 человек прослушали курсы по обработке космических снимков в рамках восьми циклов обучения. По статусу на курсах преобладали преподаватели, сотрудники и аспиранты. К началу 2012 г. космические снимки, полученные по линии Геопортала МГУ, использовались в 11 кандидатских диссертациях и более чем в 50 курсовых, дипломных и магистерских работах, в 21 научном гранте, 7 хоздоговорах, 12 статьях, 20 докладах на конференциях [1,3,4].

В 2011 году инициирована совместная работа МГУ и других вузов в консорциуме «Университетские геопорталы» (УНИГЕО), объединяющем более 20 вузов. Цель УНИГЕО - эффективное использование имеющегося потенциала высшей школы для внедрения спутниковых технологий дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий в российское образование, в том числе оптимизация расходования средств на приобретение снимков путем объединенного лицензирования для ряда крупных университетов; улучшение доступа к образовательным интернет-ресурсам; организация всероссийских школ-конференций по аэрокосмическому зондированию.

Под эгидой Геопортала на географическом факультете МГУ организован постоянный научно-образовательный семинар по аэрокосмическому зондированию, включающий лекции и мастер-классы пользователей Геопортала и известных ученых в области аэрокосмического зондирования, открытый для всех желающих.

Примерно одна десятая часть научных работ, проводимых на основе использования материалов Геопортала МГУ, посвящены исследованиям в пределах криолитозоны России. Ряд работ посвящены исключительно геодинамическим процессам, происходящим в криолитозоне.

Выводы

Современный уровень развития методов и средств ДЗЗ дает широкие возможности для исследователей как с точки зрения использования различных масштабов картографирования, так и многовариантности относительно типов данных, их спектральных характеристик и т.д.

Необходимо отметить, что в рамках реализации ряда крупных государственных программ сформированы уникальные БД космической информации, охватывающие всю страну и дающие возможность изучать ее особенности в кадастровых масштабах исследования, доступ к которым максимально упрощен и демократизирован.

Целевая поддержка государства позволила получать и использовать материалы ДЗЗ как в образовательном процессе, так и в научных и хоздоговорных работах, что в значительной степени стимулирует развитие различных направлений исследования природных и социально-экономических объектов.

Литература

1. *Зимин М.В, Тутубалина О.В.* Геопортал МГУ: история, результаты, перспективы развития // Земля из космоса. Наиболее эффективные решения, выпуск 14, 2012, с. 54-61.

2. *Тутубалина О.В., Балдина, Зимин М.В., Е.А., Ботавин Д.В., Еремкина П.Г.* Геопортал МГУ – новые возможности для географических исследований и образования // Современная

географическая картография, под редакцией И.К. Лурье и В.И. Кравцовой. М.: Дата+, 2012, с. 236-242.

3. *Зимин М.В, Тутубалина О.В* Геопортал МГУ: история, результаты, перспективы развития // Земля из космоса. Наиболее эффективные решения, выпуск 14, 2012, с. 54-61.

4. *Ботавин Д.В., Тутубалина О.В., Зимин М.В., Еремкина П.Г.* Геопортал МГУ: региональные проекты // Земля из космоса. Наиболее эффективные решения, выпуск 16, 2013, с. 52-56.

5. *Зимин М.В.* Промежуточные результаты реализации государственного контракта по созданию картографической основы государственного кадастра недвижимости // Земля из космоса. Наиболее эффективные решения, выпуск 16, 2013, с. 20-26.

6. *Кучейко А.А.* Итоги запусков спутников съемки Земли в 2012 г.: наступление Китая и возрождение Франции // Земля из космоса. Наиболее эффективные решения, выпуск 16, 2013, с. 141-156.

7. http://www.unigeo.ru/ - Консорциум УНИГЕО

8. http://www.geogr.msu.ru/science/projects/geoportal/ - Геопортал МГУ

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ И РАЗМЕРОВ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОРФОЛОГИИ ЛАНДШАФТА

В.Н. Капралова

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН),
vkapralova@gmail.com

STUDY OF THERMOKARST LAKES LOCATION AND SIZES BY MEANS OF REMOTE SENSING DATA AND METHODS OF MATHEMATICAL MORPHOLOGY OF THE LANDSCAPE

V.N. Kapralova

Sergeev Institute of Environmental Geoscience Russian Academy of Sciences (IEG RAS),
vkapralova@gmail.com

Большие пространства в северных широтах занимают территории с развитием термокарстовых процессов. В нашей работе мы рассматриваем участки озерно-термокарстовых равнин, которые, как правило, представляют собой относительно плоскую поверхность с тундровой растительностью и хаотично расположенными озерами округлой или близкой к овалу формой. Для анализа закономерностей пространственного строения и динамики озер нами были использованы методы математической морфологии ландшафта.

Метод математической морфологии ландшафта позволяет исследовать количественные закономерности построения мозаик, образованных природно-территориальными комплексами на земной поверхности и способы математического анализа этих мозаик [2].

В основу исследования была положена математическая модель морфологического строения озерно-термокарстовых равнин, базирующаяся на использовании математических зависимостей, между основными геометрическими характеристиками ландшафтного рисунка.

В рамках настоящей модели рассматривалась упрощенная схема возникновения и развития понижений, согласно ей, одним из основных процессов развития озерно-термокарстовой равнины являлся процесс возникновения термокарстовых понижений; генерация понижений происходила под действием комплекса причин, основной из которых является накопление некоторой критической мощности воды, после которой начинается необратимый процесс деградации многолетнемерзлых пород [6].

После появления термокарстового очага, наряду с углублением понижения происходит рост его размеров за счет не только термоденудационных, но и термоабразионных, и других процессов, при этом происходит деградация мерзлоты по бортам с последующим их обрушением.

В основу модели могут быть положены следующие предположения:

1. Процесс появления первичных понижений является вероятностным и на непересекающихся площадках идет независимо.

2. Генерация термокарстовых понижений произошла одновременно, вероятность возникновения одного понижения на пробной площадке зависит только от ее площади и она много больше, чем вероятность возникновения нескольких понижений.

3. Рост размеров озер благодаря термоабразионному воздействию, происходит независимо друг от друга, и он прямо пропорционален запасам тепла в озере и обратно пропорционален площади боковой поверхности озерной котловины.

При исследовании закономерностей строения термокарстовых равнин изучение было сосредоточено на ряде участков, которые для краткости можно назвать эталонными.

Участки (рис.1), на основе которых проводились наши исследования, находятся в разных физико-географических, геологических и климатических условиях. По геокриологическим условиям, участки лежат в пределах распространения многолетнемерзлых пород: от редкоостровного (участки 1 и 4), массивно островного и прерывистого (участки 2, 3, 5) до сплошного распространения мерзлых пород (участки 6, 7, 8, 9, 10). Различна также мощность мерзлых пород – от первых десятков метров, до первых сотен.

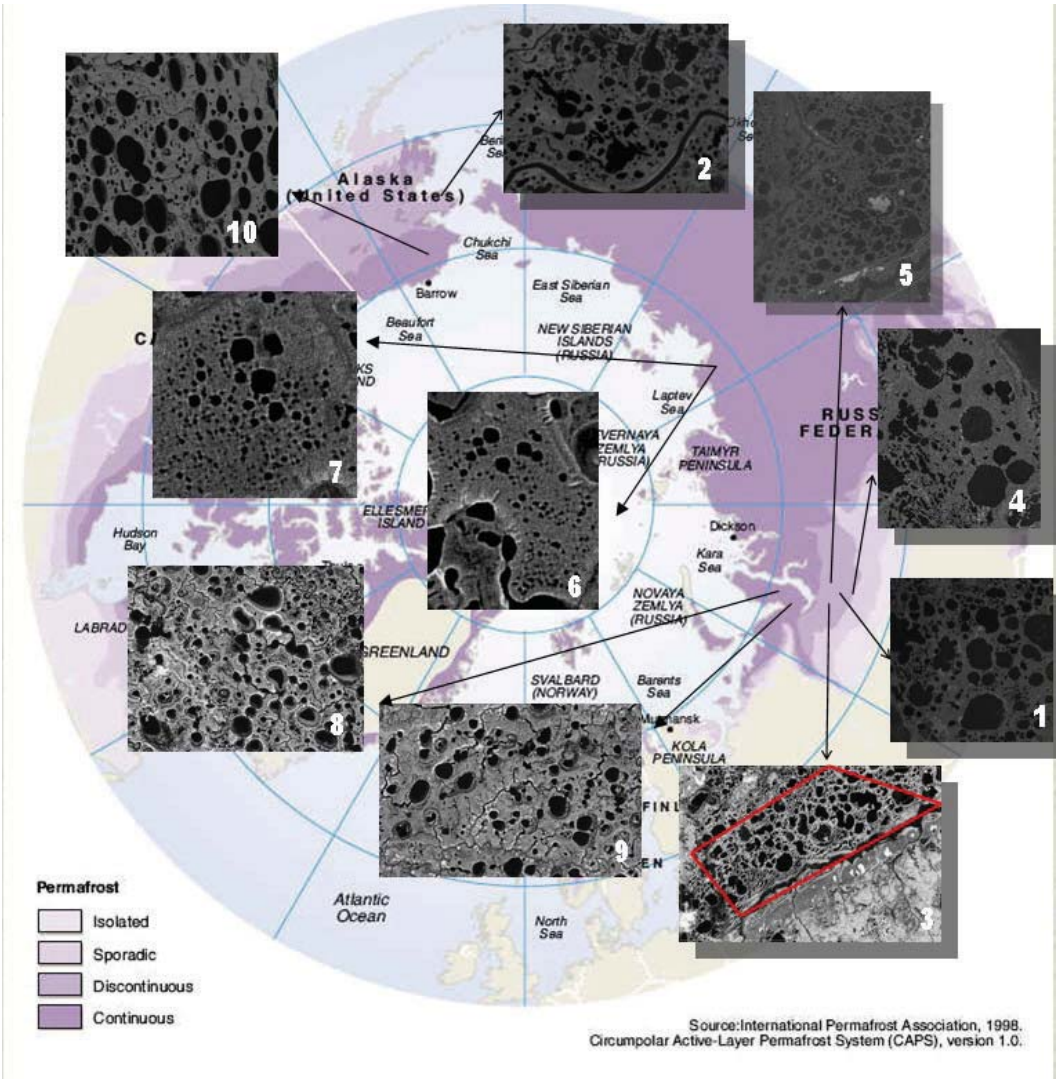


Рис. 1. Фрагменты космических снимков на тестовые участки

Основания модели позволили аналитическим путем получить закономерности размеров очагов озерно-термокарстовой равнины [3]. Из модели следует, что в отдельный момент времени, площади озер должны подчиняться логнормальному распределению.

В основу проверки была в большинстве случаев положена следующая методика. Изучаемые участки были оцифрованы в специально разработанной программе «Векторизатор» (Викторов А.А.). Водная поверхность озер довольно контрастна по отношению к окружающей среде и хорошо дешифрируема визуально. «Векторизатор» позволяет привести изображение к бинарному виду, после чего оператором, на увеличенном фрагменте изображения, определяется и выделяется граница озера в полуавтоматическом режиме. Далее программа автоматически с высокой точностью вычисляет диаметр, площадь, периметр, расположение центра тяжести и другие параметры формы контура. После этого, в программе «Статистика» определялись значения теоретической функции распределения и согласие теоретического и эмпирического распределений по критерию Пирсона.

Анализ показал, что на выбранных участках находящихся в разных физико-географических, климатических и геологических условиях, местами с действием усложняющих факторов (таких как озера сложной формы, озера с протоками, слившиеся и вытянутые под действием преобладающих ветров озера) теоретические предположения о логнормальном росте площадей озер подтверждаются экспериментально. Рассматривались другие теории роста площадей термокарстовых озер [1, 4, 5], рассмотрение выявило, что для исследуемых участков, предположение о логнормальном росте более всего отвечает экспериментальной кривой распределения площадей озер (рис.2).

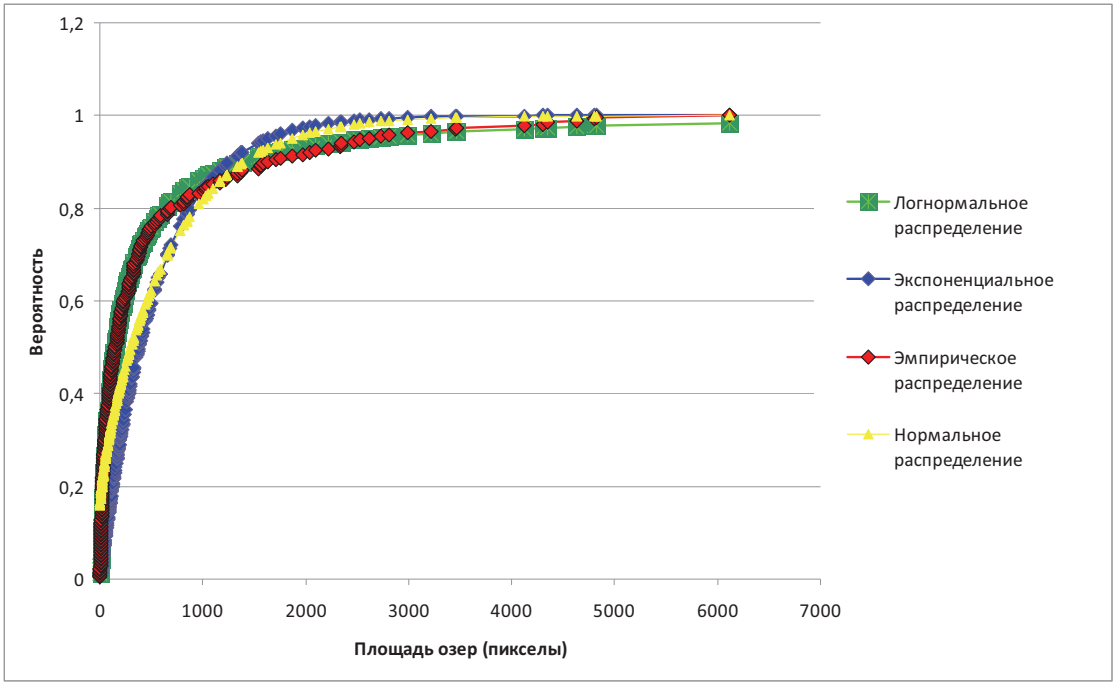


Рис. 2. График сравнения разных видов распределения для участка 6

Другим элементом исследований было изучение планового расположения озер. Созданные основания модели позволяют аналитическим путем получить закономерности расположения очагов термокарстовой равнины [3].

Аналитически было получено, что исходя из вышеперечисленных положений, на однородных территориях с развитием термокарстовых процессов, независимо от климатических, геологических, физико-географических и других условий, пространственное расположение озер на случайно выбранной площадке должно подчиняться распределению Пуассона.

Измерения распределения центров проводилось на тех же эталонных участках. Для этого в программе «Векторизатор», выделялась область с оцифрованными озерами, и, с помощью специального программного модуля, производился подсчет количества центров озер, попадающих на случайно выбранную (с помощью датчика случайных чисел) площадку (в данном случае – круга), постоянного размера. Были получены статистические распределения центров озер. Для каждого участка было проведено несколько серий экспериментов, с кругами разной площади.

Анализ показал, что на выбранных участках, распределение Пуассона для расположения термокарстовых озер справедливо для различных условий, в частности, независимо от слияния озер, но, на вид распределения, видимо, влияет неравномерность роста озер (когда озера растут согласно преобладающим ветрам).

Литература

1. *Арэ Ф.Э., Балобаев В.Т., Босиков Н.П.* Особенности переработки берегов термокарстовых озер Центральной Якутии // Озера криолитозоны Сибири. – Новосибирск: Наука, 1974.

2. *Викторов А.С.* 1998. Математическая морфология ландшафта. М.: «ТРАТЕК», 180 с.

3. *Викторов А.С.* 2006. Основные проблемы математической морфологии ландшафта. М.: Наука, 252с.

4. *Полищук В.Ю.* Математическое моделирование динамики термокарстовых процессов на территории многолетней мерзлоты Западной Сибири. Автореф канд. дисс. г. Барнаул, 2012 г.

5. *Burn C.R., Smith M. W.* 1990. Development of Thermokarst Lakes During the Holocene at Sites Near Mayo, Yukon Territory. Permafrost and Periglacial Processes, v. 1, pp. 161-176.

6. *Perlstein G.Z., Levashov A.V., Sergeev D.O.* 2005. Analysis of thermokarst's early stage with deterministic methods// Transaction of the Second European Permafrost Conference. Potsdam, p.143-144.

ПРИМЕНЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ТЕРМОДЕНУДАЦИИ И ТЕРМОАБРАЗИИ НА ЗАПАДНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ОСТРОВА КОЛГУЕВ

А.И.Кизяков, М.В.Зимин*, М.О.Лейбман, Н.В.Правикова*****

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, географический факультет, akizyakov@mail.ru

** Инженерно-технологический центр «СканЭкс» (ИТЦ СканЭкс)*

*** Институт криосферы Земли СО РАН*

**** Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, геологический факультет*

THE APPLICATION OF HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES TO DETERMINE THE RATE OF THERMAL DENUDATION AND THERMAL ABRASION ON THE WESTERN COAST OF KOLGUEV ISLAND

A.I. Kizyakov, M.V. Zimin*, M.O. Leibman, N.V. Pravikova*****

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, akizyakov@mail.ru

** ScanEx Research and Development Center*

*** Earth Cryosphere Institute SB RAS*

**** Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology*

Введение

Механизмы разрушения и динамика развития арктических берегов, в том числе и Западного сектора Российской Арктики, в котором проводились наши наблюдения, подробно изучены, в том числе с применением материалов дистанционного зондирования [1, 2, 4, 5, 6, 7]. Отличительной чертой районов с залежами пластовых льдов, выделяющей их среди побережий, сложенных мно-

голетнемерзлыми породами, является наличие участков с резкой активизацией процессов термоденудации, вызванной вскрытием мощных залежей льда. К участкам вскрытия пластовых льдов приурочены береговые термоцирки и термотеррасы, скорость отступания тыловых стенок которых намного превосходит скорость термоабразионного отступания береговых уступов соседних участков [4].

Данные по динамике берегов и скорости термоденудации на острове Колгуев достаточно ограничены. Оценочные данные по динамике берегов и бровок термоцирков приведены в статье М.А. Великоцкого [3]. Работы по определению скоростей термоденудации обрывов на ключевом участке острова Колгуев в районе устья реки Саучиха за период 1948-2002 гг. с использованием данных дистанционного зондирования проводились авторами ранее [8, 9].

Для получения данных о современных (после 2002 года) скоростях отступания береговой линии и роста термоцирков привлечены материалы космической съемки высокого пространственного разрешения 2009 и 2012 гг.

Ключевой участок и методы исследований

Участок западного побережья острова Колгуев был обследован нами в ходе экспедиционных работ, проведенных в 2002 году ИКЗ СО РАН совместно с ВНИИОкеангеология [8, 9]. Объектом исследований был участок побережья, включающий группу из трех прибрежных термоцирков, расположенных в 3,5 км южнее устья р.Саучиха.

В 2012 году в рамках проекта «Геопортал МГУ» была заказана и выполнена оперативная съемка участка побережья о. Колгуев со спутника FORMOSAT-2. Получены летние безоблачные снимки 79,5-км участка побережья без снежного покрова.

Высокое разрешение космических снимков предоставляет широкие возможности для визуального дешифрирования прибрежных форм рельефа. Четко выделяются бровки термоцирков и берегового уступа, материал, обрушившийся на пляж, выдвинутые в подзону прибоя конусы выноса, формирующиеся в устьях активно развивающихся термоцирков.

Для изучения динамики берегов и термоцирков на ключевом участке использованы аэрофотоснимки 1948 и 1968 года, материалы топографической съемки 2002 года, космические снимки высокого разрешения 2009 и 2012 гг.

Для пространственной привязки всех имеющихся данных дистанционного зондирования в качестве базового использовался предоставленный ИТЦ СканЭкс фрагмент ортотрансформированного космического снимка GeoEye 2009 года с уточнением привязки по результатам полевой топографической съемки 2002 года.

Трансформация, совмещение и дешифрирование снимков проводилось в программном пакете ScanEx IMAGE Processor. Точность определения положения дешифрируемых элементов рельефа на космоснимках составляет половину пространственного разрешения: ± 0,25 м для снимка GeoEye и ± 1,0 м для снимков FORMOSAT-2.

Для активно развивающихся термоцирков с отступающими стенками дешифровочными признаками являются:

- характерная циркообразная форма в плане,
- наличие отвесных отступающих стенок, глубоких врезов, которые зачастую выделяются по теням,
- четкая бровка уступа, выделяющаяся по тени и резкой смене спектральных характеристик снимка,
- отсутствие растительного покрова на склонах, выражающееся в изменении спектральных характеристик снимка,
- потоки оттаявшего материала в днище термоцирков, выделяющиеся по форме и структуре,
- конусы выноса в устьях, выдвигающиеся в волноприбойную зону, веер взвеси в береговой зоне, выделяющиеся по форме и структуре.

Для термоцирков, находящихся в стадии стабилизации, характерны:

- циркообразная форма в плане,
- плавные перегибы склонов, отсутствие отвесных стенок, отсутствие четкой линии бровки, выражающиеся в плавных спектральных переходах, отсутствии теней в структуре объекта,

- наличие пионерной растительности на наиболее стабильных склонах, выражающееся в спектральных характеристиках снимка,

- эрозионные промоины в днище и на склонах, не заполненные массой оттаявшего материала, выделяющиеся по форме и структуре,

- отсутствие конусов выноса в устьях, отсутствие вееров взвеси в береговой зоне.

Для измерения скоростей разрушения берегов в 10-летний интервал времени (2002-2012 гг.) ключевой участок разбит на 50-м отрезки. В пределах каждого из получившихся 94 отрезков проводилось несколько измерений отступания бровок, подножия берегового уступа, границы обрушившегося материала на пляже. Измерения выполнялись по нормали к фронту отступания. В атрибутивную таблицу вносились минимальное, максимальное и среднее значения величины отступания для отрезка.

Результаты

Для ключевого участка рассчитаны:

- скорости отступания бровки берегового уступа и термоцирков за периоды 1948-1968, 1968-2002, 2002-2009, 2009-2012 гг.;

- скорости отступания подножия берегового уступа за периоды 2002-2009, 2009-2012 гг.,

- объем поступления материала в береговую зону при термоабразионном разрушении 1 погонного км берега.

Полученные пять положений бровки берегового уступа позволили вычислить средние скорости разрушения берегов за 20-летний период с 1948 по 1968 гг., 34-летний с 1968 по 2002 гг., 7-летний с 2002 по 2009 гг. и 3-летний с 2009 по 2012 гг. В пределах ключевого участка средние многолетние скорости отступания берегового уступа изменялись от 0,7 до 2,4 м/год. Скорости отступания берегового уступа севернее термоцирков в период 1968-2002 гг. сокращались до 0,3-1 м/год. Эти величины ближе всего к оценочным данным, приводимым М.А. Великоцким [3] – 0,1-0,2 м/год. В последнее десятилетие средние скорости изменялись в диапазоне от 1,7 до 2,4 м/год. Выявленные скорости разрушения береговых уступов характерны для участка западного побережья острова Колгуев от устья реки Кривая до излома береговой линии в районе устья реки Гусиная. Протяженность этого участка побережья 60,5 км.

Осредненные скорости роста термоцирков за период 1948-2002 гг. составляли 2,4 м/год. В последнее десятилетие с 2002 по 2012 гг. средние скорости отступания стенок термоцирков составили 2,6 м/год. Максимальные скорости на отдельных участках в 2009-2012 гг. составляли 14,5-15,1 м/год. Определенные скорости развития термоцирков можно распространить на весь участок побережья общей протяженностью 32,3 км, где по результатам анализа космических снимков 2012 года эти формы встречаются - к северу от ключевого участка (в районе устья р.Саучиха) до района устья р.Гусиная.

Выводы

1. В условиях отсутствия возможности проведения регулярных полевых работ на стационарах современная космическая съемка высокого пространственного разрешения представляет собой наиболее перспективный инструмент изучения морфологии морских береговых уступов и определения динамики процессов термоденудации и термоабразии.

2. С использованием космических снимков, полученных в рамках реализации проекта Геопортал МГУ, выявлены современные скорости процессов термоабразии и термоденудации на ключевом участке на западном побережье острова Колгуев. Осредненные скорости роста термоцирков в период 1948-2002 гг. составляли 2,4 м/год, в период 2002-2012 гг. – 2,6 м/год.

3. Средние скорости отступания береговых уступов без термоцирков в период 2002-2012 гг. составляли 1,7-2,4 м/год. Эти скорости в 1,1-1,5 раза ниже средних скоростей отступания бровок термоцирков, связанных с вытаиванием залежей пластовых льдов.

Литература

1. *Арэ Ф.Э.* Термоабразия морских берегов, М., Наука, 1980, 159с.

2. *Васильев А.А.* Влияние факторов природной среды на динамику морских берегов западного сектора Российской Арктики // Криосфера Земли, 2005, т. IX, №3, с. 64–72.

3. *Великоцкий М.А.* Особенности современной динамики берегов о.Колгуев // Динамика Арктических побережий России, Москва, МГУ, 1998, с.93-101.

4. *Кизяков А.И., Лейбман М.О., Передня Д.Д.* Деструктивные рельефообразующие процессы побережий арктических равнин с пластовыми подземными льдами // Криосфера Земли, 2006, т. X, № 2, с. 79-89.

5. *Огородов С.А., Белова Н.Г., Кузнецов Д.Е., Носков А.И.* Использование материалов разновременных аэрокосмических съемок в целях исследования динамики берегов Карского моря // Земля из космоса. Наиболее эффективные решения, выпуск 10, 2011, с. 66-70.

6. *Пижанкова Е.И.* Термоденудация в береговой зоне Ляховских островов (результаты дешифрирования аэрокосмических снимков) // Криосфера Земли, 2011, т. XV, № 3, с. 61-70.

7. *Günther F., Overduin P.P., Sandakov A.V., Grosse G., Grigoriev M.N.* Thermo-Erosion along the Yedoma Coast of the Buor Khaya Peninsula, Laptev Sea, East Siberia. Proceedings of the Tenth International Conference on Permafrost. Salekhard, Yamal-Nenets Autonomous District, Russia. June 25–29, 2012. Volume 1: International Contributions. P.137-142.

8. *Kizyakov A.I., Perednya D.D.* Destruction of coasts on the Yugorsky Peninsula and on Kolguev Island, (Russia) // Permafrost. 8th International Conference on Permafrost 21-25 July 2003, Zurich, Switzerland, Extended Abstracts on Current Research and Newly Available Information, Haeberli and Brandova (eds), University of Zurich, Switzerland, 2003, p.79-80.

9. *Perdnya D.D., Leibman M.O., Kizyakov A.I., Vanshtein B.G., Cherkashov G.A.* Coastal dynamics at the western part of Kolguev Island, Barents Sea // Reports on Polar and Marine Research, Arctic Coastal Dynamics, Reports of the 3rd International Workshop, University of Oslo (Norway) 2-5 December 2002, AWI Bremerhaven, Germany, 443, 2003, p.92-94.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ КРИОЛИТОЗОНЫ В РАЙОНАХ ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

С.Г. Корниенко

Институт проблем нефти и газа РАН, spaceakm2@ogri.ru

USE OF SATELLITE DATA IMAGERY FOR MAPPING AND MONITORING OF NATURAL LANDSCAPES OF THE PERMAFROST IN THE AREAS OF OIL AND GAS DEVELOPMENT

S.G. Kornienko

Oil and Gas Research Institute RAS, spaceakm2@ogri.ru

К числу основных мероприятий по обеспечению эколого-промышленной безопасности при освоении нефтегазовых месторождений Арктики и Субарктики относится создание эффективных систем картографирования и мониторинга опасных геоэкологических и геокриологических процессов. Наиболее значимые изменения окружающей среды, обусловленные влиянием природных и антропогенных факторов, в большинстве случаев проявляются в ландшафте, что находит свое отражение в динамике геоморфологических, геоботанических, гидрографических, теплофизических индикаторов. В то же время информативность ландшафтных индикаторов арктических и суб-

арктических районов и возможности использования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для их картографирования и контроля исследованы не в полной мере.

Известно, что в большинстве случаев антропогенное воздействие является первопричиной развития опасных геокриологических процессов (ОГП), повышающих риски эксплуатации объектов и сооружений в районах сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП). В связи с этим, чрезвычайно важна не только характеристика типов и масштабов трансформаций природных ландшафтов, но и их связь с техническими объектами. По данным наземных наблюдений, составляющих основу экологического и геоэкологического мониторинга нефтегазодобывающих предприятий, невозможно в полной мере воспроизвести картину происходящих изменений, поскольку нарушения (или загрязнения) ландшафта пространственно неоднородны, а сети постов наблюдений редкие. Учитывая масштабы и пространственную неоднородность изменений природной среды в районах освоения нефтегазовых месторождений Арктики и Субарктики, создание эффективных систем геоэкологического мониторинга возможно только на основе данных ДЗЗ. В этой связи в ИПНГ РАН была разработана методика количественной оценки площади антропогенных нарушений в районах освоения нефтегазовых месторождений Арктики и Субарктики, основанная на использовании разновременных данных космической съемки.

Примером реализации методики могут служить результаты оценки площадных изменений доминирующих типов коренной тундровой и лесотундровой растительности на территории Тазовского полуострова (70 тыс. км^2) в масштабе 1 : 1 000 000 и более детально (1: 100 000) в районе Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ), полученные по данным спутников NOAA и Landsat 1988 и 2001 гг. съемки. На основе предложенного подхода впервые была проведена количественная оценка масштабов антропогенных нарушений растительности на территории полуострова за 30 лет с начала освоения месторождений УВ. В данном случае для характеристики трансформаций растительного покрова (РП) на всем полуострове использовались снимки спутников NOAA (разрешение 1,1 км), а для эталонирования и контроля снимки спутников Landsat (разрешение 30 м) на фрагмент территории Тазовского полуострова (Уренгойское НГКМ), а также снимок КФА-1000 (разрешение 7 м). По результатам наземных наблюдений, проведенных в границах снимка КФА-1000, были оконтурены участки однородной коренной растительности (ягельники, лиственничные древостои) и другие поверхности ненарушенного состояния (песчаные отмели, водные поверхности), используемые в качестве эталонов.

Места наибольшей концентрации нарушений РП до 1988 г. сосредоточены в пределах контуров трех крупнейших месторождений: Медвежьего, Уренгойского и Ямбургского. В абсолютных показателях площади максимальных нарушений отмечены на Ямбургском (более 1800 км^2), Уренгойском (около 1200 км^2) и на Медвежьем (более 1100 км^2) месторождениях. Площадь, относимая к месторождениям (лицензионным участкам), составляет около 35 % от исследуемой территории Тазовского полуострова. В сумме площадь трансформированных территорий составляет 13,9 % (около 10 000 км^2), в том числе 11,2 % площадей, относимых к нарушениям до 1988 г. и 2,7 %, относимых к нарушениям за период с 1988 по 2001 гг. Для большинства месторождений доминирующими являются нарушения до 1988 г. Из полученных результатов следует, что около 80 % нарушений происходили на стадиях разведочного бурения и строительства основных нефтегазовых объектов. В основном, к нарушенным зонам относятся территории уничтоженных пожарами ягельников, и факт сокращения их площади неоднократно отмечался в литературе. Трансформация поверхностных покровов неизбежно влечет за собой изменения в ландшафте, биосфере, криосфере и гидросфере данной территории. Эти процессы сопровождаются растеплением мерзлых грунтов, изменением направлений движения поверхностных и грунтовых вод, образованием подтоплений на одних участках и дренирования других, развитием бугров пучения и т.д. Нарушения природных ландшафтов по масштабам и характеру аналогичные тем, что выявлены на месторождениях и вблизи технических объектов Тазовского полуострова, при освоении месторождений на полуострове Ямал могут привести к катастрофическому затоплению территорий, поскольку мерзлые грунты на Ямале отличаются высокой льдистостью и соленостью. В этой связи чрезвычайно важна организация аналогичной системы мониторинга за состоянием поверхностных покровов на Ямале, а учитывая динамичный характер вероятных антропогенных трансформаций

ландшафта, полный контроль над ними может быть осуществлен только на основе данных аэрокосмических наблюдений.

К числу важнейших геоиндикаторов, характеризующих современную динамику ландшафта криолитозоны, относятся гидрографические индикаторы. Изменение площади крупных водоемов (ПКВ) в криолитозоне связно с природными (метеорологическими, климатическими, тектоническими) и антропогенными факторами. Несмотря на то, что водоемы достаточно уверенно классифицируются по данным ДЗЗ, любая количественная оценка их площади (или изменения площади) должна основываться на знании величины погрешностей измерений ПКВ, обусловленной применением той или иной съемочной системы и методики оценки. Существенные сезонные и межгодовые вариации ПКВ в криолитозоне создают проблему при оценке погрешностей из-за несинхронности съемки эталонных и оцениваемых водоемов. В ИПНГ РАН разрабатываются различные методики оценки погрешностей измерения ПКВ и их изменений по космическим снимкам (КС). В частности, для характеристики погрешностей при измерении абсолютных значений ПКВ по КС высокого пространственного разрешения были выбраны 130 озер с площадью от 69 м^2 до 1,24 км^2 в районе станции Марре-Сале (Западный Ямал). В работе использован космический снимок со спутника GeoEye-1 (22.07.2009 г.) с пространственным разрешением 0,5 м в панхроматическом канале и 2,0 м в спектральных каналах. Водоемы, выделенные по данным панхроматического канала спутника GeoEye-1, использовались в качестве эталонов, относительно которых определялась их площадь по многоспектральным данным спутников GeoEye-1. Для оценки точности вычислялась относительная погрешность $\delta = \frac{S_{ri} - S_i}{S_{ri}} \cdot 100\%$ и модальная относительная погрешность $|\delta| = \frac{|S_{ri} - S_i|}{S_{ri}} \cdot 100\%$, где S_{ri} – площадь i-ого эталонного водоема, S_i – площадь i-ого водоема по данным многоспектральной съемки со спутников GeoEye-1. Для выделения водоемов был выбран алгоритм неконтролируемой классификации Isodata с разделением на 6 классов, показавший наименьшую суммарную погрешность по району.

В таблице показана рассчитанная по установленной регрессионной зависимости связь погрешности измерения площади отдельного водоема с размерами его площади и пространственным разрешением КС. В правом столбце таблицы 1 даны значения отношения ПКВ (S_i) к площади пиксела (S_{px}), соответствующие заданной погрешности измерения (левый столбец).

Связь погрешности измерения ПКВ с его размерами и пространственным разрешением КС

Относительная погрешность, (%)	**Минимальная площадь (S_i) водоема, км^2**	**S_i / S_{px}**
10,0	0,0012	3,0 x 10^2
1,0	0,1	2,5 x 10^4
0,1	10,0	2,5 x 10^6

В задачах геоэкологического мониторинга измерение отклонений площади проективного покрытия элементов ландшафта зачастую играет не менее важную роль, чем измерение абсолютных значений площади. При использовании однотипных съемочных систем с идентичными техническими характеристиками погрешность при измерении отклонений ПКВ может быть существенно ниже по сравнению с измерением абсолютных значений ПКВ. Однако оценить погрешности при относительных измерениях с использованием однотипных систем ДЗЗ также достаточно сложно из-за отсутствия синхронных данных. В этой связи для оценки погрешностей была предложена методика, основанная на анализе зон перекрытия КС, разнесенных по времени на полминуты (за время пролета спутника). Методика опробована на паре КС со спутника Landsat 7 (16.09.1999 г.) с зоной перекрытия от южной части Бованенковского ГКМ до Больших озер в центральной части Ямала. При таком подходе ПКВ в области анализа можно считать постоянной, а все различия в их площади могут быть связаны только с методическими погрешностями. Для оценки погрешностей было выбрано 210 озер с площадью от 0,016 км^2 до 5,3 км^2. Выделение водоемов проводилось по алгоритму Isodata с разделением на 2 класса (суша, вода). Использование

других алгоритмов и увеличение числа классов в данном случае не приводило к снижению суммарной погрешности. Так же как и при абсолютных измерениях для оценки погрешности отклонения отдельного водоема все водоемы делились на группы с выбранными интервалами площадей. Однако в данном случае оценивались не средние по группе погрешности, а максимальные (модальные) по аналогичным группам погрешности. Анализ отклонений ПКВ показал, что в интервале ПКВ от 0,1 до 5,0 км^2 максимальная погрешность снижается с 8,0% до 0,5 %. Тенденция снижения погрешности наблюдается также при оценке отклонений суммарной площади районной группы водоемов, под которой понимается общая площадь водоемов различного размера, попадающих в выбранный район. В интервале от 20 до 200 км^2 суммарной площади групп водоемов максимальная погрешность снижается с 1,0% до 0,2 %.

В ИПНГ РАН совместно с ВСЕГИНГЕО разрабатываются методы картографирования и мониторинга геокриологических условий в районах расположения объектов нефтегазового комплекса (НГК) с использованием архивных аэрофотоснимков (АФС) и современных космических данных ДЗЗ сверхвысокого пространственного разрешения. Ландшафтными индикаторами геокриологических условий могут быть природно-территориальные комплексы разных рангов, система которых была разработана в процессе комплексных исследований криолитозоны. В частности, вдоль трассы газопровода «Бованенково-Байдарацкая губа» были определены геоморфологические, геоботанические и гидрографические индикаторы проявления ОГП. По данным повторного дешифрирования АФС 1989 г., КС сверхвысокого разрешения (спутник GeoEye-1) 2010 г., а также по результатам полевых наблюдений составлены карты геокриологического районирования в масштабе 1:10 000 на 5 тестовых участков общей площадью более 100 км^2 вдоль трассы газопровода с указанием мест вероятного развития ОГП. Повторное дешифрирование разновременных материалов ДЗЗ (АФС и КС) позволяет выявлять динамику геокриологических условий и, прежде всего, проявление современных природных и техногенных процессов.

Работы выполнялись по программе фундаментальных исследований ОНЗ РАН «Природные и социально-экономические факторы изменения окружающей среды» и в рамках проекта 4.3.2. «Геоиндикаторы изменения окружающей среды в районах интенсивного освоения нефтегазовых месторождений и методы их оценки» программы Президиума РАН №24.

ДИСТАНЦИОННЫЕ ДАННЫЕ И ПРЯМЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ВОДОРОДНОЙ ДЕГАЗАЦИЕЙ ЗЕМНЫХ НЕДР КАК ОБОСНОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОРИЕНТИРОВАННЫХ ОЗЕР НА ТЕРРИТОРИИ ЯНО-ИНДИГИРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Н.В.Ларин[1,2], В.Н.Ларин[1], В.А.Згонник[1], С.Н.Родина[2]
[1]Natural Hydrogen Energy Ltd.
[2]Институт Физики Земли (ИФЗ РАН), larin.hydrogen@gmail.com

REMOTE DATA AND DIRECT OBSERVATION OF HYDROGEN DEGASSING OF EARTH'S INTERIOR AS SUBSTANTIATION OF THE ORIENTED LAKE FORMATION MECHANISM ON THE YANA-INDIGIRKA LOWLAND

N.Larin[1,2], V.Larin[1], V.Zgonnik[1], S.Rodina[2]
[1]Natural Hydrogen Energy Ltd.
[2]Schmidt Institute of Physics of the Earth (IPE RAS), larin.hydrogen@gmail.com

Вселенная состоит на 98% из водорода. Предполагается, что при конденсации протопланетного облака существенное количество водорода могло быть запасено в недрах формирующихся планет [1, 2, 5]. Дальнейшее развитие планеты должно сопровождаться

дегазацией недр. Водород, присутствующий в составе газов, выделяющихся из курильщиков на осевых хребтах океанов, явление грандиозное, планетарное и широко известное, поэтому мы не будем заострять на нем свое внимание.

Как заметил В.Л.Сывороткин: «Водород и гелий преобладают в составе атмосферы Земли с высоты около 1000 км. В космосе за нашей планетой протягивается водородный шлейф. Уже сам факт такого распределения легких газов между ядром Земли и её атмосферой заставляет искать следы водорода на его пути из ядра в космос» [4].

«Вечный огонь» в Турции (до 20% H2), на Филиппинах (до 60% H2), пузыри газа в водоемах Al-Haylain Омана (82% H2) являются хорошей иллюстрацией к приведенной выше цитате. Вместе с тем, нам хотелось найти места дегазации водорода на платформах. Такая возможность появилась с удачным совпадением открытия широкого доступа к космическим снимкам (Google Earth) и созданием в МИФИ портативных газоанализаторов водорода (авторы Николаев И.Н., Литвинов А.В.). Мы объединили 3 газоанализатора с различной чувствительностью и доработали методику отбора проб. В результате получился переносной полевой комплекс, который позволил нам оперативно измерять концентрацию водорода в пробе воздуха от долей ppm до 1,7% (сейчас до 5%). Первая же экспедиция продемонстрировала приуроченность повышенных (до 100ppm) концентраций водорода к карстовым воронкам. Перед нами встала задача найти на Восточно-Европейской платформе структуры, которые могли бы отвечать за транспорт больших количеств водорода из недр сквозь литосферу в атмосферу.

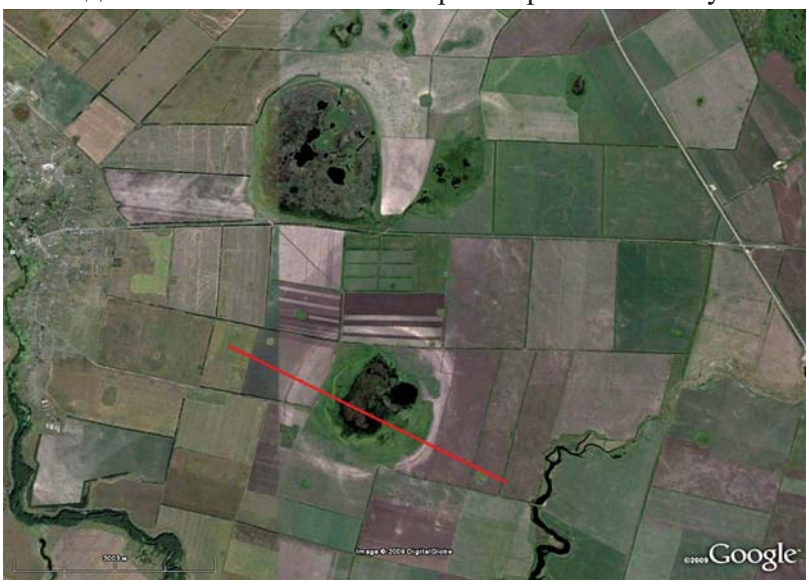


Рис. 1. Оз. Подовое и оз. Мокрое (севернее), Борисоглебский р-н, Воронежская обл. Красной линией показан профиль водородометрии. Длина профиля 4400 м

Было сделано предположение, что кольцевые структуры блюдцеподобной формы (с плоским дном), изобилующие на платформе (рис.1), обусловлены потоком водорода из недр. Проверка этого смелого предположения показала правомерность наших построений (рис. 2).

Водород является сильным восстановителем и, поднимаясь к поверхности, будет реагировать с вмещающими породами. Продуктами этих реакций будут вода, кислоты и др. летучие, которые, реагируя с карбонатами, непременно вызовут появление пустот. Следствием этого станет появление депрессии в рельефе поверхности. В связи с этим нам пришлось ввести термин, несущий генетический смысл, – *кольцевые структуры проседания*.

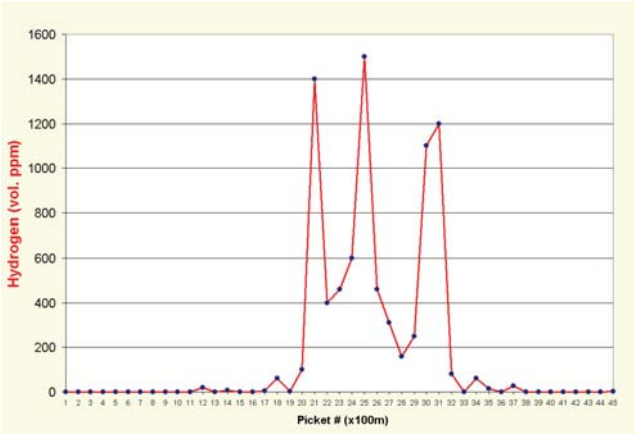


Рис.2. Результаты водородометрии на оз Подовое. Шаг между точками 100 м. В каждой точке была пробита скважина 1200x12мм, из которой осуществлялся отбор пробы

Белое обрамление кольцевой структуры проседания имеет достаточно тонкую структуру и на фоне чернозема выглядит весьма эффектно. Как предполагается, осветление черноземов связано с восстановлением водородом гуминовых веществ. При этом происходит осветление гумусного горизонта. Лабораторный

опыт показал ту же тенденцию – продолжительное пропускание водорода через образцы чернозема привело к увеличению отражательной способности образца [3].

Надо заметить, что в ряде случаев максимум водорода приходится не на центр структуры, а на её периферию, что связано, по нашему мнению, с затрудненной диффузией водорода через обводненную пробку, находящуюся в верхней части *водородопровода* – канала, по которому водород поднимается из недр.

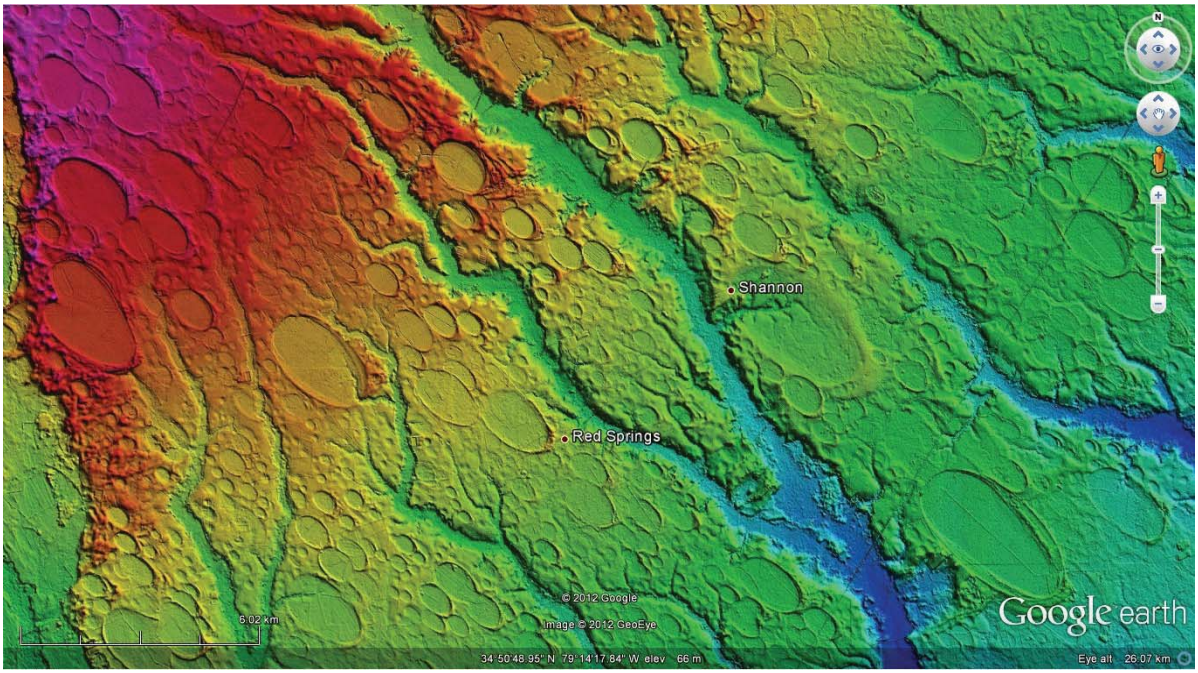
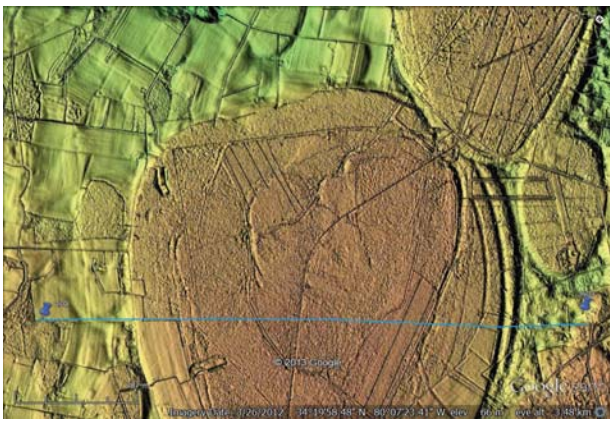


Рис. 3. Радарная съемка (LIDAR) участка прибрежной равнины. Штат Северная Каролина, США. Размер сцены 16х30км. Источник: cintos.org

Дальнейшее изучение космических снимков поверхности Земли выявило наличие подобных кольцевых структур на всех континентах. В некоторых случаях, например, на восточном побережье (рис. 3) и в центральных районах США, в ЮАР, на западе Австралии кольцевые структуры проседания приобретают эллиптическую форму. Для сопоставления особенностей изученных нами структур с эллиптическими структурами североамериканского континента нами были предприняты несколько полевых экспедиций в США. Результаты полевой водородометрии отражены на рис. 4.



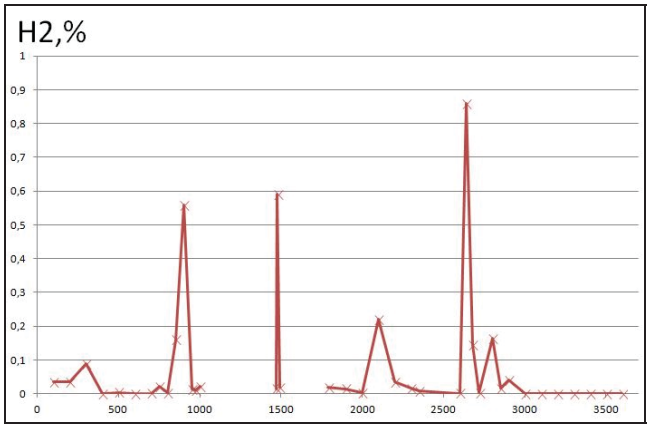


Рис. 4. Штат Южная Каролина, США. Кольцевая структура проседания размером 3200х2500м и профиль водородометрии. Фрагментарность связана с невозможностью провести измерения из-за обводненности грунтов или труднодоступности. (Снимок LIDAR с сайта cintos.org)

На восточном побережье США этих структур множество (более 500 тыс.), их называют Carolina Bays, и существует несколько десятков теорий, объясняющих их возникновение, заметим, что среди этого множества теорий нет ни одной эндогенной. Эллиптическая форма Carolina Bays обусловлена, на наш взгляд, преимущественным направлением субвертикальной трещиноватости пород кристаллического фундамента, который залегает на глубинах от 0 до 300м. Изначально изометричная на глубине струя водорода трансформируется в верхних горизонтах земной коры в эллиптическую наследуя преимущественное направление проницаемости. Еще одной яркой особенностью Carolina Bays является четко выраженный вал по периметру депрессии (рис. 3 и 4). Формирование вала мы связываем с наличием в разрезе подстилающих меловых отложений разбухающих глауконитовых глин.

В заключение рассмотрим ситуацию, когда территория, на которой предположительно присутствуют водородопроводы, скована вечной мерзлотой. При реакциях водорода с кислородом $H2+[O] \rightarrow H2O+Q$ происходит образование не только воды, но и выделение тепла, (наверное поэтому озеро Мокрое (рис. 1) никогда не замерзает). Можно предположить, что если под толщей многолетнемерзлых пород происходит окисление водорода и выделение тепла, то на поверхности непременно появится озеро талой воды (рис. 5). Кроме того, флюид поднимающийся с больших глубин должен быть теплее вмещающих пород, что тоже будет способствовать таянию мерзлоты. В таком случае под ориентированными озерами следует ожидать существования сквозных таликов.

Рис. 5. Ориентированные озера Яно-Индигирской низменности. Размер сцены 13х24км. (Google Earth)

Хорошо известно, что на территории Яно-Индигирской низменности помимо собственно термокарстовых озер изометричной формы широко распространены ориентированные озера. Длинная ось этих озер ориентирована на ССВ и озера объединяются в «ленты» ЗСЗ простирания. Мы полагаем, что эллиптическая форма озер обусловлена, как и в других регионах (см. описание к рис.3 и 4) преимущественным направлением трещиноватости пород фундамента, что в свою очередь, обусловлено близостью территории к рифтовой системе моря Лаптевых.

Дело, видимо, в том, что в зонах рифтогенеза растяжение идет не только поперек, но и вдоль оси хребта. В океанах морфологическим выражением продольного растяжения являются трансформные разломы, поперечные оси хребта [1, 2, 5]. Применительно к Яно-Индигирской низменности можно предположить, что «лента» озер наследует направление хребта Гаккеля и направление системы рифтогенных грабенов кайнозойского рифтогенеза на шельфе моря Лаптевых, при этом длинная ось ориентированных озер отвечает направлению трансформных разломов (ослабленных зон), поперечных к простиранию континентальных рифтов.

Для проверки наших предположений необходимо провести водородометрию на берегах нескольких озер Яно-Индигирской низменности, а также геофизические исследования для определения размеров подозерных таликов.

Литература

1. *Ларин, В. Н.* Земля: состав, строение и развитие (альтернативная глобальная концепция). Автореф. дисс., Геологический Институт АН СССР, 1991.

2. *Ларин, В.Н.* Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). Москва, «Агар», 2005

3. *Суханова Н.И., Трофимов С.Я., Полянская Л.М., Ларин Н.В., Ларин В.Н.* Изменение гумусного состояния и структуры микробной биомассы в местах водородной эксгаляции // Почвоведение. 2013, №2. сс.1-11.

4. *Сывороткин В.Л.* Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. – М. «Геоинформцентр», 2002, - 250 с., ил. 61, табл. 9.

5. *Larin, V.N., ed. C.Warren Hunt.* Hydridic Earth: the New Geology of Our Primordially Hydrogen-Rich Planet. Polar Publishing, Calgary, Alberta, Canada, 1993.

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МАЛЫХ ФОРМ ОЛЕДЕНЕНИЯ ЛАГОНАКСКОГО НАГОРЬЯ

А.В. Погорелов, К.Р. Головань

Кубанский государственный университет, кафедра геоинформатики, krgolovan@gmail.com

MAPPING OF SMALL GLACIATION FORMS OF THE LAGONAKI HIGHLAND

A.V. Pogorelov, K.R. Golovan

Kuban State University, Department of Geoinformatics, krgolovan@gmail.com

Ввиду освоения низко- и среднегорных районов в рекреационных и спортивных целях, изучение снежников и их влияния на компоненты природной среды и антропогенные объекты представляется весьма актуальным. Хорошо известно, что снежники весьма чутко реагируют на климатические изменения, их размеры и число могут служить показателями состояния массивного оледенения. Число малых форм увеличивается при деградации оледенения за счет отчленения и распада более крупных ледников. При похолодании климата и активизации оледенения число малых форм увеличивается за счет образования новых вследствие увеличения и накопления твердых атмосферных осадков [2]. Наличие малых форм оледенения характеризует гляциологическую активность территории.

Основной целью данной работы является оценка современного состояния оледенения малых форм и нивационных процессов на Лагонакском нагорье (Западный Кавказ).

Понятие «малые формы оледенения» впервые ввел М. В. Тронов в 1954 г. [8]. Под этим он понимал «малые ледники», многолетние снежники с ледяным ядром и снежники-перелетки. Вслед за [2,3] отнесем к малым формам оледенения «малые ледники», фирновые ледники и снежники-перелетки. Понятно, что устанавливаемые размеры малых ледников должны соотноситься с масштабом местного оледенения. В гляциологическом словаре [1] «малый ледник» определен как ледник площадью 0,1 км^2 и менее, что вполне отвечает представлениям о малых формах оледенения применительно к Кавказу. Фирновые ледники – переходная форма между снежниками и ледниками. По мере увеличения времени существования снежника-перелетка (более 7 лет) накапливается фирновая толща. Все больше фирна преобразуется в лед, ледяное ядро начинает движение. Снежник превращается в фирновый ледник, состоящий более чем на 50% из снега и льда [2].

Современные методы изучения ледников и снежников качественно отличаются от традиционных [5]: использование данных дистанционного зондирования, в частности данных спутниковых и аэрофотосъемок в труднодоступных горных областях, заметно расширяет существующие подходы к наземному мониторингу гляциологических объектов. А если учесть, что объекты изучения находятся в труднодоступной местности, где применение наземных методов мониторинга трудоемко и нередко опасно, то использование методов дистанционного зондирования нередко представляется наилучшим решением. Так, в практике описания пространственной структуры поля снежного покрова роль дистанционных высокоточных измерений постоянно расширяется [6,7].

Лагонакское нагорье имеет среднюю высоту около 2000 м, площадь – 1025 км^2 при длине границ 163 км [4]. Практически вся территория плато административно входит в Майкопский район Адыгеи, небольшие участки в северной части нагорья (в долине реки Курджипс) и в западной (склоны горы Мессо) — в Апшеронский район Краснодарского края. Территория нагорья за ис-

ключением участков, расположенных в Апшеронском районе, входит в состав Кавказского биосферного заповедника.

В данной работе по материалам дистанционного зондирования решалась проблема дешифрирования оледенения малых форм и областей, подверженных процессам нивации. Исходные данные – спутниковые снимки и материалы воздушного лазерного сканирования. Точки лазерного отражения (ТЛО) использовались для выделения границ и распознавания непосредственно объектов оледенения и областей, подверженных активной нивации. Независимая проверка результатов дешифрирования проводилась по спутниковым снимкам WorldView-1 разрешением 0,5 м; кроме того, снимки использованы как основа для карты малых форм оледенения нагорья. Лазерное сканирование выполнено ООО «Аэротех» (г. Краснодар) в августе-сентябре 2010 г.

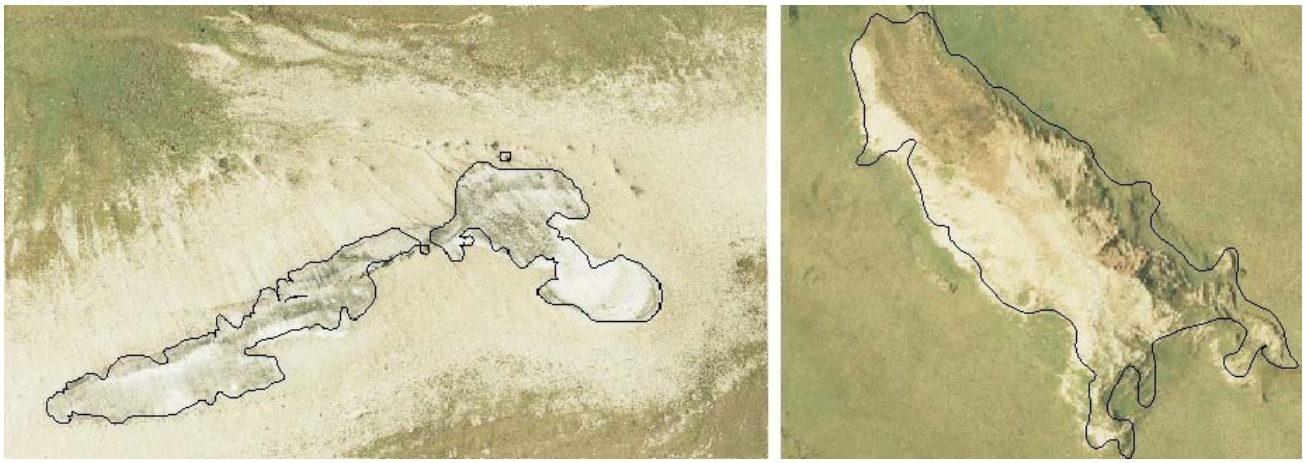


Рис. 1. Пример автоматизированного дешифрирования снежника-перелетка (слева) и области нивации (справа) на Лагонакском нагорье

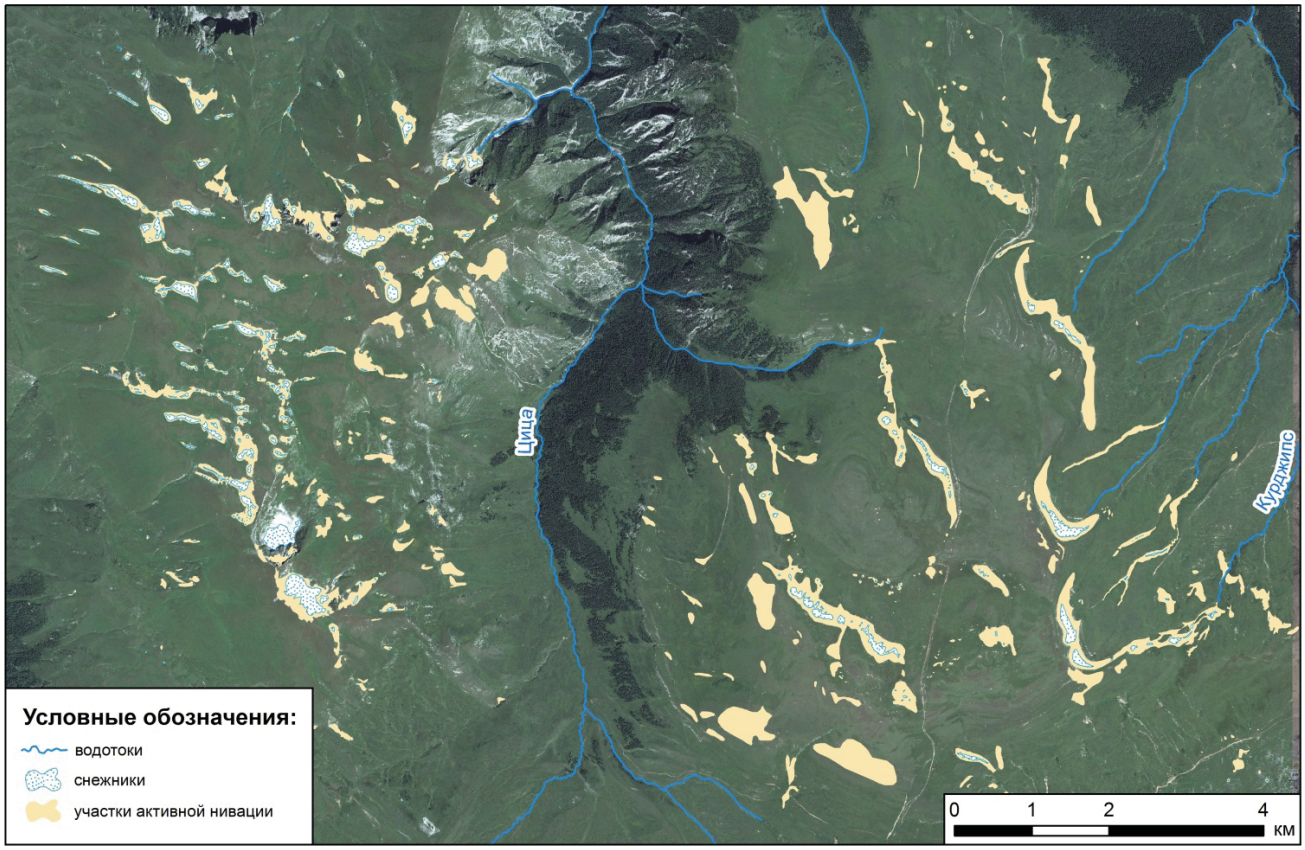


Рис. 2. Карта малых форм оледенения Лагонакского нагорья (фрагмент)

В программном комплексе ArcGIS (Esri) по данным ТЛО созданы две модели для автоматизированного выделения снежно-ледовых образований и областей, подверженных нивации. Главным дешифровочным признаком служит высокая отражающая способность снега и льда, а также областей нивации. Для каждой точки лазерного отражения воздушным сканером фиксируется параметр интенсивности в диапазоне от 0 до 255. Экспериментально установлено, что значение интенсивности от 0 до 28 соответствует поверхностям снега и льда, а значение от 29 до 110 – областям нивации. Характерный пример автоматизированного дешифрирования представлен на рис. 1.

На основе полученных границ и снимков спутника WorldView-1 составлена карта малых форм оледенения Лагонакского нагорья (рис. 2).

Погрешность, определенная путем сравнения результатов автоматизированного и ручного дешифрирования, составила не более 10% площади объектов. В большинстве случаев ошибки вызваны наличием на поверхности снежников и ледников пыли и обломочного материала, в связи с чем отражающая способность уменьшается.

Всего на исследуемой территории выявлено 423 снежника-перелетка общей площадью 1,2 км^2, 340 участков нивации (соответствующих сезонным снежникам) площадью 8,2 км^2.

Выполненная работа с впервые полученными количественными оценками, позволяет оценить современное состояние оледенения малых форм Лагонакского нагорья, а также оценить вклад нивации в формирование ландшафтов. Исследования закладывают основу мониторинга малых форм оледенения и процессов нивации на исследуемой территории.

Литература

1. Гляциологический словарь / Под ред. В. М. Котлякова.– Л.: Гидрометеоиздат – 1984.– 524 с.

2. *Ильичев, Ю. Г.* Малые формы оледенения. Распространение, режим и динамика (на примере Западного Кавказа) / Ю. Г. Ильичев, Д. С. Салпагаров // Труды Тебердинского государственного биосферного заповедника. – М. : НИА-Природа. – 2003. – № 34. – 129 с.

3. *Коваленко, Н. В.* Режим и эволюция малых форм оледенения: диссертация … кандидата географических наук: 25.00.31 / Н. В. Коваленко; [Место защиты: Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова]. – М., 2008. – 207 с.

4. *Лозовой, С. П.* Лагонакское нагорье: суть понятия, площадь, границы / С.П. Лозовой, С.А. Шумейко // Краснодар: Кубанский гос. ун-т. – 2012. – 5 с.

5. *Осокин, Н. И.* Снежники и снежниковые системы низко- и среднегорных районов СССР / Н. И. Осокин. – М. : Наука. – 1981. – 69 с.

6. *Погорелов, А.В.* Исследование структуры поля снежного покрова в горах с использованием технологии воздушного лазерного сканирования: постановка проблемы и предварительные результаты / А. В. Погорелов, Е. С. Бойко, И. Г. Ризаев // Краснодар: Геоинжиниринг. – 2008. – № 1(5). – С. 14 – 22.

7. *Погорелов, А. В.* Применение воздушного лазерного сканирования для моделирования поля снежного покрова на горных склонах / А. В. Погорелов, Е. С. Бойко, И. Г. Ризаев // М. : Пространственные данные. – 2007. – №4. – С. 34-38.

8. *Тронов, М. В.* Вопросы горной гляциологии./М.В. Тронов// М. : Географгиз. – 1954. – 276 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМОСНИМКОВ ДЛЯ ОБНОВЛЕНИЯ СЛОЯ НАЛЕДЕЙ ЦИФРОВОЙ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ РОССИИ

А.И. Прасолова[1], Е.И. Пижанкова[2], Е.Д. Яковенко[1]
МГУ имени М.В. Ломоносова, [1]Географический факультет,
[2]Геологический факультет, prasolova.geo@yandex.ru

DEVELOPMENT OF IMAGERY INTERPRETATION METHODS OF FRAZILS FOR THE DIGITAL GEOCRYOLOGIC MAP OF RUSSIA

A.I. Prasolova[1], E.I. Pizhankova[2], E.D. Yakovenko[1]
Lomonosov Moscow State University, [1]Faculty of Geography,
[2]Faculty of Geology, prasolova.geo@yandex.ru

В настоящее время появляются все новые способы создания и анализа тематических карт на основе постоянно пополняющегося арсенала методов геоинформационных технологий, однако остается не разработанной методика перевода в цифровой вид и обновления фундаментальных картографических произведений, обладающих сложно организованным содержанием, реализованным с помощью многих способов изображения. Одним из первых фундаментальных тематических произведений, полностью переведенных в цифровой вид и обновленных, должна стать Геокриологическая карта России и сопредельных территорий масштаба 1:2 500 000.

Данная карта была составлена на кафедре геокриологии геологического факультета МГУ и опубликована в 1991 г. Она отличается высокой информативностью и не имеет мировых аналогов по территориальному охвату и детальности картографирования. Благодаря использованию при создании карты широкого круга разнообразных источников, экспедиционных и камеральных исследований, карта обладает высокой научной ценностью, отражая комплексную характеристику геокриологических условий толщи горных пород на всю мощность криолитозоны. [4]

Работы по переводу содержания карты в цифровой вид ведутся с 2010 г. на кафедре картографии и геоинформатики географического факультета МГУ совместно с кафедрой геокриологии и сотрудниками Лаборатории охраны геологической среды. В настоящее время некоторые элементы содержания карты уже переведены в цифровой вид и реализованы в виде тематических слоев базы данных. Благодаря сотрудничеству университета с ИТЦ «Сканэкс» и созданию Геопортала МГУ, были открыты новые возможности для интенсивного взаимодействия кафедр в рамках решения поставленной междисциплинарной задачи.

Наледи входят в блок мерзлотно-геологических явлений Геокриологической карты. Они представляют собой особую форму разгрузки подземных вод криолитозоны и позволяют оценить их естественные ресурсы. Наледи влияют на перераспределение поверхностного стока, обусловливают формирование наледного аллювия и выступают как фактор, существенно осложняющий инженерно-геологические условия криолитозоны России [1, 4].

Среди особенностей Геокриологической карты, влияющих на достоверность отображения наледей, следует отметить следующие:

– неравномерность изученности наледей на всей картографируемой территории, что связано в том числе со сложностью доступа к дистанционным данным в период составления карты (80-е годы XX в.);

– отсутствие единства в детальности отображения наледей разными авторами на разных листах карты;

– общая перегруженность карты, сложность восприятия и практического использования;

– искажения математической основы карты и связанная с ними неточность пространственного положения элементов;

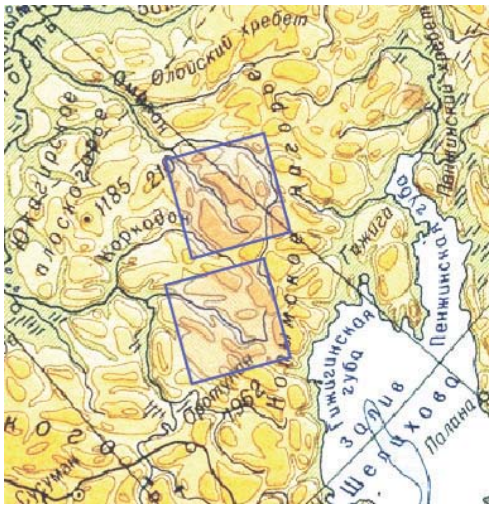
В настоящее время накопленный фонд космических снимков и современные методы цифровой картографии дают возможность с высокой точностью и достоверностью осуществить карто-

графирование наледей, что позволит провести обновление содержания слоя наледей в цифровом варианте карты. Данная задача требует привлечения источников достаточного охвата и детальности, чему в наибольшей степени отвечают космические снимки *Landsat ETM+*, обладающие оптимальным для поставленной задачи соотношением пространственного разрешения и спектральных характеристик.

Разработка методики дешифрирования и обновления слоя наледей цифровой Геокриологической карты осуществлялась для двух тестовых участков (рис. 1) и включала:

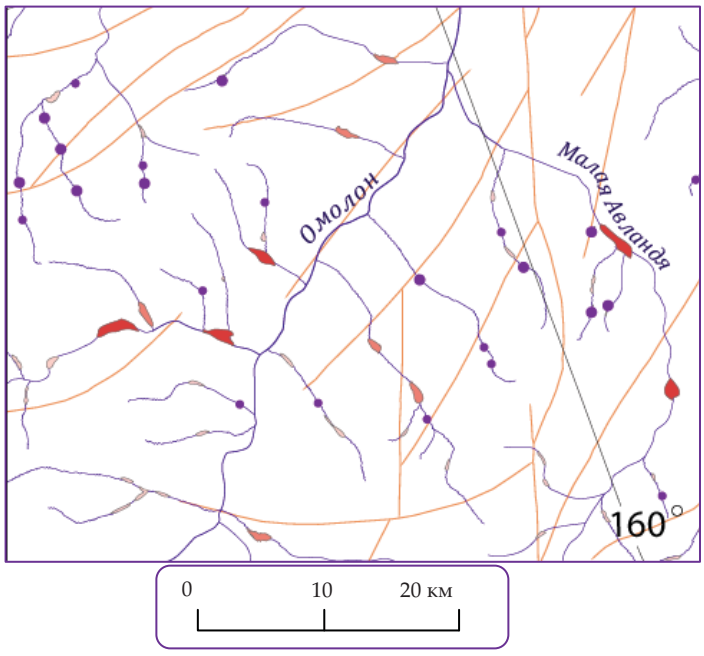
1. Составление схем дешифрирования в программном пакете ArcGIS 10.0;

2. Анализ существующих методов автоматизированной классификации снимков и выбор наилучшего для дешифрирования наледей с использованием программного пакета *Scanex Image Processor*.



Тестовые участки были выбраны на основе анализа содержания Геокриологической карты и покрытия территории раннелетними архивными снимками спутника *Landsat-7*. Данные участки, на которые имелись два снимка *Landsat-7* за 19 и 21 июня 2000 г., расположены на западных склонах Колымского нагорья в пределах Верхояно-Чукотской складчатой области гор Северо-Восточной Сибири. Территория участков покрыта достаточно густой и разветвленной речной сетью; большинство рек являются притоками р. Колымы. Развитие сплошных многолетнемерзлых толщ мощностью до 300 м и более, скопление значительных ресурсов пресных подземных вод предопределили высокую относительную наледность территории (до 2,5 %) при достаточно неравномерном распределении наледей по территории. [2]

Для дешифрирования был использован синтез каналов 4-5-1 (видимый красный – ближний ИК – видимый синий), дающий наибольшую контрастность изображения наледных ландшафтов (льда и наледных полян). Для дешифрирования наледных полян использовались также косвенные признаки ландшафтной индикации.



Наледи

Обозначение	Площадь наледи, тыс. м^2	Класс наледи по размерам (Толстихин О.Н., 1974)
	менее 10	мелкие
	10 – 50 50 – 100	средние
	100 – 200 200 – 500 500 и более	крупные

тектонические разломы

Рис. 2. Фрагмент схемы дешифрирования тестового участка «Омолон-Коркодон»

Помимо космических снимков для составления схем дешифрирования была использована цифровая топографическая основа и Государственная геологическая карта России и прилегающих акваторий, составленные во ВСЕГЕИ (1:2 500 000, 2011 г.).

Всего на двух тестовых участках было отдешифрировано 238 наледей размерами от мелких (менее 1 000 м^2) до очень крупных, площадью до 9 млн м^2. На обоих участках отмечено преобладание крупных наледей площадью 10 000 м^2 – 100 000 м^2. Схемы дешифрирования составлены в масштабе 1:800 000.

Результаты дешифрирования были сопоставлены с наледями, отображенными на Геокриологической карте. Было установлено, что неточность пространственного положения наледей на карте на исследуемых участках весьма велика и достигает 2 км и более (до 1,5 см в масштабе карты). Более половины наледей, отображенных на карте в рамках исследованных участков, по разным причинам не соответствуют реальным местам расположения наледей, а около 40% отдешифрированных наледей отсутствуют на карте, хотя наледи сходных и меньших размеров отображены.

Результаты применения к обоим снимкам неконтролируемой классификации (алгоритм *ISODATA)* показали, что использование ее для дешифрирования наледного льда неэффективно в связи с большим количеством ошибочных полигонов (до 70% от общего числа полигонов классификации). Ошибки связаны с тем, что во время съемки в горных районах еще лежит снег, имеющий спектральные характеристики, близкие к таковым для наледного льда.

Напротив, использование алгоритмов контролируемой классификации дало для двух тестовых участков достаточно хорошие результаты с относительно небольшим процентом ошибки. Всего было применено три алгоритма: *Neural Network, Multichannel Segmentation* и *NeRIS*, причем последний алгоритм был применен несколько раз с последовательным обучением нейронной сети. По результатам контролируемой классификации было сделано три основных вывода:

1) при работе с отдельным снимком или мозаикой снимков для автоматизированного дешифрирования наледного льда оптимально применение алгоритма *Multichannel Segmentation*, дающего ошибку классификации до 2,5%;

2) при работе с набором снимков, обладающих сходными спектральными характеристиками, возможно также применение алгоритма *NeRIS* с постепенным дообучением сети и уменьшением ошибки классификации до 4,0 % и менее;

3) контролируемая классификация не дает возможности автоматизированного дешифрирования наледных полян (их оконтуривание должно проводиться на основе визуального анализа изображения), однако позволяет автоматизировать процесс выделения наледного льда.

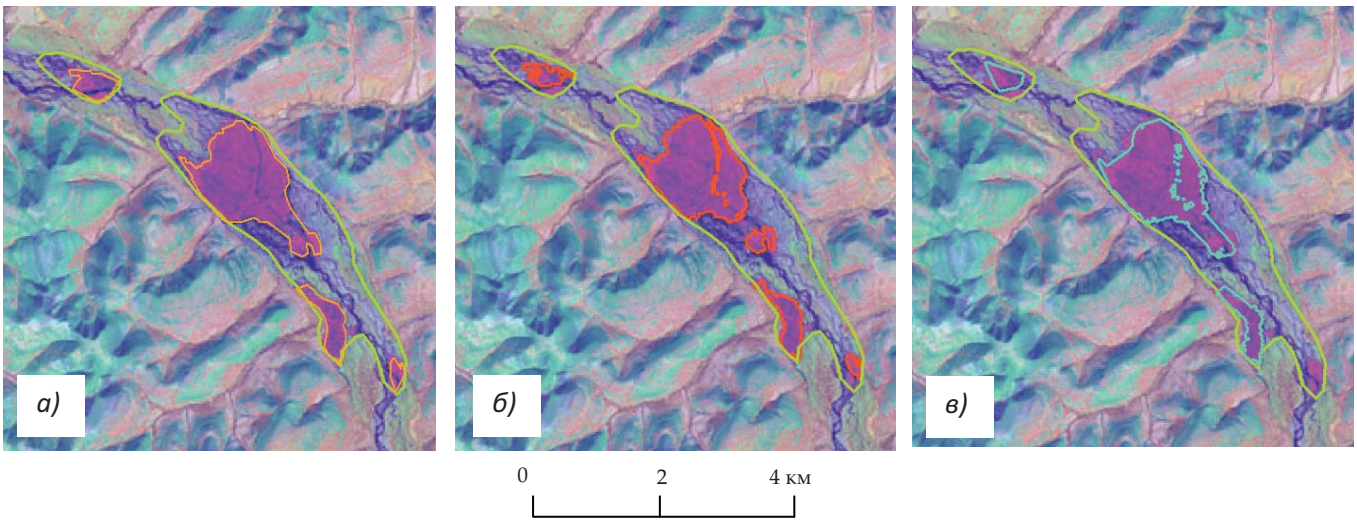


Рис. 3. Сравнение очертаний наледей, выделенных в результате визуального дешифрирования (зеленый контур) с площадями наледного льда, выделенными по:
а) Neural Network, б) Multichannel Segmentation, в) NeRIS. Наледная поляна на р. Туманная

Полученные результаты указывают на два взаимосвязанных пути обновления слоя наледей цифровой Геокриологической карты России. С одной стороны, использование алгоритмов контро-

лируемой классификации даст возможность автоматизированного создания точечного слоя наледей по центрам выделов классификации. Наледи в этом случае могут быть отображены на карте одинаковыми внемасштабными значками или значками, ранжированными по площади наледного льда. При этом будет достоверно определено и закартографировано местоположение наледей, а также, при необходимости, подсчитано их суммарное количество и общая площадь наледного льда (на момент съемки) на той или иной территории или в пределах криолитозоны в целом. С другой стороны, возможно ведение работ по визуальному дешифрированию с постепенным созданием полигонального слоя наледных полян и оценке истинной площади наледей.

Полученные данные по наледям планируется интегрировать в единую геоинформационную систему, построенную на базе Геокриологической карты и включающую, помимо имеющегося ее содержания, современные данные дистанционного зондирования, геологические, геокриологические и другие данные, совместное использование которых открывает новые возможности исследования, оценки и прогноза динамики криолитозоны.

Литература

1. Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток. М.: Недра, 1989. – 515 с.
2. Гидрогеология СССР, т. XXVI. Северо-Восток СССР. М., Недра, 1972, 297 с.
3. Объяснительная записка к Геокриологической карте СССР масштаба 1:2 500 000, министерство геологии СССР ПГО «Гидроспецгеология», М.: Изд-во МГУ, 1991
4. *Романовский Н.Н.* Подземные воды криолитозоны. М.: Изд-во МГУ, 1983. – 232 с.
5. *Толстихин О.Н.* Наледи и подземные воды Северо-Востока СССР. Новосибирск, «Наука», 1974. – 163 с.

НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ДАННЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭОЛОВОГО РЕЛЬЕФА ВЫСОКИХ ШИРОТ

О.С. Сизов, А.В. Абросимов
Институт Криосферы Земли СО РАН, aeolian@yandex.ru
ООО «Компания «СовЗонд», andrey@sovzond.ru

USING OF REMOTE SENSING DATA WHEN STUDYING AEOLIAN RELIEF HIGH LATITUDES

O.S. Sizov, A.V. Abrosimov
Earth Cryosphere Institute SB RAS, aeolian@yandex.ru
Company «Sovzond», andrey@sovzond.ru

Эоловый рельеф широко распространен в северо-таежной, лесотундровой и тундровой зонах северного полушария - песчаные поля в долине р. Кобук (США), частично закрепленные дюны вблизи оз. Атабаска (Канада), тукуланы Якутии, песчаные раздувы ямальской и большеземельской тундр, котловины выдувания в среднем и нижнем течении р. Надым [3, 4]. Для изучения особенностей строения и динамики песчаных образований активно применяются дистанционные методы, начиная со времени использования аэрофотосъемки в целях топографического, геологического и ландшафтного картирования [1, 2]. В 60-70-х гг. прошлого века по результатам многочисленных полевых обследований и аналитической обработки фотоснимков были установлены дешифровочные признаки перевеваемых и частично закрепленных растительностью песков, закартированы в крупных масштабах формы мезо- и микрорельефа - песчаные холмы, гряды, котловины выдувания, составлены атласы изображений эталонных участков. Дальнейшее развитие дистанционных и информационных технологий привело к расширению видов исходных данных. Сре-

ди наиболее доступных и информативных источников выделяются космические снимки широко известной программы Landsat, данные современных многозональных съемочных систем со сверхвысоким пространственным разрешением (GeoEye-1, WorldView-1,2, Pleades-1а,1в), а также рассекреченные космические фотоснимки видовой разведки (военные миссии CORONA, ARGON, LANYARD, 1960-1980 гг.). Высокие геометрические и яркостные характеристики снимков наряду со значительным временным охватом позволяют значительно расширить круг исследовательских задач, решаемых дистанционными методами. Применительно к вопросам изучения эолового рельефа северных широт они группируются по следующим направлениям: анализ пространственного распределения, анализ морфологических особенностей, анализ динамики процессов рельефообразования.

По каждому из направлений можно наглядно представить возможные результаты дешифрирования на примере работ по изучению процессов ветровой эрозии в среднем течении р.Надым. Территория исследований площадью 17 500 кв.км. включает бассейны крупных притоков - Танлова, Хейгияха, Прав. и Лев. Хетта и отличается максимальным развитием современного эолового рельефа по сравнению с другими регионами севера Западной Сибири.

1. Анализ пространственного распределения. В качестве исходных данных были выбраны снимки Landsat-7, которые выгодно характеризуются общедоступностью, широким пространственным охватом, набором из 8 спектральных каналов, простотой обработки, а также возможностью улучшения пространственного разрешения до 15 м/пикс. Полное покрытие района работ обеспечили две сцены, полученные со спутника 3 августа 2001 года.

Песчаные поверхности хорошо контрастируют на фоне типичных тундрово-таежных ландшафтов, поэтому для их выделения использовались автоматические методы. Из результатов дешифрирования были исключены территории населенных пунктов, вахтовых поселков, прирусловые отмели, пляжи и участки, поросшие ягелем. Минимальная площадь дешифрируемого объекта была ограничена значением 0,225 га. По итогам работ удалось установить следующее:

- общая площадь развеваемых песков составляет 235,06 кв.км (1,34% всей территории), из них 86,93% - эоловые пески естественного происхождения;

- площадь нарушенных песчаных участков, возникших в результате воздействия антропогенных и природно-антропогенных факторов, составляет 30,72 кв.км (13,07 %). В основном нарушения локализованы вблизи объектов инфраструктуры добычи и транспортировки нефти и газа, вдоль автомобильных и железных дорог, по периферии населенных пунктов;

- самый крупный участок природной дефляции имеет площадь 37,21 кв.км. Он расположен на правом берегу р.Надым в 94 км к юго-востоку от г.Надым и представляет собой цепь сомкнутых в результате ветровой эрозии котловин выдувания;

- суммарная площадь пяти наиболее крупных дефляционных котловин (7,18-37,21 кв.км) составляет 77,66 кв.км (38% от общей площади оголенных песков);

- большая часть современного эолового рельефа (88,3%) локализована в высотных пределах от 19 до 65 м., при этом основной район распространения - дренированные террасы в среднем течении р.Надым. Площадь участков выдувания составляет здесь 134,4 кв.км (65,77% площади);

- повсеместное развитие эоловых форм можно отметить в долинах практически всех притоков Надыма – Прав. и Лев. Хетта, Танлова, Бол. Хуху, Хейгияха. Здесь преобладают небольшие, площадью до 0,5-0,6 кв.км, западины и котловины выдувания, вытянутые цепочкой вдоль долин. Уменьшение размеров котловин связано в основном со снижением скоростей ветра и повышением уровня грунтовых вод;

- небольшие участки развеваемых песков (10,27%) выявлены на высоких водораздельных пространствах между реками Надым и Пурпе, а также Надым и Левая Хетта. Границы абсолютных высот эоловых образований возрастают от 66 до 95,5 м., а перепады относительных высот меняются от 40 до 65 м, что создает благоприятные условия для дренажа и усиления порывов ветра на пологих наветренных склонах.

2. Анализ морфологических особенностей. Наиболее распространенными формами эолового рельефа в пределах рассматриваемой территории являются дефляционные котловины выдувания, которые зачастую ассиметрично вытянуты. Использование снимков среднего разрешения Landsat-7

позволяет выделить основные направления, по которым ориентированы котловины, и сопоставить результаты с данными метеонаблюдений за направлениями и скоростью ветра. Так, в ходе работ было выявлено 2508 участков развеваемых песков, для которых средствами ГИС были построены осевые линии максимальной длины и определены их направления. Большая часть котловин ориентирована в направлении СВ-ЮЗ (31,54%) и СЗ-ЮВ (35,93%). Для построения розы ветров использовались исходные данные срочных (8 раз в сутки) наблюдений метеостанции Надым с 1966 по 2010 гг. Было установлено, что максимальными скоростями ветра в бесснежный период характеризуются июнь и октябрь (рис. 1а, 1б). Кроме того, была построена роза ветров за весь бесснежный период (с мая по октябрь) для ветров, средняя скорость которых превышает 5 м/с (рис. 1в). Сопоставление результатов показывает, что ведущую роль на современном этапе формирования котловин играют ветры северо-западных и северных румбов. При этом сила ветра достаточна только для переноса песчаного материала в пределах участков, лишенных растительности. Поэтому можно предположить, что форма котловин носит унаследованный характер, т.е. ориентировка СЗ-ЮВ образовалась в более засушливый период с доминированием северо-западных ветров. Ориентировка котловин СВ-ЮЗ в большей степень определяется рельефом территории (формой склонов) и соответствует направлению долин крупных рек, на террасах которых развивается дефляция.

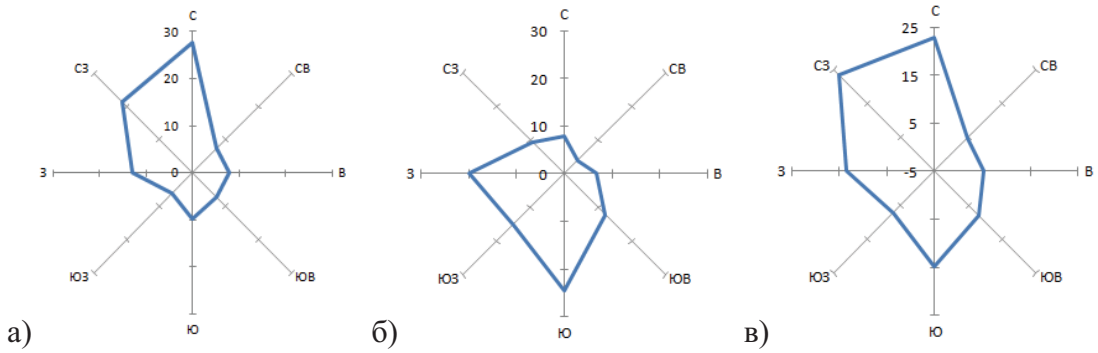


Рис. 1. Усредненные розы ветров метеостанции Надым, данные 1966-2010 гг:
а) июнь, б) октябрь, в) май-октябрь, скорость более 5 м/с

Использование снимков высокого разрешения (например, WorldView-2 – рис. 2) позволяет изучить особенности микрорельефа крупных котловин выдувания. На примере котловины вблизи устья р.Хейгияха (рис. 2а) хорошо видно, что большую часть поверхности занимают протяженные песчаные гряды, сходные по своему строению с классическими дюнами. В ходе полевых работ было установлено, что высота дюн составляет 2-2,5 м. Ориентировка дюн показывает, что их формирование происходит под воздействием северных и северо-западных ветров. Высота и протяженность гряд максимальна в южной и минимальна в северной части котловины. Дюны движутся по поверхности, сложенной плотным аллювием и осложненной полигональной сетью древних морозобойных трещин, которые различимы на снимке при увеличении. Также хорошо заметно, что накопление эоловых наносов происходит по северной, восточной и южной окраинам, что в целом соответствует розе ветров (рис. 1). Можно сделать вывод о том, что перемещение песка происходит в течение всего бесснежного периода, но главную рельефообразующую роль играют сильные ветры северо-западного направления. Отчетливо различимы на снимке следы антропогенного воздействия: песчаный карьер в южной части и площадка водозабора в северной. Характер поверхности второй модельной котловины, расположенной вблизи устья р.Анундолва и удаленной на 80 км от первого участка, показывает, что ветры северо-западного направления также способствуют образованию небольших (высотой 1,5-2 м) протяженных дюн, что говорит о доминировании северного переноса воздушных масс на обширной территории.

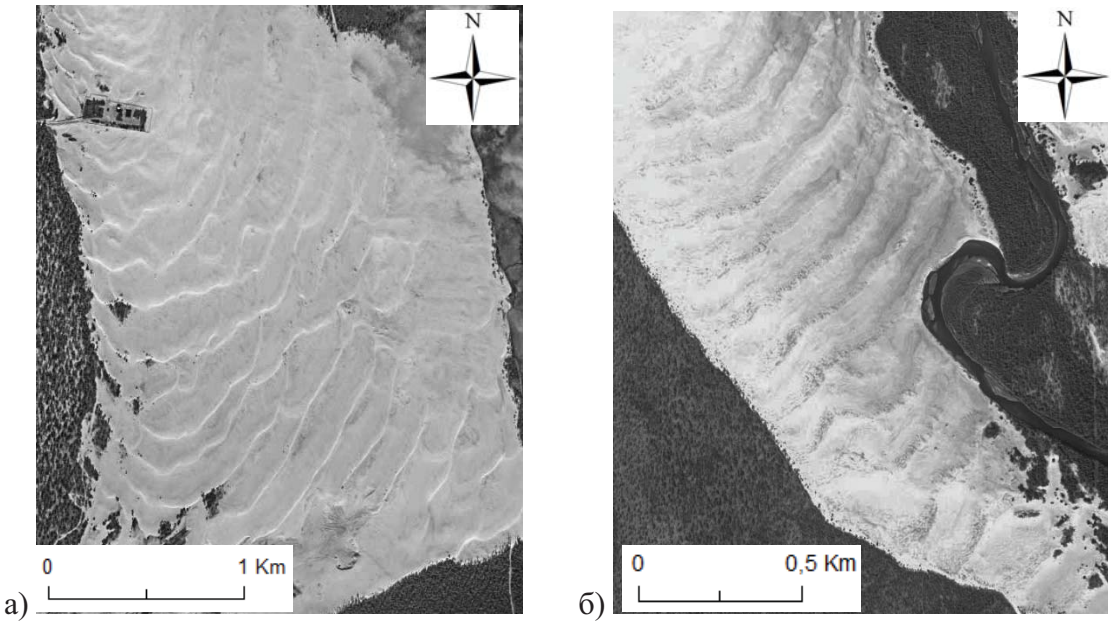


Рис. 2. Дюны на поверхности котловин выдувания вблизи устья р.Хейгияха (а) и р.Анундолва (б)

3. Анализ многолетней динамики процессов рельефообразования основан на сопоставлении разновременных снимков. В данной работе использовались фотоснимки 1968 года (пространственное разрешение 2,5 м/пикс.) и высокодетальные снимки 2012 года (0,5 м/пикс.). Среди основных изменений, произошедших за 44 года, можно выделить следующие: движение дюн (до 40 м) с сохранением общей ориентировки; расширение границ котловин в южном, западном и северо-западном направлении (до 20 м); частичное заболачивание и зарастание отдельных участков развеваемых песков; в случае, когда границы котловин являются берегами рек, - значительный врез речных излучин (до 75-80 м). Кроме этого было установлено, что на территориях, пройденных лесными пожарами, не наблюдается расширения площадей развеваемых песков, т.е. климатические и гидрологические факторы в настоящее время лимитируют развитие процессов дефляции.

Таким образом, архивные и современные космические снимки при условии соблюдения технологий ортотрансформирования и дешифрирования могут выступать надежным источником информации при решении геоморфологических и мониторинговых задач.

Литература

1. *Богомолов Л.А.* Дешифрирование аэроснимков. – М.: Недра, 1976. – 144 с.

2. *Протасьева И.В.* Аэрометоды в геокриологии. – М.: Наука, 1967. – 196 с.

3. Эоловые образования Центральной Якутии. – Якутск: Институт Мерзлотоведения СО РАН СССР, 1981. – 51 с.

4. *Jonker, P.M. and J.S. Rowe.* The sand dunes of Lake Athabasca. - University Extension Press, Saskatoon, Saskatchewan, 2001. – 194 pp.

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР И БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ МОРЯ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ ПО МАТЕРИАЛАМ РАЗНОВРЕМЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК

И.О. Смирнова, Л.Л. Сухачева, А.А. Русанова
«НИИКАМ» – филиал ФГУП ЦНИИмаш, sio_iv@mail.ru, sukhacheval@mail.ru, raader@mail.ru

STUDYING OF THERMOKARST LAKES AND THE SEA COASTLINE DYNAMICS IN THE NORTH EAST OF EUROPEAN PART OF RUSSIA USING MULTITEMPORAL SATELLITE IMAGES

I.O. Smirnova, L.L. Sukhacheva, A.A. Rusanova
«NIIKAM» – branch of FGUP TSNIImash, sio_iv@mail.ru, sukhacheval@mail.ru, raader@mail.ru

В последние годы большое внимание уделяется изучению изменений площадей термокарстовых озер по материалам разновременных космических съемок в связи с реакцией криолитозоны на глобальное потепление климата [1-4, 7-9]. Во многих работах изменения термокарстовых озер, выявленные по аэро- и космическим снимкам (КС), главным образом по данным LANDSAT, за временной интервал с 50-х годов прошлого века по настоящее время, рассматриваются, как возможные индикаторы состояния многолетнемерзлых пород (ММП). Однако, в работе В.И. Кравцовой и А.Г. Быстровой отмечается, что направления изменения площади термокарстовых озер далеко не повсеместны: на 60 % рассмотренных эталонных участков они не были зарегистрированы, а выявленные изменения носили разнонаправленный характер, т. е. в пределах одного эталонного участка наблюдалось как уменьшение, так и увеличение площади озер [4]. В одних работах регистрируется уменьшение площади термокарстовых озер в зоне сплошного распространения ММП, например, на территории Аляски [8], Южного Ямала, в районах левобережья реки Пур и правобережья нижнего Енисея [4,7]. В результате других исследований выявляется увеличение площади озер в зоне сплошного распространения ММП в пределах Западной Сибири, что связывается с активизацией термокарстового процесса под влиянием потепления климата, и сокращение площади озер в зоне прерывистого распространения ММП Западной Сибири. Последнее объясняется просачиванием воды в оттаявший грунт и испарением с поверхности озер [1,3]. В то же время, по данным работ [4,7], в Западной Сибири в зоне сплошного распространения ММП отмечается уменьшение площади озер, а в зоне сплошного распространения ММП на территории Центральной Якутии, где наблюдается сильное приращение температуры воздуха, – увеличение площади озер.

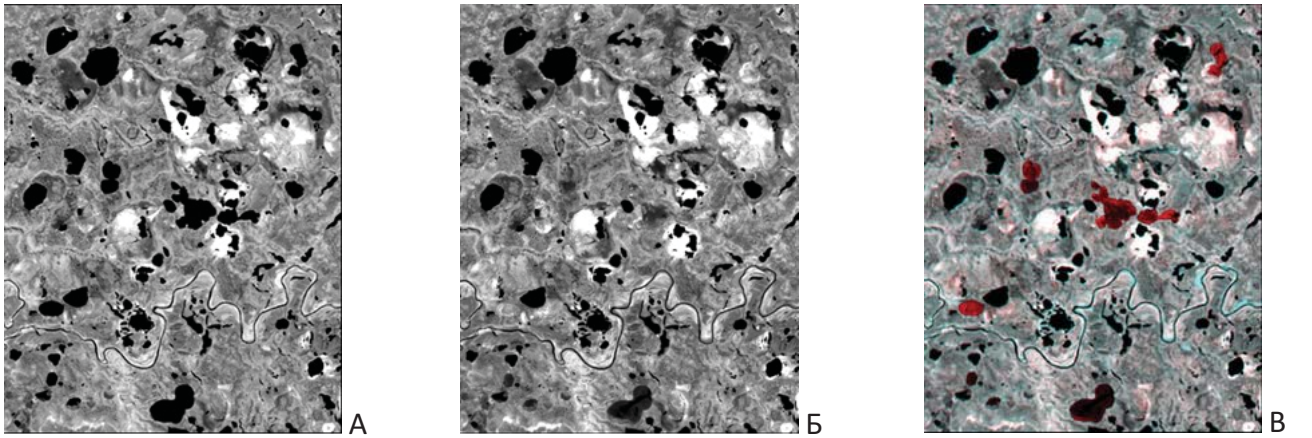
Авторами доклада проводилось изучение изменений термокарстовых озер на территории Ненецкого автономного округа и частично Республики Коми (от устья реки Печоры до горных сооружений Пай-Хоя) по разновременным КС LANDSAT-4/TM (июль-август 1988 г.) и LANDSAT-7/ETM+ (июль 2000г.) и на отдельных тестовых участках, для которых анализировались эти же снимки, а также КС ALOS AVNIR 2 (июль 2007г.), предоставленные в рамках международного проекта инициированного Японским Космическим Агентством JAXA [6,9]. Район исследований характеризуется суровыми климатическими условиями, наличием ММП мощностью 50-200 метров, обусловившими широкое развитие криогенных геологических процессов, таких как термокарст, термоэрозия, полигональное растрескивание грунтов, изменения береговой линии моря. Район располагается в северной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции и подвержен сильному хозяйственному освоению, негативно влияющему на развитие криогенных процессов. Ведется разведка и эксплуатация месторождений, строительство инженерных сооружений, нефтепроводов, нефтепериливных терминалов и т.д. Строительство сооружений и эксплуатация месторождений приводят не только к механическому, химическому и тепловому воздействию на мерзлые породы, но и к значительному загрязнению озер и рек. Анализ изменений термокарстовых озер для всей территории проводился в интерактивном режиме, а для отдельных тестовых участков в автоматическом: методом создания цветовых композиций RGB из разновременных

изображений и методом создания разностных изображений с последующей классификацией. КС LANDSAT, полученные в 1988 и 2000 гг., были откалиброваны по отношению к КС ALOS AVNIR-2 (2007г.). Для выполнения радиометрических коррекций выбирались участки, имеющие одинаковую яркость на всех трех снимках (темные – водоемы с низким значением яркости, светлые – пески с высокими значениями яркости). Наиболее информативными для изучения динамики термокарстовых озер оказались результаты обработки разновременных изображений в ближней инфракрасной зоне спектра (4 канале), а для оценки степени загрязнения озер – результаты обработки разновременных изображений в красной зоне спектра (3 канале). Проводился анализ спектральных характеристик и построение спектральных кривых для различных объектов по четырем каналам разновременных снимков. Анализ показал, что неизмененные термокарстовые озера имеют одинаковые характеристики спектральной яркости на снимках всех лет, составляющие в среднем в 1 канале – 70 условных единиц, во 2 – 40, в 3 – 25, в 4 – 8. В зависимости от степени загрязнения спектральная яркость загрязненных озер на КС ALOS AVNIR 2 в 1 канале увеличивается до 80-102 условных единиц, во 2 – до 51-96, в 3– до 45-90, в 4 – до 15-30, т.е. степень загрязнения озер в результате антропогенной деятельности увеличилась в 2,5 – 3,5 раза. У высохших термокарстовых озер при незначительных увеличениях спектральных яркостей в первых трех каналах резко увеличивается яркость в 4 канале с 8 до 40-50 условных единиц. Результаты проведенных работ показали, что с 1988 по 2000 гг. на исследуемой территории отмечалось интенсивное высыхание термокарстовых озер в тундровой зоне в области сплошного развития ММП, причем наибольшее развитие процессы высыхания получили на приморских, озерно-аллювиальных и озерно-болотных равнинах, занимающих низкое гипсометрическое положение и сложенных льдистыми, однородными, супесчаными и суглинистыми отложениями или плоскобугристыми торфяниками. На водораздельных пространствах, сложенных валунным суглинком или песчаным материалом, и в лесотундровой зоне процессы высыхания озер происходят слабее. Однако, при сопоставлении КС, полученных в июне и в июле-августе, наблюдается обратная картина – увеличение площади термокарстовых озер на низких гипсометрических уровнях, особенно в долине реки Печоры, т.е. имеют место сезонные изменения, а не межгодовые. Отмечается приуроченность высохших термокарстовых озер к линиям определенных простираний, возможно, совпадающих с разрывными нарушениями осадочного чехла. С 2000 г. по 2007 г. отмечено замедление процессов высыхания озер в тундровой зоне и увеличение их площади в лесотундровой, особенно на участках где имеет место техногенное воздействие.

Причины расхождений результатов изучения изменений термокарстовых озер в различных регионах и выводов об их связи с глобальным потеплением объясняются с одной стороны тем, что при анализе изменений озер не учитываются разнообразные факторы, влияющие на развитие термокарстового процесса. Климатические воздействия на мерзлые толщи осуществляются через ландшафт и его компоненты (растительность, почву, рельеф, состав подстилающих отложений, гидрологические, гидрогеологические и тектонические особенности территории и ее техногенную нарушенность), поэтому необходимо учитывать все эти факторы при анализе изменений озер. Повышение температуры воздуха и количества осадков под действием потепления климата в различных ландшафтно-геологических условиях могут по-разному влиять на развитие мерзлотных процессов. При этом необходимо учитывать не только межгодовой ход температур и осадков, но и распределение осадков по сезонам, анализ высоты снежного покрова, влияющего на процессы промерзания и оттаивания и т.д.

С другой стороны, поскольку используемые для изучения динамики термокарстовых озер КС и методы их обработки имеют свою специфику, применение различных КС и разных методик может привести к неоднозначным результатам. Для возможности отличия сезонных и многолетних изменений разновременные КС должны быть получены в один и тот же сезон (для северных районов это период с конца июля до конца августа, так как на июньских снимках еще сохраняется лед и повышенная увлажненность), желательно за близкие даты, в безоблачных условиях (поскольку даже мелкие облака, отбрасывают тени и затрудняют идентификацию озер, особенно при дешифрировании в автоматическом режиме). Сопоставляемые разновременные КС должны быть приведены к одинаковой геодезической проекции и системе координат и к одинаковому простран-

ственному разрешению, а также должны быть радиометрически откалиброваны. Сопоставляться должны изображения, полученные в одном диапазоне спектра, предпочтительно в ближней инфракрасной зоне. Вычисление изменений площадей может проводиться различными методами: как с использованием ручной векторизации (этот метод трудоемкий, но точный и надежный), так и с использованием классификаций в автоматическом режиме (метод более быстрый, но площади выделенных объектов зависят от величины выбранного порога). Провести быструю качественную оценку произошедших изменений позволяет метод создания цветовых композиций RGB из разновременных изображений (рис. 1).



А 4 канал LANDSAT 4 TM, 03.08.1988

Б 4 канал LANDSAT 7 ETM, 21.07.2000

В RGB: R – L 7 (4 к), G,B – L 4 (4к)

Рис. 1. Создание цветовых композиций RGB из разновременных изображений (красный цвет – высохшие к 2000 г. озера, голубой цвет – участки с повышением увлажнения)

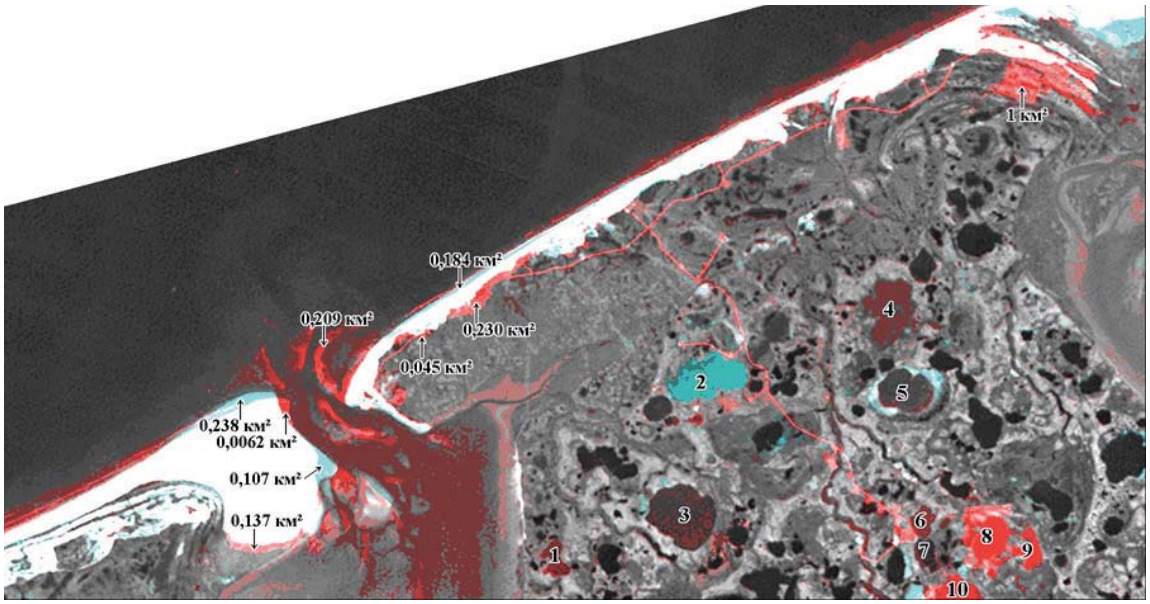


Рис. 2. Варандейский район. Цветовая композиция RGB.
R – 3 канал ALOS AVNIR 2 (12.07.2007), G и B – 3 канал LANDSAT 4 TM (03.08.1988).
Цифрами со стрелками указаны площади изменившихся объектов береговой зоны (синий цвет – участки размыва, красный – участки нарастания берега, развеваемые пески, сооружения).
1 – 10 номера термокарстовых озер, в которых произошли изменения: 1 – высохшее озеро (хасырея), 2 – озеро с увеличившейся глубиной, 3, 4 – обмелевшие озера, 5 – озеро с затопленными берегами, 6 – 10 – загрязненные озера

Проанализировав свои результаты и работы других исследователей, авторы присоединяются к мнению В.И. Кравцовой и Т.В. Тарасенко [7], что рассматривать изменения термокарстовых озер в качестве индикатора состояния криолитозоны следует с большой осторожностью, учитывая различные факторы, влияющие на изменения площадей озер.

Изучению изменений береговой линии морей в криолитозоне также уделяется большое внимание. Например, в работе [5], проведено обстоятельное исследование динамики береговых процессов района Ляховских островов на основе дешифрирования аэрокосмических снимков с учетом геолого-тектонических и климатических данных. У авторов также имеется опыт изучения изменений береговой линии арктических морей [6,9,10]. По разновременным КС выявляются участки размыва и нарастания берегов, вычисляется их площадь, скорость отступания, оценивается содержание взвешенных веществ. При этом учитываются геоморфологические и геологические характеристики береговой зоны, особенности формирования вдольберегового потока наносов, направление течений, приливно-отливные явления.

На рисунке 2 представлены результаты изучения изменений береговой линии и термокарстовых озер в Варандейском районе, полученные методом создания цветовых композиций RGB из разновременных изображений.

В заключение следует отметить, что использование КС может оказать существенную помощь при изучении динамики термокарстовых озер и береговой линии морей в криолитозоне. Особые перспективы связываются с использованием КС сверхвысокого разрешения (от 0,5 м) и радиолокационных данных, позволяющих проводить наблюдения в облачную погоду, характерную для криолитозоны, а также измерения просадок земной поверхности величиной, составляющей первые сантиметры. Для получения более объективных результатов необходимо проведение комплексных исследований, включающих наземную проверку дешифрирования, с привлечением специалистов в области геокриологии, геоботаники и др.

Благодарности

Авторы благодарны сотрудникам Японского Космического Агенства (JAXA) за предоставление космических снимков ALOS AVNIR в рамках международного проекта (JAXA PI 200) [9].

Литература

1. *Брыксина Н.А., Полищук В.Ю., Полищук Ю.М.* Изучение взаимосвязи изменений климатических и термокарстовых процессов в зонах сплошной и прерывистой мерзлоты Западной Сибири. Вест. Югорск. Госуд. Ун-та 2009. №3. С. 3-12

2. *Елсаков В.В., Марущак И.О.* Межгодовые изменения термокарстовых озер северо-востока Европейской России. Исследование Земли из Космоса. 2011. № 5. С. 45-51

3. *Кирпотин С.Н., Полищук Ю.М., Брыксина Н.А.* Динамика площадей термокарстовых озер в сплошной и прерывистой криолитозонах Западной Сибири в условиях глобального потепления. Вест. Томск. Госуд. Ун-та 2008. Вып. 311. С. 185-189

4. *Кравцова В.И., Быстрова А.Г.* Изменение размеров термокарстовых озер в различных районах России за последние 30 лет. Криосфера Земли, 2009. Т. 13, №2. С. 16 – 26

5. *Пижанкова Е.И., Добрынина М.С.* Динамика побережья Ляховских островов (результаты дешифрирования аэрокосмических снимков). Криосфера Земли, 2010, т. XIV, № 4, с. 66–79.

6. *Смирнова И.О., Русанова А.А.* Методика использования материалов космических съемок при мониторинге экзогенных геологических процессов на территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // Труды Междун. Конф. «Новые технологии обработки и использования данных дистанционного зондирования Земли в геологоразведочных работах и при ведении мониторинга опасных геологических процессов», 17-20 апреля 2012 г., СПб, ВСЕГЕИ. DVD диск.

7. *Тарасенко Т.В., Кравцова В.И.* Исследование изменений площадей термокарстовых озер на основе анализа космических снимков // Труды 10 Междун. Конф. по мерэлотоведению. Салехард 25-29 июня 2012 г. Т. 3. С. 505-509.

8. *Fitzgerald D., Riordan B.A.* Remote sensing and GIS used to monitor Alaska wetlands at the landscape level. Agroborealis. 2003. 35, №1. PP. 30-35

9. *Smirnova I., Rusanova A.* Application of ALOS Data to Study Landscape Changes Related to Petroleum Fields and Their Exploration and Exploitation (JAXA PI 200). Final reports of the ALOS Research Announcement. Programs 1 and 2. JAXA, ESA, ASF, Tokyo, 2011. DVD rom.

10. *Sukhacheva L.* Integrated Study of the Pechora Bay and Coastal Waters of the Pechora Sea on the Basis of Different Time Multi-spectral and Radar Satellite Data Set // Proceedings of the 31st International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE 31). Russia. St. Petersburg. 26-30 June, 2005. DVD диск.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СНИМКОВ СО СПУТНИКА LANDSAT ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР

Т.В. Тарасенко

Московский Государственный Университет им. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, manunya_geo@mail.ru

THE POSSIBILITY OF USING LANDSAT SATELLITE IMAGES TO STUDY THERMOKARST LAKE DYNAMICS

T.V. Tarasenko

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics, manunya_geo@mail.ru

Одним из методов, позволяющих осуществлять изучение изменений площади термокарстовых озер, является анализ космических снимков. Все современные исследования по изучению изменений площади озер выполнены по космическим снимкам, преимущественно со спутника Landsat [1, 2, 3, 4].

Космические снимки со спутника Landsat имеют ряд преимуществ по сравнению с другими космическими снимками. К основным преимуществам этих снимков следует отнести: наличие в свободном доступе снимков от начала 1970-х годов, высокую регулярность съемки, наличие каналов в ближней инфракрасной зоне, большой охват территории. Однако, несмотря на явные преимущества таких снимков, существует ряд ограничений, которые необходимо учитывать при их использовании. К одному из главных ограничений следует отнести пространственное разрешение снимков. Разрешение снимков, полученных сканирующими системами TM и ETM+, которые работают с 1982 года, составляет 30 м, а снимков, полученных сканирующей системой MSS, функционировавшей в 1970-е годы – 80 м. Такое разрешение не позволяет проанализировать изменения площади малых термокарстовых озер, особенно при анализе многолетних изменений, когда приходится сравнивать снимки разного пространственного разрешения.

С целью выявления значений площади озер, наиболее полно и точно выделяемых на снимках со спутника Landsat, на примере трех эталонных участков были оценены полнота дешифрирования термокарстовых озер и погрешность определения площади озер. В процессе исследования проводилось сравнение результатов выделения озер методом автоматизированного дешифрирования без обучения (кластеризации ISODATA в программном пакете Scanex IMAGE Processor) ближнего инфракрасного канала снимков со спутника Landsat с результатами дешифрирования снимков сверхвысокого разрешения (со спутников WorldView-1, IRS-P5 (Cartosat) и SPOT-5). Сравниваемые снимки были получены в один день или с разницей в несколько дней. Ввиду отсутствия пар снимков со спутника Landsat с разрешением 80 м и снимков сверхвысокого разрешения на одну и ту же дату, снимок со спутника Landsat с разрешением 30 м был приведен к разрешению 80 м. Это позволило с определенной долей условности рассмотреть надежность выделения озер на снимках, полученных системой MSS.

Полнота дешифрирования озер характеризует отсутствие пропусков, она была определена как отношение количества озер, дешифрируемых на снимках Landsat к количеству озер, дешифрируемых на снимке сверхвысокого разрешения. Такая величина была получена для отдельных групп озер разной площади, что позволило выделить площади озер, наиболее полно отображаемых на снимках Landsat. Установлено, что полнота дешифрирования озер разных эталонных участков закономерно увеличивается по мере увеличения площади озер. Для снимка со спутника Landsat с разрешением 30 м с полнотой дешифрирования более 90% выделяются озера площадью более 0,5 га, а для снимка со спутника Landsat с разрешением 80 м – 5 га. Полученные значения показывают, что для корректного сравнения снимков разного пространственного разрешения необходимо исключать из рассмотрения озера, отобразившиеся на снимке более высокого разрешения, но не отобразившиеся на снимке более низкого разрешения.

При изучении динамики площади термокарстовых озер очень важно знать точность определения этой площади, поэтому в исследовании была вычислена *погрешность определения площади озер.* Для удобства анализа для каждой пары изображений озер была определена относительная погрешность, выраженная в процентах:

$$\Delta = 100\%(\frac{a_i - A_{ист}}{A_{ист}}), \text{ где}$$

Δ – относительная погрешность определения площади озер, a_i – площадь озера, вычисленная по снимку Landsat, $A_{ист}$ – истинное значение площади озера, вычисленное по снимку сверхвысокого разрешения.

С целью детализации значений погрешности для отдельных групп озер, сгруппированных по площади, была определена средняя квадратическая погрешность σ:

$$\sigma = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\Delta^2}{n}}, \text{ где}$$

Δ – относительная погрешность определения площади каждого озера, n – количество озер в группе, по которому была определена средняя квадратическая погрешность.

В результате было установлено постепенное уменьшение погрешности с увеличением площади озер. Погрешности менее 10% характерны лишь для озер площадью более 10 га на снимке с разрешением 30 м и для озер площадью более 40 га на снимке с разрешением 80 м, а менее 5% – для озер площадью более 30 га и 50 га соответственно. Помимо значений среднеквадратической погрешности было установлено, что при измерении площади озер по снимкам Landsat мы, главным образом, преуменьшаем площади озер относительно их действительного размера.

Таким образом, сравнение основных материалов для изучения динамики термокарстовых озер – снимков со спутника Landsat – со снимками сверхвысокого разрешения показало, что их использование для количественных оценок требует ряда ограничений: исключение из рассмотрения малых озер и учет погрешности определения площади озер. Однако исключение из анализа озер с большими величинами погрешности не позволит проанализировать их динамику. Поэтому для удобства анализа изменений площади термокарстовых озер по космическим снимкам рекомендуется составлять схемы динамики этих озер для пары разновременных снимков, что позволит визуально зафиксировать изменения. Однако ограничиваться лишь визуальным анализом недостаточно, необходимы количественные оценки.

Как известно при изучении изменений термокарстовых озер по космическим снимкам со спутника Landsat возможны два варианта используемых материалов, когда сравнивают разновременные снимки одинакового разрешения и снимки разного разрешения. Поэтому дополнительно были определены среднеквадратические отклонения площадей озер, полученных по снимкам со спутника Landsat одинакового разрешения за близкие даты, и по снимкам разного разрешения, полученным в один день. Методика определения среднеквадратических отклонений площади озер для обоих вариантов была аналогична той, которая использовалась при оценке среднеквадратической погрешности по снимкам Landsat, с той лишь разницей, что в качестве эталонного изображе-

ния вместо снимков сверхвысокого разрешения были использованы снимки со спутника Landsat с разрешением 30 м.

Значения среднеквадратических отклонений площади озер в зависимости от их величины отражены в графиках (рис. 1, 2).

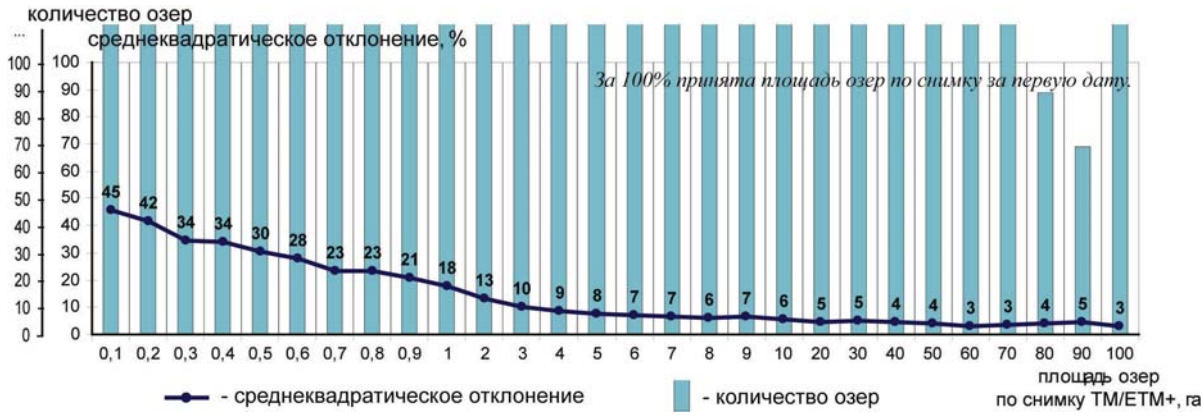


Рис. 1. Среднеквадратические отклонения площадей озер разного размера, полученных по снимкам со спутника Landsat одинакового разрешения за близкие даты

Рис. 2. Среднеквадратические отклонения площадей озер разного размера, полученных по одновременным снимкам со спутника Landsat разного разрешения

Графики демонстрируют уменьшение среднеквадратических отклонений с увеличением площади озер, поэтому при количественной оценке для каждой группы озер разного размера необходимо учитывать свое значение среднеквадратического отклонения. При количественной оценке необходимо учитывать изменения отдельных озер, по величине превышающие погрешность измерений, иначе возникает опасность принять за изменение среднеквадратическое отклонение.

В результате исследования:

- установлена зависимость полноты дешифрирования и относительной погрешности определения площади озер от их размеров. Чем больше площадь озер, тем выше показатели надежности.
- установлено преуменьшение площади озер, измеренной по снимкам со спутника Landsat, относительно их действительного размера
- установлено, что у снимков со спутника Landsat с разрешением 30 м лишь для озер площадью более **0,5 га**, а у снимков со спутника Landsat с разрешением 80 м лишь для озер более **5 га** полнота дешифрирования достаточна и превышает 90%.

- установлены большие величины погрешности определения площади озер по снимкам Landsat относительно снимков сверхвысокого разрешения. Определение точных значений изменений площади озер с погрешностью менее 10% возможно лишь для крупных озер площадью более **10 га** для снимков со спутника Landsat с разрешением 30 м и более **40 га** для снимков со спутника Landsat с разрешением 80 м.
- установлено, что количественная оценка изменения площади озер по космическим снимкам со спутника Landsat возможна, однако она должна обеспечивать сопоставимую полноту дешифрирования озер на сравниваемых снимках путем введения пороговых значений и учитывать значения среднеквадратических отклонений определения этих изменений.

Литература

1. *Елсаков В.В., Марущак И.О.* Межгодовые изменения термокарстовых озер северо-востока Европейской России // Исследования земли из космоса, 2011, №4, с. 1 – 13

2. *Кирпотин С.Н., Полищук Ю.М., Брыксина Н.А.* Динамика площадей термокарстовых озер в сплошной и прерывистой криолитозонах Западной Сибири в условиях глобального потепления // Вест. ТГУ, 2008, № 311, с. 185 – 189

3. *Кравцова В.И., Быстрова А.Г.* Изменение размеров термокарстовых озер в различных районах России за последние 30 лет // Криосфера Земли, 2009, т. 13, №2, с. 16 – 26

4. *Fitzgerald D., Riordan B.A.* Permafrost and ponds. Remote sensing and GIS used to monitor Alaska wetlands at the landscape level // Agroborealis, 2003, 35, №1, p. 30 – 35

ДИНАМИКА ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР ПРИМОРСКОЙ ЧАСТИ ЯНО-ИНДИГИРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ ПО ДИСТАНЦИОННЫМ ДАННЫМ

Т.В. Тарасенко, В.И. Кравцова, Е.И. Пижанкова, А.В. Гаврилов
Московский Государственный Университет им. Ломоносова, manunya_geo@mail.ru

THERMOKARST LAKE DYNAMICS IN THE COASTAL PART OF THE YANA-INDIGIRKA LOWLAND USING REMOTE SENSING DATA

T.V. Tarasenko, V.I. Kravtsova, E.I. Pizhankova, A.V. Gavrilov
Lomonosov Moscow State University, manunya_geo@mail.ru

Изучением динамики площади термокарстовых озер по аэрокосмическим снимкам занимаются многие исследователи. Большая часть этих исследований оценивает изменения термокарстовых озер с точки зрения реакции криолитозоны на глобальное потепление климата [2,5,6]. Также уделяется внимание таким факторам, как атмосферные осадки и эрозионная деятельность рек [3,4]. Однако влияние тектонических процессов на изменение площади термокарстовых озер остается неизученным. Лишь единичные исследования указывают на изменения озер в пределах положительных и отрицательных структур [1].

Цель представленного исследования – на основе аэрокосмических снимков провести анализ связи изменений площади термокарстовых озер приморской части Яно-Индигирской низменности с неотектоникой. На территории, ограниченной восточным побережьем моря Лаптевых на западе, и Хромской губой на востоке, выделены положительные и отрицательные морфоструктуры, относимые к рубежу плейстоцена и голоцена. В зависимости от тенденций современного развития, они подразделялись на унаследованные и обращенные морфоструктуры. На первом этапе сравнивалась динамика озер в пределах положительной морфоструктуры унаследованного развития и отрицательной структуры, меняющей в настоящее время направленность вертикальных движений.

Исследование было проведено на эталонном участке, охватывающем полуостров Широкостан и расположенную к югу от него аласную равнину (рис. 1).

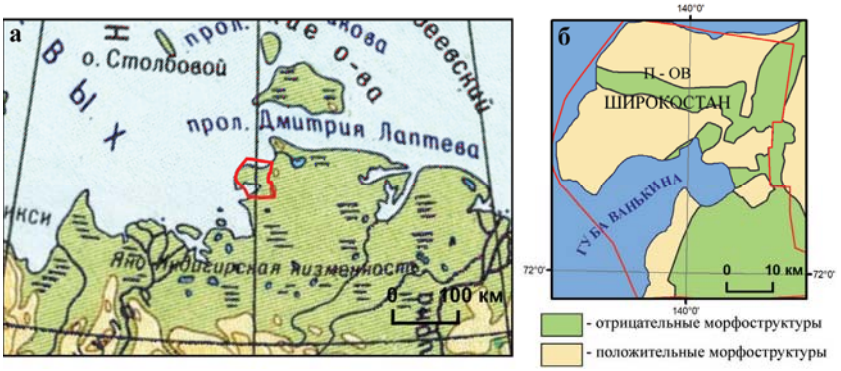


Рис. 1. Расположение эталонного участка

Территория эталонного участка, площадь которого составляет около 2000 км^2, относится к зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород и представляет собой равнину, сложенную высокольдистыми отложениями. 45% территории занято термокарстовым рельефом, представленным аласами и озерами, 42% – поверхностью ледового комплекса и 13% - долинами рек. Общая площадь озер в настоящее время составляет 153 км^2, из них на озера в долинах приходится 20 км^2.

На территории участка были выделены области тектонических поднятий (п-ов Широкостан) и области тектонических опусканий (аласные равнины к югу и востоку от полуострова) (рис. 1б). Первые составляют 55% площади, вторые - 45%. Области тектонических поднятий представлены в основном останцами ледового комплекса и частично термокарстовыми котловинами (аласами), а области тектонических опусканий – слившимися между собой аласами с редкими останцами ледового комплекса - аласные равнины.

Большая часть озер (62% от их общего количества) расположена в пределах аласных равнин (отрицательных морфоструктур), где встречается наибольшее количество крупных озер (площадью более 10 га). Меньшая часть озер (38% от их общего количества) расположена в пределах положительных морфоструктур, большая часть из которых – малые.

С целью выявления характера динамики площади озер были проанализированы сезонные и многолетние их изменения.

Для изучения сезонных изменений использовались космические снимки Landsat в течение летнего периода 2011 года: за 18 июня, 4 июля и 5 августа, по которым установлено постепенное уменьшение площади озер от июня к августу. Сокращение площади озер в пределах всего эталонного участка с июня по август составило 41%, при этом наибольшие изменения наблюдаются по долинам рек и в областях тектонических опусканий, наименьшие – в пределах ледового комплекса и в областях тектонических поднятий. Увеличение водности озер и рек в начале лета обусловлено таянием льда на водоемах и снежного покрова на окружающих территориях, что приводит к повышению уровня воды в них и часто сопровождается выходом вод из занимаемых ими русел и котловин. Во избежание принятия сезонных изменений за многолетние оптимальным является использование снимков за близкие даты, полученные в конце летнего – начале осеннего периода (август – сентябрь).

Многолетние изменения были проанализированы по материалам 1951 г. и 2009 г. Использовались аэрофотоснимки за 9 июля 1951 г. и космический снимок со спутника Landsat-5 за 22 июля 2009 г. Для работы со снимками использовался программный пакет Scanex Image Processor 3.6.9. По космическому снимку со спутника Landsat с помощью классификации Isodata было проведено автоматизированное выделение озер, а оцифрованные аэрофотоснимки трансформированы в проекцию и систему координат космического снимка. Поскольку на аэрофотоснимках озера имеют самую разнообразную яркость и автоматизированное их дешифрирование невозможно,

изучение изменений проводилось путем наложения результатов автоматизированного выделения озер по космоснимку Landsat на аэрофотоснимки и визуального сравнения результатов. Выявленные таким образом изменения были проверены и зафиксированы по современным космическим снимкам более высокого пространственного разрешения.

В результате на территории эталонного участка было установлено изменение площадей 110 озер. Наблюдаются разнонаправленные изменения озер с общим преобладанием уменьшения их площади как по количеству озер: у 72 озер площадь уменьшилась, у 38 озер - увеличилась, так и по площади изменения: уменьшение площади озер составило 1323 га, а увеличение – 882 га.

Установлено, что в областях тектонических опусканий наблюдается главным образом процесс увеличения площади озер, а в областях тектонических поднятий – процесс уменьшения их площади.

В пределах положительной морфоструктуры п-ова Широкостан (территории распространения ледового комплекса) существенных изменений площадей озер не зафиксировано. Наблюдается лишь сокращение площади 3-х озер. Одно из них было спущено рекой и представляет собой пример развития затухающего термокарста, а два других, располагавшиеся в прибрежной зоне, под действием термоабразии и термоэрозии спущены в море Лаптевых.

В пределах аласных равнин расположено наибольшее количество озер, изменивших свои площади. Здесь наблюдается разнонаправленная их динамика: площади одних озер уменьшились, а других увеличились. При этом процесс увеличения преобладает по площади изменения над уменьшением, несмотря на бóльшее количество озер, уменьшивших свои площади (так, уменьшение площади 47 озер составило за 60 лет 751 га, а увеличение площади 34 озер – 837 га). В качестве основной причины уменьшения площади озер в аласах, следует признать *спуск озер водотоками.* Это характерно для обращенных структур (рис. 2), меняющих в настоящее время свой знак с опускания на поднятие.

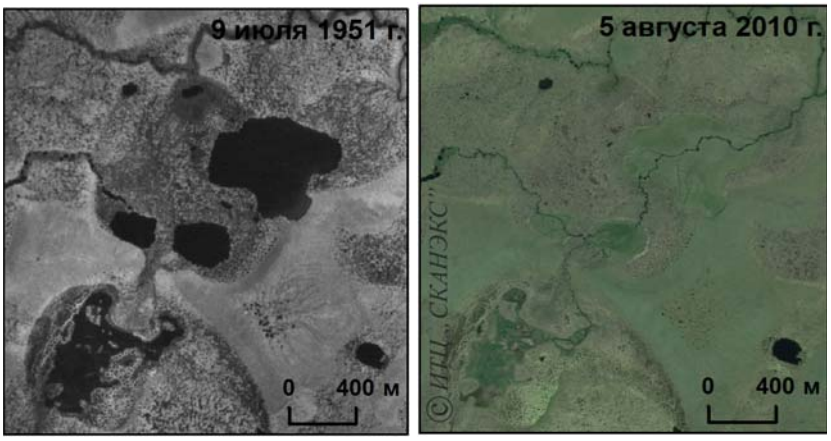


Рис. 2. Дренирование озер образовавшимся водотоком

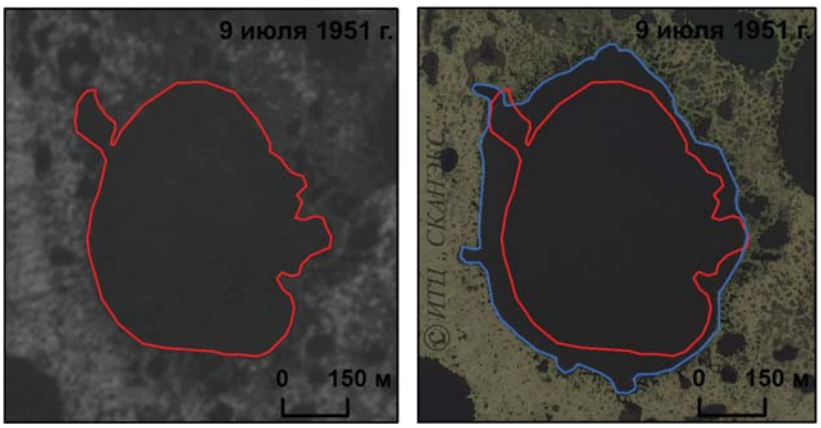


Рис. 3. Увеличение площади озера за счет вытаивания полигонально-жильных льдов

Увеличение площади озер зафиксировано только у крупных озер площадью более 10 га, основная масса которых сконцентрирована на юго-востоке исследуемого района. Лишь у одного озера в этом районе увеличение площади обусловлено влиянием реки и сезонными изменениями. Для всех остальных озер характерно увеличение площади со всех или с какой-то определенной стороны озера, захватывающее полигональный микрорельеф прибрежной территории (рис. 3). Причиной такого увеличения является *вытаивание полигонально-жильных льдов за счет процессов термокарста и термоабразии*

Проведенные работы показывают, что многолетнюю динамику площадей термокарстовых озер необходимо рассматривать в зависимости от современной тектоники (морфоструктурного плана) территории. Озерам, расположенным в положительной морфоструктуре, свойственна относительная стабильность, в отрицательной – изменчивость. Спуск озер в одних случаях и расширение в других, по-видимому, стоят в связи со знакопеременным характером обращенной морфоструктуры. Доложенное является результатом самого начального этапа исследований. Планируется, что динамика озер будет изучена в морфоструктурах разного типа, в том числе в отрицательных структурах, унаследованно развивающихся, по меньшей мере, с конца позднего плейстоцена.

Литература

1. *Веремеева А.А.* Закономерности организации современного рельефа приморских низменностей севера Якутии на основе использования ГИС-технологий. Материалы четвертой конференции геокриологов России. МГУ имени М.В. Ломоносова, 7-9 июня 2011 г. Т. 2. Часть 5. Региональная и историческая геокриология. Часть 6. Динамическая геокриология. М: Университетская книга, 2011, с. 29 – 35

2. *Кирпотин С.Н., Полищук Ю.М., Брыксина Н.А.* Динамика площадей термокарстовых озер в сплошной и прерывистой криолитозонах Западной Сибири в условиях глобального потепления // Вест. ТГУ, 2008, № 311, с. 185 –189

3. *Кравцова В.И., Тарасенко Т.В.* Изучение и картографирование динамики термокарстовых озер на территории Западной Сибири по разновременным космическим снимкам // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата, 2010, Т.1, с. 88–93

4. *Тарасенко Т.В., Кравцова В.И.* Исследование изменений площадей термокарстовых озер на основе анализа космических снимков. Труды десятой международной конференции по мерзлотоведению. Салехард, 25-29 июня 2012 г. Том 3. Статьи на русском языке. Тюмень: ООО «Печатник», 2012, с. 505 - 510

5. *Fitzgerald D., Riordan B.A.* Permafrost and ponds. Remote sensing and GIS used to monitor Alaska wetlands at the landscape level //Agroborealis, 2003, 35, №1, p. 30 – 35

6. *Smith L.C., Sheng Y., Macdonald G.M., Hinzman L.D.* Disappearing Arctic Lakes // Science, 2005, v. 308, №5727, p. 1429

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ТЕРМОРАЗВЕДКИ КРИОЛИТОЗОНЫ

В. Югин, В. Агачев, И. Мясников
ООО «Комплексные геохимические исследования», г. Черноголовка, dtr-group@bk.ru

APPLICATION OF COSMIC THERMOVISION INFORMATION FOR THERMAL EXPLORATION OF CRYOLITHOZONE

V. Yugin, V. Agachev, I. Myasnikov
LLC «Complex Geochemical Researches», Chernogolovka, dtr-group@bk.ru

Цель доклада: внедрить в практику геокриологических исследований метод использования данных космических тепловизионных съемок Земли для глубинного картирования геотермического поля и толщ многолетнемерзлых пород. Доклад не отображает завершенную работу по мерзлотоведению, а содержит идеи сформировавшиеся у авторов в результате региональных дистанционных термометрических исследований подземной гидросферы в Сибири и в других регионах.

Развитие геокриологии тесно связано со скважинной геотермией. Геотермический метод в исследованиях криолитозоны является не единственным, но традиционным, причем прямым, методом определения мерзлой толщи. Геотеплофизическое направление в мерзлотоведении развивалось наиболее интенсивно во второй половине прошлого века. Измерения температуры в скважинах стали обязательными при проведении геокриологических и гидрогеологических исследований. Скважинной геотермией установлено, что процессы промерзания и оттаивания пород влияют на динамику геотемпературного поля, изменяют теплофизические свойства и проницаемость пород, изменяют водопроводящие пути; криогенные водоупоры уменьшают долю конвекционной составляющей теплового потока. Формирование многолетнемерзлой толщи (ММТ) зависит от радиационно-теплового баланса, и на мощность ее влияет внутриземной тепловой поток. Доказано, что необычайно мощная криолитозона восточной части Сибирской платформы образована в условиях аномально низкого теплового потока [1, 2, 3]. Однако, возможности получения новой информации скважинным методом по многим регионам ограничены размещением и объемами буровых работ. Получение сведений о геотермических параметрах в районах распространения ММП сопряжены, кроме того, с методическими и техническими трудностями скважинных геотермических измерений. В этих условиях приобретают важное значение бесскважинные, неконтактные, методы объемного картирования структуры внутриземного теплового поля. Таким методом может явиться дистанционная терморазведка (ДТР) по данным комической тепловизионной съемки. Гидрогеологические работы методом ДТР на платформах и щитах в 2005-2012 гг. показали эффективность метода для картирования флюидно-конвективных потоков на глубинах достигающих 5 км. До настоящего времени непосредственно для определения мерзлой толщи этот метод не применялся, но геотермические и флюидодинамические результаты, полученные им, свидетельствуют о возможностях широкого применения его для картирования криолитозоны. Возможности обусловлены физическими основами метода и геотермическими особенностями самой криолитозоны.

Дистанционная терморазведка – пассивный физический метод исследования геотермического поля путем бесконтактной регистрации и последующего анализа идущего от Земли теплового электромагнитного излучения.

Исходные данные получаются тепловыми съемками с аэрокосмических носителей в диапазоне ЭМВ – 7,5-13,5 мкм. В этом диапазоне регистрируется не отражение от солнечного освещения, а собственное излучение Земли. Тепловое излучение исходит ото всех объектов. Эмиссия происходит за счет внутренней энергии объекта, находящегося при определенной температуре. Общая энергия, излучаемая каким-либо телом, пропорциональна температуре тела в 4-й степени (Стефана-Больцмана закон излучения). В тепловом излучении заключена информация о глубинных процессах, происходящих внутри излучающего объекта [4]. Между объектами происходит теплообмен излучением. Все формы переноса тепла – кондукция, конвекция, диффузия – сопро-

вождаются излучением. Глубинное тепловое излучение постоянно пронизывает земную кору и рассеивается в космическом пространстве. Излученную Землей энергию на высоте фиксирует тепловой радиометр (тепловизор). В исходной матрице наблюденных значений содержатся сигналы от гелиозоны и эндотермики, которые различаются по аномально-частотным параметрам. На основе дифференцированности этих параметров зондирование глубинного строения теплового поля Земли выполняется методами фильтрации, последовательного увеличения температурной чувствительности и селективного поглубинного проникновения в геологический разрез.

Алгоритм действий в дистанционной терморазведке осуществляется в следующей последовательности: получение цифрового изображения интенсивности теплового ИК излучения → нормирование количественных значений яркостной температуры → преобразование путем амплитудно-частотной фильтрации числового массива из матрицы 2D в пространство 3D → ГИС-томографическая интроскопия структуры геотермического поля → параметрические способы компьютерной классификации аномалий → тематическая интерпретация.

ГИС-томографическая интроскопия структуры геотермического поля заключается в построении геотермических карт и разрезов по любым заданным направлениям и глубинам до 5 км; по сути действий это автоматическая визуализация результатов геотермического дешифрирования тепловизионной цифровой информации в пространстве 3D.

Таким образом, тепловизионная съемка с космических носителей (Landsat, ASTER, MODIS) является геофизическим методом, регистрирующим излучение электромагнитных колебаний в тепловом ИК диапазоне 7,5-13,5 мкм, и по своей сути существенно отличается от традиционных аэрокосмических методов, имеющих дело с отраженным сигналом в видимом диапазоне волн. Тепловизионные снимки, при наличии соответствующего инструмента обработки и расшифровки, являются информационной основой осуществления геофизической интроскопии эндогенного геотермодинамического поля.

Геофизическая и гидродинамическая интерпретация термометрических данных включает следующие операции: выявление геотермических аномалий, выделение термогидродинамических сегментов, определение направлений термогидродинамики (тепломассопереноса). По геотермическим данным составляются гидродинамические карты и разрезы. Разноглубинный комплект их обеспечивает объемное представление ситуаций.

Основой применения геотермии для исследования гидродинамики является критерий «воды переносят тепло и тепло двигает воды». Вода своим движением создает конвективную составляющую теплового потока. Вода, как наиболее теплоемкое вещество, формирует яркие температурные конвекции.

Динамика флюидов изучается по следующему критерию: конвективно-диффузионный приток глубинных флюидов создает положительные аномалии температур, поверхностных – отрицательные. Если конвекция флюидов идет вверх, то теплопроводный и конвективный тепловые потоки складываются, при инфильтрации вод вниз - вычитаются.

В результате ДТР разрез расчленяется на гидродинамические этажи, отдельно выделяются жильные подземные воды тектонических разломов и трещинных зон, спорадические зоны скрытой разгрузки глубинных вод, окна в водоупорах; указываются места и направления перетоков, движения артезианских бассейнов от областей питания до мест кумуляции или разгрузки.

Эффективность ДТР в картировании гидродинамики может быть распространена на фазовые переходы вода-лед, так как промерзание пород и миграция влаги тесно взаимосвязаны. При этом гидрогеотермическая интерпретация будет отвечать геокриологическим задачам:

- выявление и картирование аномалий эндотермии, влияющих на нижнюю границу ММТ;
- определение распределения роли конвективного теплообмена в протаивании ММП по площади и разрезу; картирование теплового взаимодействия ММП и подземных вод;
- оконтуривание островов ММП в плане и по разрезу, выделение реликтовых, оторванных от поверхности, блоков ММП;
- выявление в ММП непромерзающих окон инфильтрации поверхностных вод;
- прослеживание безградиентных зон мерзлой части разреза.

В интерпретации будут использоваться такие известные критерии, как:

- мощность ММТ определяется внутриземным тепловым потоком. Наибольшие мощности ММТ приурочены к зонам наименьшего внутриземного теплового потока;
- вертикальный геотермический градиент в немерзлой и мерзлой зонах различается; в последних минимальный;
- величина внутреннего потока в ММТ намного меньше, чем в нижележащих толщах;
- мерзлые толщи как криогенные водоупоры препятствуют тепловой конвекции;
- коэффициент теплопроводности и объемная теплоемкость горных пород при промерзании увеличиваются.

Выводы: Методика ДТР пригодна для накопления новых данных о геотермии разных районов развития ММТ, особенно, неизученных северных и восточных районов Сибири. Изучая структуру естественного геотермического поля и перераспределения тепловых потоков до километровых глубин, возможно выявление закономерностей распространения ММТ, картирование площадей квазистационарных мерзлых толщ в большом диапазоне глубин. Практически может реализовываться эффект зондирования и прогнозирования глубинной структуры криолитозоны.

Дистанционная терморазведка на основе космических тепловизионных съемок может служить прогрессивным методическим приемом в выполнении региональных геокриологических работ. На первых этапах необходимо изучить глубинные криологические факторы, формирующие вариации геотермических параметров, и определить прямые критерии геокриологической интерпретации карт ДТР.

Экономичность метода обусловлена простотой аэрокосмических способов сбора геотермических данных, без бурения, возможностью оперативно получать новые информационные показатели для решения геокриологических задач прогнозной оценки, в первую очередь, недостаточно исследованных бассейнов, рентабельно проектировать дорогостоящие геофизические и буровые работы. При малых затратах обеспечивается высокая плотность информации на единицу площади.

Достоинством метода является оперативность реализации геоинформационного ресурса, накопленного космическими тепловизионными съемками любой территории, возможность изучения межскважинных пространств и труднодоступных территорий и широкого применения компьютерных технологий.

Литература

1. *Балобаев В.Л.* Условия формирования температуры и мощности многолетнемерзлых горных пород // Материалы Всесоюзного междуведомственного совещания по геокриологии (мерзлотоведению). – Якутск: кн. изд-во, 1966. – с. 47-57.

2. *Балобаев В.Т.* Геотермия мерзлой зоны литосфера севера Азии. – Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1991. – 193 с.

3. *Левченко А.И.* Мощность криолитозоны Якутии // Пособие по прогнозу температурного режима грунтов Якутии. – Якутск: ИМ СО АН СССР, 1988. – с. 5-11.

5. *Макс Планк.* Теория теплового излучения: Пер. с нем. / Под ред. М.А. Ельяшевича. Изд. 2-е, стереотипное. – М.: Ком. Книга, 2006. – 208 с.

СЕКЦИЯ 3
КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОЛЯРНЫХ ШЕЛЬФОВ

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СУБАКВАЛЬНОЙ КРИОЛИТОЗОНЫ ЯМАЛЬСКОГО ШЕЛЬФА

А.А. Васильев[1], П.В. Рекант[2], И.Д. Стрелецкая[3]
[1]*Институт криосферы Земли СО РАН,* [2]*ВНИИокеангеология МПР РФ,*
[3]*МГУ им. Ломоносова, географический факультет, al.a.vasiliev@gmail.com*

SUBMARINE PERMAFROST MAPPING OF YAMAL PENINSULA CONTINENTAL SHELF

A.A. Vasiliev[1], P.V. Rekant[2], I.D. Streletskaya[3],
[1]*Earth Cryosphere Institute SB RAS,* [2]*All Russian Institute of Ocean Geology,*
[3] *Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, al.a.vasiliev@gmail.com*

Картографирование субаквальной криолитозоны (СК) представляет собой важнейший этап обобщения имеющихся представлений о закономерностях ее формирования, распространении, условиях залегания и свойствах. До сих пор практически все опубликованные карты СК Карского и Баренцева морей составлены в большей степени на основе теоретических представлений об истории формирования и условиях залегания, чем на фактическом материале. Прямые обнаружения СК Карского моря и Ямальского шельфа сделаны на основе бурения со льда в мелководной зоне и всего двумя скважинами на глубоководном шельфе, пробуренными с борта бурового судна специалистами ОАО "Арктические морские инженерно-геологические экспедиции" ("АМИГЭ").

В соответствии с имеющимися представлениями СК на шельфе Карского моря распространены непосредственно от береговой линии до глубины моря около 120 м., которая соответствует понижению уровня моря во время сартанского криохрона. Потенциальная глубина промерзания и соответственно предельная мощность СК могла достигать 400-500 м. Таким образом, изначально предполагается реликтовый характер СК. Однако, во время бурения скважин на глубоководном шельфе ЮВ части Баренцева моря при глубине моря около 65 м. были вскрыты субаквальные многолетнемерзлые породы, мощностью превышающие 100 м, имеющие постоянную температуру на всех глубинах и имеющие форму ледяных штоков. Было высказано предположение, что их формирование произошло вследствие быстрой дегазации и переохлаждения изначально немерзлых газонасыщенных пород с температурой близкой и температуре фазовых переходов [1]. Итак, на шельфе Карского и Баренцева морей одновременно присутствуют как реликтовые, так и новообразованные субаквальные многолетнемерзлые породы. Помимо этого, новообразование СК происходит в наше время на современных низких аккумулятивных поверхностях типа Шараповых и Марресальских кошек.

В последние годы интерес к достоверной информации о распространении, условиях залегания, свойствах и тенденциях эволюции СК резко возрос в связи с предполагаемой или уже планируемой разработкой газовых месторождений, приуроченных к Ямальскому шельфу. К ним, в первую очередь относятся Харасовейское и Крузенштерновское месторождения.

В условиях явного недостатка прямой информации о СК особое значение приобретают косвенные методы обнаружения многолетнемерзлых пород в разрезах отложений шельфа. Наиболее перспективным методом представляется высокоразрешающее сейсмоакустическое профилирование. Метод разработан сравнительно давно, входит в стандартный набор океанологических исследований, накоплен большой массив данных измерений по всей территории Карского моря. Глав-

ным препятствием использования высокоразрешающей сейсмоаккустики для поиска и идентификации СК в разрезах является исключительно высокая газонасыщенность четвертичных отложений на шельфе. Тем не менее, использование новых методов обработки данных позволяет в ряде случаев выделить на разрезе акустические рефлекторы, которые могут быть идентифицированы как кровля мерзлых пород. Заверка результатов сейсмоакустического профилирования на основании сравнения их результатов с данными бурения выполнена на участке сравнительно мелководного шельфа в районе Харасовея и показала достаточную сходимость.

Были собраны все доступные данные сейсмоакустического профилирования из разных организаций и ведомств. Всего переинтерпретировано и проанализировано более 130 000 п.км. профилей. Примерно на 30 000 п. км. обнаружены акустические рефлекторы, которые с большой долей вероятности интерпретируются нами как кровля СК. Сформирована компьютерная база данных, в которой содержится информация о координатах, глубине моря и глубине залегания кровли многолетнемерзлых пород. База данных содержит около 30 000 записей о проявлении кровли СК на сейсмоакустических профилях. Анализ полученных данных показал, что СК встречена на глубинах 6 - 70 м от поверхности морского дна, преобладающая глубина залегания кровли мерзлых пород составляет 20 м. от поверхности дна. На Ямальском шельфе криолитозона имеет островной и прерывистый характер. Размер мерзлых островов в массиве охлажденных пород составляет в плане 50 - 500 м.

С использованием ГИС технологии составлена карта распространения СК в южной части Карского моря [2], которая пополняется по мере добавления новых сейсмоакустических данных проявления СК (рис). Таким образом, разработанная карта представляется актуализированной, отражающей текущий уровень знаний об СК.

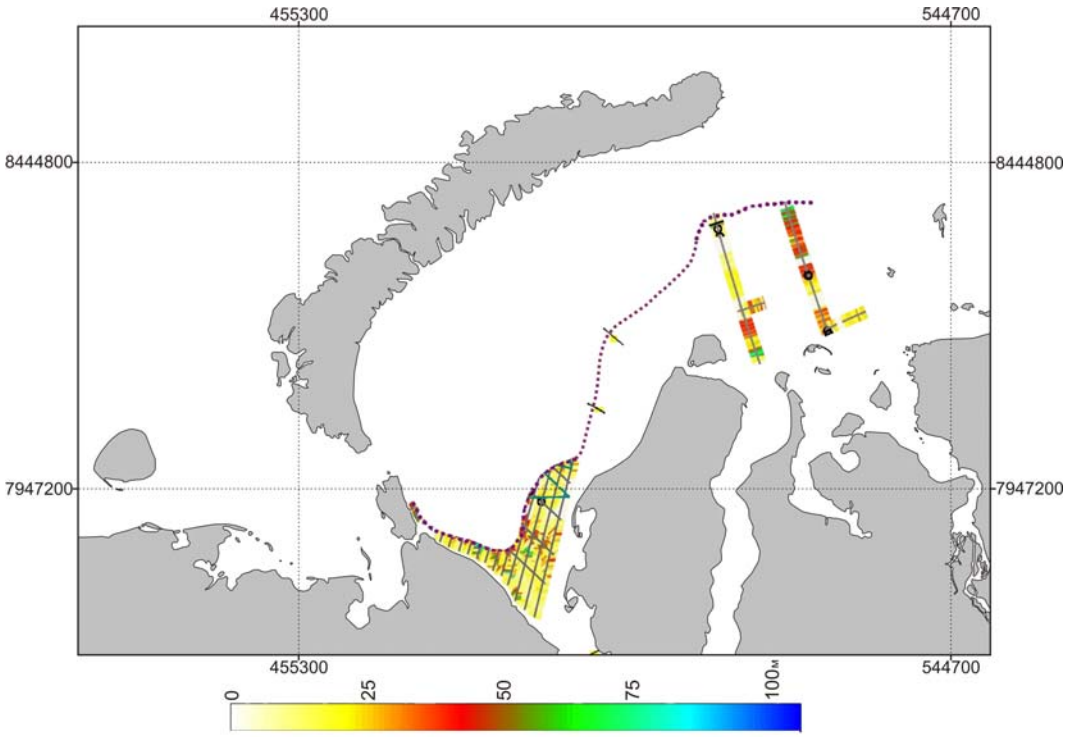


Рис. ГИС-ориентированная карта распространения субаквальных многолетнемерзлых пород в южной части Карского моря

Глубина залегания кровли СК от поверхности морского дна дана цветом в соответствии со шкалой внизу рисунка. Точечная линия представляет собой внешнюю границу распространения СК.

Важным аспектом разработанной карты является отражение на ней соотношения континентальной и субаквальной криолитозоны. Как известно, на Ямальском шельфе континентальная и

субаквальная криолитозона разделены вдольбереговым таликом. Детальные сейсмоакустические исследования СК в районе Марре-Сале показали, что талик развит при глубинах моря от 2 м (глубина смерзания припайного льда с морским дном) до глубины 6-8 м (глубина активного теплообмена в водной толще). Глубина талика составляет не менее 70 м, или он является сквозным. Ширина таликовой зоны зависит от морфологии морского дна (уклона) и условий теплообмена в водной толще, в т.ч. от температуры водной поверхности, которая в свою очередь зависит от температуры воздуха. Исследования показали, что ширина вдольберегового талика максимальна в южной части Ямальского шельфа и достигает 2 км. К северу талик выклинивается примерно на широте 72 °с.ш.

Таким образом, применение метода высокоразрешающей сейсмоаккустики позволило создать ГИС –ориентированную актуализированную постоянно обновляемую карту субаквальной криолитозоны Ямальского шельфа.

Литература

1. *Мельников В.П., Спесивцев В.И.* Инженерно-геологические и геокриологические условия шельфа Баренцева и Карского морей. Новосибирск, Наука, 1995, 198с.

2. *Rekant P.V., Vasiliev A.A*. Offshore permafrost in the Kara Sea. //Earth's Cryosphere, v.XV, #4, pp.60-63.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СУБМАРИННОЙ КРИОЛИТОЗОНЫ

А.В. Гаврилов

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, геологический факультет, gavrilov37@bk.ru

THE HISTORY OF ARCTIC SHELF DEVELOPMENT AND MAPPING OF SUBMARINE CRYOLITHOZONE

A.V. Gavrilov

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology, gavrilov37@bk.ru

Одной из наиболее актуальных задач в региональной геокриологии является обновление геокриологической карты России масштаба 1:2 500 000 и представление ее в электронном виде. Арктический шельф относится к регионам, где представления о распространении многолетнемерзлых пород (ММП), их залегании и мощности по сравнению с 1980 годами, когда составлялась геокриологическая карта, изменились наиболее существенно.

На шельфе преобладающим распространением пользуются реликтовые ММП. Их современное распространение, размещение яруса мерзлых толщ в разрезе криолитозоны (КЛЗ), мощность обусловливаются ходом глобальных колебаний климата и уровня моря в неоплейстоцене и голоцене. На этапах осушения шельфа ММП формируются, на этапах затопления – деградируют. Поэтому выявление закономерностей их современного распространения, мощности и залегания предполагает изучение истории развития шельфа и ее роли в формировании и деградации ММП. Наиболее важными в этом отношении являются позднеплейстоценовый этап формирования ММП и голоценовый этап их деградации.

Изучение формирования и эволюции шельфовых ММП реализуется путем математического моделирования, а натурные геокриологические данные используются при тестировании модели и анализе результатов моделирования. Математическая модель основана на численном решении задачи Стефана. Краевые условия задаются на основе сценария истории развития шельфа и геолого-тектонической модели региона, включающей данные о составе, влажности, теплофизических

свойствах горных пород и геотермическом потоке. Сценарий представляет собой реконструкцию пространственно-временных изменений температуры пород в связи с соответствующими изменениями природной среды. Он отражает динамику климата, регрессии и трансгрессии моря, оледенения, дегляциацию и развитие гляциоизостатических движений, широтные перемещения ландшафтных зон и проч. Ведущим фактором является цикличность климата, определяемая вариацией орбитальных параметров Земли. Она обусловливает гляциоэвстатическую цикличность, приводящую к чередованию регрессий и трансгрессий моря. Составляемые с помощью моделирования карты являются картами ретроспективного геокриологического прогноза.

История развития и, соответственно, особенности формирования и деградации ММП существенно различаются в разных частях Российского шельфа. Их изученность во всех секторах шельфа крайне низкая, а представления о руководящих природных событиях зачастую являются дискуссионными. Поэтому ряд геокриологов в силу неопределенности данных, которые необходимо закладывать в сценарий, считает моделирование нецелесообразным. Между тем, оперативность производства моделирования позволяет из сценариев, реализующих конкурирующие представления об истории развития шельфа, выбрать тот из них, который приводит к построению модели КЛЗ, наиболее полно отвечающей натурным данным.

С помощью математического моделирования автором совместно с Н.Н.Романовским, В.Е.Тумским, А.А.Елисеевой, А.Л.Холодовым, Г.С Типенко изучались эволюция ММП и их современное распространение, залегание и мощность на шельфе морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Моделирование основывалось на трех основных массивах данных. Первый - результаты мерзлотно-геологического изучения Новосибирских островов и приморских низменностей севера Якутии, подводным продолжением которых является шельф. Второй массив – субаквальные данные. Это многочисленные данные бурения со льда [2, 3, 7, 8], данные сейсмоакустических профилей [10], для геокриологической интерпретации которых использован мерзлый керн из многочисленных колонок и четырех скважин в акватории моря Лаптевых [11]. И третий массив – результаты измерения эмиссии метана из донных отложений морей Лаптевых и Восточно-Сибирского [9].

Для составления сценария истории развития шельфа региональные данные использовались совместно с глобальными. Такой прием позволял использовать глобальную летопись колебаний климата и уровня моря, запечатленную в многочисленных изотопно-геохимических кривых, в качестве каркаса региональной летописи. Одновременно снижалась негативная роль неполноты региональных данных в построении сценария.

Математическое моделирование эволюции ММП Восточно-Сибирского шельфа для последних 400 тысяч лет, позволило выявить зависимость характеристик мерзлых толщ от целого ряда природных факторов (рис.). На этапах аградации ММП наиболее значимым фактором являлась продолжительность существования шельфа в осушенном состоянии, зависящая от глубин моря. Эта зависимость выразилась в островном распространении ММП на внешнем шельфе, полученном в результате моделирования, и преимущественно сплошном - во внутренней и центральной его частях. Фактором, проявляющим себя на этапах как аградации, так и деградации ММП, является существование рифтовой зоны в море Лаптевых. Высокая плотность геотермического потока в рифтовых грабенах и разломных зонах и низкая в межрифтовых горстах определяют резко различную мощность ММП в разнотипных структурах.

На этапе трансгрессии моря и деградации ММП определяющую роль играли сроки затопления шельфа. Они определялись трансформацией рельефа шельфа озерным термокарстом, получившим развитие в ходе первых предголоценовых потеплений на осушенной части шельфа преимущественно в рифтовых грабенах. Образование подозерных таликов, трансформировавшихся при затоплении шельфа в субмаринные талики, определили характер кровли и прерывистость толщи ММП. Углубление днищ грабенов озерным термокарстом определяло продвижение моря в глубь континента по грабенам, тогда как возвышенности горстов еще долго оставались сушей. Морфоструктуры горстов в среднем и позднем голоцене затапливались на тысячелетия позже грабенов. Очередность затопления проявлена в современной конфигурации

береговой линии. Все острова, полуострова, мысы приурочены к горстам, проливы, заливы, губы – к грабенам.

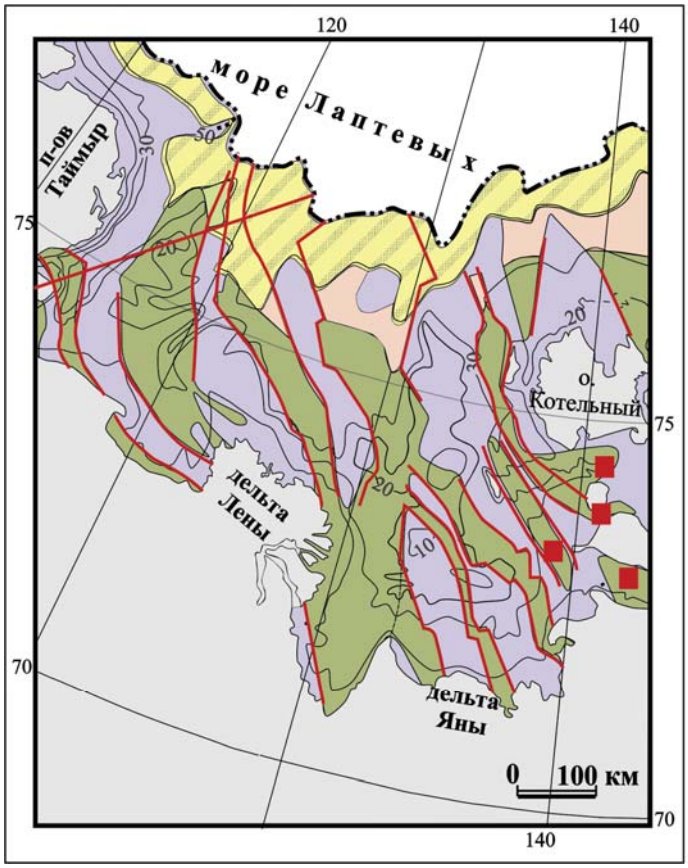


Рис. Типы криолитозоны шельфа моря Лаптевых по результатам математического моделирования (Гаврилов, 2008) с изменениями

В результате активной деградации ММП сверху и снизу (за счет раннего затопления и высокого геотермического потока соответственно) во многих грабенах зафиксированы сквозные талики [3]. В пределах же горстов, ушедших под воду от половины до двух-трех столетий назад (например, обширная Семеновско-Васильевская банка), развиты твердомерзлые породы, мощность которых равна или превышает мощность ММП на континенте (600-700 м).

На шельфе Восточной Сибири ниже криолитозоны и в ее пределах существует зона стабильности гидратов газа (ЗСГГ) [7]. Для ее прогнозного картографирования математическое моделирование, как показывают исследования [4, 5], является весьма перспективным методом. Голоценовая трансгрессия моря, сокращение мощности ММП, изменение их температуры и состояния приводят к дестабилизации гидратов газов и формированию газовых скоплений, находящихся под давлением [9]. Масштабная эмиссия метана на шельфе Восточной Сибири позволяет предполагать существование многочисленных каналов выхода газа на поверхность. Выявление характера деградации ММП в связи с такой эмиссией в настоящее время интенсивно исследуется [6].

Представляется, что математическое моделирование целесообразно применять не только для мелкомасштабного картографирования арктического шельфа, но и в ходе инженерно-геокриологических исследований площадей предполагаемого нефтегазового освоения. Моделирование, выполняемое в ходе бурения, позволяет неоднократно корректировать модель и использовать получаемые результаты в целях выбора площадей для последующих изысканий.

Литература

1. *Гаврилов А.В.* Криолитозона арктического шельфа Восточной Сибири (современное состояние и история развития в среднем плейстоцене – голоцене). Автореф. дис…. д.г.-м.н. М., 2008, 48 с.

2. *Григорьев М.Н.* Криоморфогенез и литодинамика прибрежно-шельфовой зоны морей Восточной Сибири. Автореф. дис…д.г.н., Якутск, 2008, 39 с.

3. *Неизвестнов Я.В., Воинов О.Н., Постнов И.С.* Солевой и газовый состав пластовых вод Новосибирских островов и окружающих акваторий // Геология шельфа восточносибирских морей. Л., НИИГА, 1976, с. 78-89.

4. *Романовский Н.Н., Хуббертен Х.В., Гаврилов А.В., Елисеева А.А., Типенко Г.С., Холодов А.Л., Романовский В.Е.* Эволюция мерзлых толщ и зоны стабильности гидратов газов в среднем плейстоцене-голоцене на шельфе восточной части евразийской Арктики // Криосфера Земли, 2003, т. VII, № 4, с. 51-64.

5. *Романовский Н.Н., Елисеева А.А., Гаврилов А.В., Типенко Г.С., Хуббертен Х.В.* Многолетняя динамика толщ мерзлых пород и зоны стабильности газовых гидратов в рифтовых структурах Арктического шельфа Восточной Сибири (Сообщение 2). Результаты численного моделирования // Криосфера Земли, 2006, т. X, № 1, с. 29-38.

6. *Сергиенко В.И., Лобковский Л.И., Семилетов И.П.* и др. Деградация подводной мерзлоты и разрушение гидратов шельфа морей Восточной Арктики как возможная причина «метановой катастрофы»: некоторые результаты комплексных исследований 2011 года // Докл. РАН, 2012, т. 446, № 3, с. 330-335.

7. *Соловьев В.А., Гинсбург Г.Д., Телепнев Е.В., Михалюк Ю.Н.* Криогеотермия и гидраты природного газа в недрах Северного Ледовитого океана. Л.: ПГО Севморгеология, 1987, 151с.

8. *Фартышев А.И.* Особенности прибрежно-шельфовой криолитозоны моря Лаптевых. Новосибирск, Наука, 1993, 135 с.

9. *Шахова Н.Е.* Метан в морях Восточной Арктики. Автореф. дис… д. г-м.н., М., 2010, 46 с.

10. Dehn J., Kassens H. and TRANSDRIFT II Shipboard Scientific Party. The Sedimtytary Environment of the Laptev Sea // Reports on Polar Research, 176, 1995, p. 314-323.

11. *Kassens H., Bauch H., Drachev S.* The Transdrift VIII expedition to the Laptev Sea: the shelf Drilling campaign of ”Laptev Sea System 2000”. Terra Nostra. Sixth Workshop on Russian-German cooperation: Laptev Sea System. Program and Abstracts, S.Peterburg, 2000, p. 39-40.

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА РОССИИ – ОСНОВА ИЗУЧЕНИЯ РАЗНООБРАЗНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

А.Г. Зинченко

ВНИИОкеангеология имени академика И.С. Грамберга, anna_zinchenko@mail.ru

NEW GENERATION OF GEOMORPHOLOGICAL MAPS OF THE ARCTIC SHELF OF RUSSIA AS A BASIS FOR STUDYING OF VARIOUS NATURAL PROCESSES

A.G. Zinchenko

VNIIOkeangeologia n.a. I.S. Gramberg, anna_zinchenko@mail.ru

Аналитические геоморфологические карты, на которых рельеф показан в виде совокупности образующих его граней, давно приняты в практике отечественного и зарубежного геоморфологического картографирования. В частности, они входят в состав комплектов листов

Госгеолкарты разных масштабов. При этом аналитический принцип применяется и при картографировании морского и океанического дна. В случае, когда геолого-геофизическая изученность неравномерна или недостаточна, особое значение приобретает анализ морфологии дна. Новые возможности при этом раскрывает использование системно-морфологического подхода, предложенного А.Н. Ласточкиным в 1980-х г.г. Он развивает аналитическое направление с современных позиций, опираясь на строгую методику выделения элементов земной поверхности и их систематику, определенную по методу полной группы [4 и др]. При этом, в частности, существенно расширяются возможности анализа плоских поверхностей, которыми изобилует арктический шельф. Ранее они показывались на картах в виде больших по площади однородных контуров. Сейчас становится возможным выявлять в их пределах границы, представленные, так называемыми структурными линиями. На шельфе это, главным образом, линии выпуклого и вогнутого перегиба поперечного профиля дна. Вслед за этим выделяются ограниченные этими линиями поверхности (элементарные, по А.Н.Ласточкину, то есть неделимые в данном масштабе картографирования морфологически однородные площадные элементы). Структурные линии всегда отражают смену морфологических характеристик. С одной стороны это означает различие в особенностях рельефообразования по разные стороны от такой границы, а с другой – различия процессов, которые в настоящее время контролируются рельефом дна. Например, придонные потоки осадочного вещества, смещения донного грунта, которые возникают даже при ничтожных по абсолютным значениям изменениях уклонов. Нередко структурные линии фиксируют палеогеографические границы, например, древние береговые линии или реликтовые субаэральные, а ныне подводные долины. Несмотря на слабую морфологическую выраженность в условиях арктического шельфа, структурные линии или изменения в их характере и простирании могут быть обусловлены линейными тектоническими дислокациями. Таким образом, использование системно-морфологического метода позволяет выявлять объекты, которые ранее упускались из виду. Кроме того, появляется возможность для более обоснованной экстраполяции и интерполяции разрозненных географических, биологических, геолого-геофизических, геохимических и других данных, поскольку весьма вероятным является однообразие природных условий в пределах морфологически однородной поверхности и, наоборот, их изменение при пересечении структурной линии.

Классические общие аналитические геоморфологические карты характеризуют генезис, возраст и морфологию рельефа. Системно-морфологический подход предполагает на первом этапе исследования создание так называемой геоморфологической карты-основы, характеризующей исключительно особенности морфологии земной поверхности (не только поверхности суши, но и подводной и подледной поверхностей). Она является достаточно объективной, поскольку базируется только на топо-батиметрической информации в виде карт или профилей. При этом минимизируется влияние взглядов автора на происхождение тех или иных объектов. В дальнейшем, исследуя особенности состава и структуры земной поверхности в виде тех или иных совокупностей элементов, последовательно привлекая дополнительную информацию, можно осуществить полный комплекс исследований процессов и явлений, формирующих рельеф и контролируемых рельефом, а также взаимосвязи компонентов природной среды.

Широки возможности использования аналитических геоморфологических карт, построенных с системно-морфологических позиций, и при планировании полевых работ, прокладке профилей, определении точек пробоотбора. Последний возможно организовать не в случайных по особенностям рельефа и осадконакопления пунктах, а в репрезентативных точках с определенными характеристиками [5]. Особое значение имеет использование геоморфологической карты-основы при анализе комплекса разнообразных данных, прямо или опосредованно связанных с рельефом земной поверхности. При этом они получают привязку к конкретным ее элементам. Кроме того, исследование различных показателей осуществляются на единой основе.

По рассматриваемому принципу на площади арктического шельфа составляются геоморфологические карты масштаба 1:1 000 000 и схемы масштаба 1:2 500 000 для комплектов листов Госгеолкарты-1000 [3,6]. На базе системно-морфологического подхода был составлен «Геоэкологический атлас Баренцева моря масштаба 1: 6 000 000 [1], проведено геоэкологическое

районирование арктического шельфа России [2]. Имеется опыт картографирования и в крупных масштабах на ряде детальных полигонов. Применительно к процессам, связанным с деградацией многолетней мерзлоты, метод использовался на полигоне «Шпиндлер», в том числе, при изучении прибрежного мелководья Югорского полуострова [7]. При этом была выявлена приуроченность аномалий строения мерзлой толщи к трещинно-разрывным зонам, а также возникающая при этом специфика термоденудационных процессов. Применение геоморфологических карт, основанных на системно-морфологическом принципе, при изучении распространения подземных льдов на шельфе, при выявлении структурных и палеогеографических условий их формирования и деградации является весьма перспективным.

Литература

1. *Андреева И.А., Зинченко А.Г., Ванштейн Б.Г., Кийко О.А., Петрова В.И.* Методологические принципы ландшафтно-геоэкологических исследований на примере Баренцева моря. // Записки Горного института. 2008. том 176. С.41-45.

2. Геология и полезные ископаемые России. Т.5. Кн.1. Арктические моря / Ред. И.С.Грамберг, В.Л. Иванов, Ю.Е.Погребицкий. – СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 2004, 468с.

3. *Зинченко А.Г.* Состояние и перспективы геоморфологического картографирования дна морей и океанов в рамках программы «Госгеолкарта-1000/3». / Прикладная геоморфология на основе общей теории геосистем. – СПб. 2008. С.106-112.

4. *Ласточкин А.Н.* Системно-морфологическое основание наук о Земле (геотопология, структурная география и общая теория геосистем). - СПб: Изд. НИИХИ, 2002. 762с.

5. *Ласточкин А.Н.* Геоэкология ландшафта. – СПб, Изд-во С.- Петербургского университета. 1995. 280с.

6. Методика геоморфологического картографирования шельфа и континентального склона Российской Федерации применительно к задачам Госгеолкарты – 1000. - М.:ЗАО «Геоинформмарк», 2001. 38с.

7. *Zinchenko A.G., Leibman M.O., Firsov Yu.G.,Vanshtein B.G.* Formation of thermodenudation relief in the coastal zone in connection white tectonics,Yugorsky Peninsula, Kara Sea // Berihcte zur Polar- und Meerfosrchung. 2004, 482. p.p. 93-96.

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ТЕМАТИЧЕСКИХ КАРТ НА КЛЮЧЕВЫЕ УЧАСТКИ НЕФТЕГАЗОВОГО ОСВОЕНИЯ ПРИЯМАЛЬСКОГО ШЕЛЬФА

Д.Е. Кузнецов, В.Ю. Бирюков, О.В. Кокин, С.А. Огородов

МГУ имени М.В.Ломоносова, географический факультет,
Лаборатория геоэкологии Севера, dk_on@mail.ru

THEMATIC MAPPING OF KEY SITES OF PETROLEUM DEVELOPMENT IN OFFSHORE AREAS OF YAMAL PENINSULA

D. Kuznetsov, V. Biryukov, O. Kokin, S. Ogorodov

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography,
Lab. Geoecology of the North, dk_on@mail.ru

В настоящее время происходит активное освоение нефтегазовых ресурсов п-ова Ямал, что в ряде случаев подразумевает строительство береговых и прибрежных сооружений, а также активные земляные работы в прибрежной зоне (главным образом, углубление и спрямление фарватеров, укладка подводных трубопроводов, строительство портов, портопунктов и причалов, в том числе нефтеналивных и газовых терминалов, выдающихся в море на сотни метров). Кроме

того, на Приямальском шельфе готовятся к разработке месторождения нефти, газа и газового конденсата, полностью расположенные в пределах акватории – как в относительно мелководных (3 – 25 м) заливах (Крузенштерновское, месторождения Обской и Тазовской губ), так и на континентальном шельфе (Ленинградское, Русановское и др.). Необходимость строительства крупных капитальных сооружений с расчётным сроком службы не менее десятков лет, располагающихся в условиях субарктического климата, свойственного Ямалу, со сложной ледовой обстановкой [2], подразумевает всестороннюю изученность геоморфологических, геокриологических, океанологических и метеорологических факторов, способных повлиять на устойчивость возводимых и проектируемых сооружений. Вследствие крайне широкого, а в северной части территории – повсеместного развития многолетней мерзлоты [3], скорость рельефообразующих процессов во время динамически активного периода на данной территории весьма высока [1], что выдвигает высокие требования к степени изученности как территории, так и акватории изучаемого региона для целей развития нефтегазовой инфраструктуры.

В ходе многолетних работ в различных участках исследуемого региона нами были подготовлены серии карт, применимых для проектирования и эксплуатации нефтегазовых сооружений на Приямальском шельфе. В случае с подводными сооружениями, наиболее важным источником данных является батиметрическая карта, служащая основой для дальнейших исследований.

Батиметрическая карта юго-западной части Карского моря, включая Обскую губу до широты 68°, была составлена на основе морских навигационных карт (далее – МНК) масштабов 1:100000 и 1:200000 для прибрежных участков и заливов. Для центральной части западного бассейна Карского моря (между Новой Землёй и п-овом Ямал) использовались МНК в масштабе 1:1000000. Часть исходных картографических данных была получена в виде цифровых векторных карт, разбитых по тематическим слоям, другая часть представляла собой сканированные МНК, которые в ходе дальнейшей работы были геопривязаны и оцифрованы.Данные, полученные с МНК, были приведены к единой системе координат (координатная система WGS 1984) и проекции. Для работы с картами была выбрана проекция Меркатора с центральным меридианом 67º в.д. и стандартной параллелью 69º с.ш. Данные МНК были объединены послойно, выявлены участки перекрытия, на которых предпочтение было отдано более детальным данным, а менее детальные удалены. Данные из различных слоёв сходного типа (например, основные и дополнительные отметки глубин) были объединены, также учитывалась морфология рельефа дна (например, наличие подводных и выступающих камней, песчаных отмелей, отмеченных в отдельных слоях цифровых МНК). Результатом данной работы явились площадные, линейные и точечные слои ГИС, содержащие всю необходимую и достаточную информацию для анализа рельефа дна и дальнейшего изготовления растровой ЦМР. Основываясь на конфигурации береговой линии и прибрежных изобат, исходные данные были приведены к единой системе высот, главным свойством которой является нахождение нулевой отметки на актуальном урезе моря. Имеющиеся ранее для некоторых ключевых участков (Байдарацкая губа и др.) ЦМР были уточнены в случае наличия новых более подробных данных, высотные данные были приведены в соответствие с применяющимися в ГИС-проекте принципами.

Подготовленные к анализу данные были тщательным образом проанализированы, составлены предварительные поверхности рельефа дна, на которых были выявлены участки корректной и некорректной интерполяции. На участках некорректной интерполяции были добавлены дополнительные изобаты и отметки глубин, с учётом особенностей формирования и современного строения рельефа дна. Были выявлены и исправлены ошибки и неточности в исходных данных. Путём нескольких итераций процесса интерполяции растровой поверхности и последующего её анализа, был сформирован необходимый и достаточный для производства корректной и репрезентативной поверхности рельефа дна набор данных.

Интерполяция производилась в ArcGIS методом Topo to raster, который позволяет получить топографически корректные результаты. Для этого были дополнительно отрисованы дренажные пути подводного стока и выделены замкнутые понижения. Для прибрежных участков с глубинами до 10 м подводный рельеф был уточнён по результатам анализа космических снимков Landsat, Aster и Quickbird, для чего положение снимков было скорректировано с учётом контрольных

точек GPS на местности, а исходная проекция изменена на применяющуюся нами в ГИС-проекте. В результате была получена батиметрическая карта в масштабе 1:200000, принципиально верно и математически точно (в соответствии с масштабом) отражающая современный рельеф дна региона.

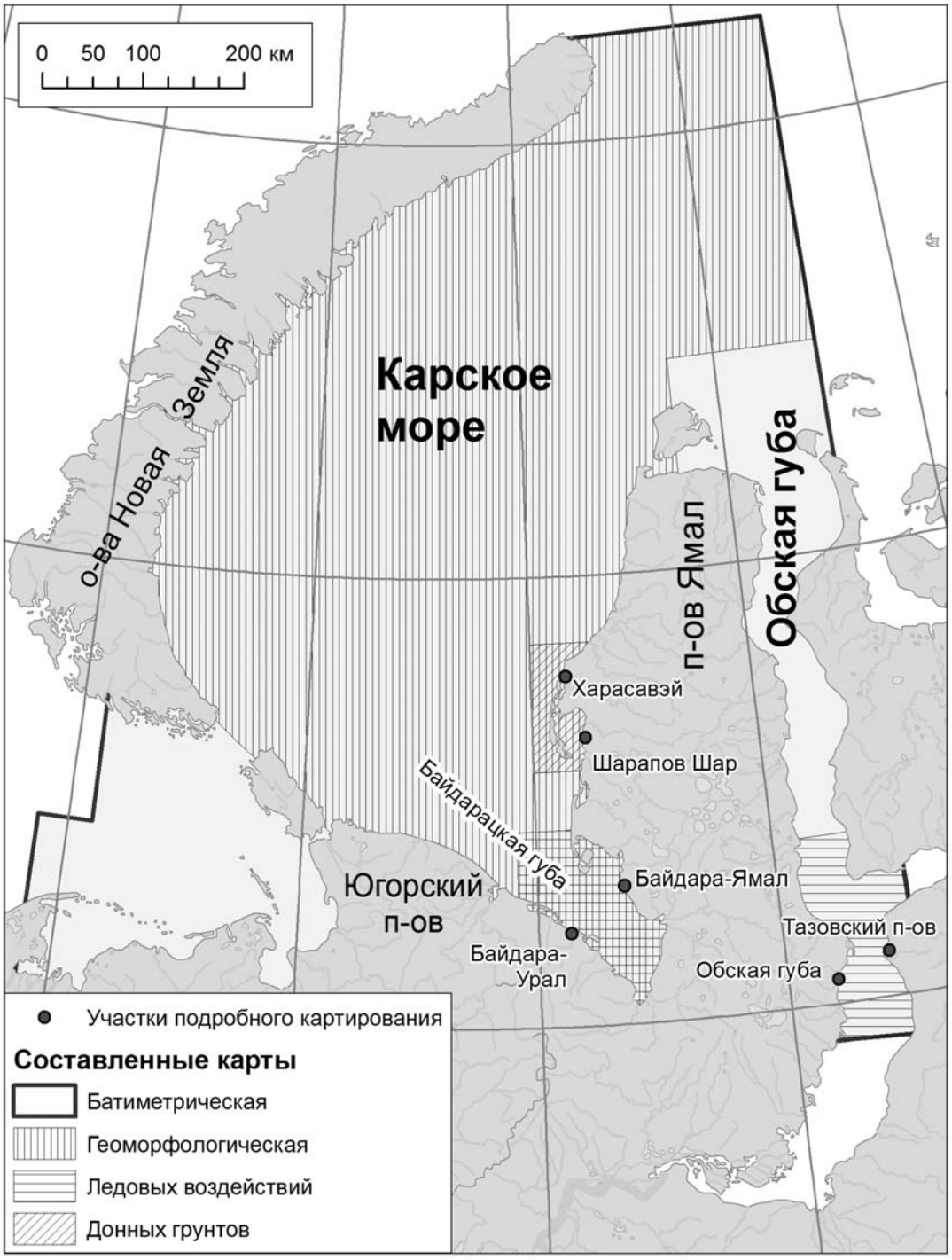


Рис. 1. Схема территориального охвата составленных тематических карт. Для участков подробного картирования составлены гранулометрические карты береговой зоны и прибрежных участков морского дна, а также карты распределения взвешенных наносов

По вновь полученной ЦМР на весь исследуемый регион были заново построены изобаты. Результаты автоматического построения были сглажены с помощью средств генерализации

ArcGIS и проверены на наличие ошибок и топографическую достоверность. На заключительном этапе осуществлялось оформление карты: снабжение подписями, послойная окраска рельефа дна. С использованием полученных результатов была изготовлена 3D-модель рельефа дна западной части Карского моря.

На базе полученной батиметрической карты, МНК и данных собственных исследований были построены мелкомасштабные (1:1000000 – 1:2500000) геоморфологические карты, отражающие принципиальное строение и генезис рельефа дна в рассматриваемом регионе. Для их построения рельеф дна был классифицирован по уровням рельефа (верхние, средние и нижние области шельфа, склоны и днища подводных желобов ниже уровня шельфа), уклонам (пологие и крутые склоны, а также субгоризонтальные поверхности и днища), литолого-геоморфологической обстановке (аккумулятивные и денудационные поверхности) и генезису (преимущественно морские, аллювиальные и гляциальные (как моренные, так и экзарационные) поверхности). Также были выделены специфические для изучаемой территории формы рельефа: затопленные речные долины и их элементы, погруженные прибрежно-морские аккумулятивные формы, днища трогов и т.п. Также для отдельных участков преимущественно по данным собственных исследований были построены карты состава донных грунтов, гранулометрические карты береговой зоны и прибрежных участков морского дна, карты распределения взвешенных наносов.

Батиметрические карты также послужили основой для составления картосхем воздействия ледяных торосистых образований на берега и дно. Для этого данные батиметричеких карт были сопоставлены с данными эхолотирования (в том числе, с помощью гидролокаторов бокового обзора) и акустического профилирования, полученными в результате собственных исследований. Частота встречаемости и морфометрические параметры борозд и западин на поверхности дна, образованных в результате воздействия торосов и стамух, изучались и документировались по данным инструментальной съёмки. После сопоставления полученных данных с данными батиметрии были выделены области морского дна, подверженные различным по силе и типу воздействиям ледяных торосистых образованиий. Полученные картосхемы использовались при проектировании сложных инженерных сооружений нефтегазовой инфраструктуры, таких, как подводный переход трубопровода «Бованенково-Ухта» через Байдарацкую губу Карского моря.

Литература

1. *Огородов С.А.* Критерии стабильности (устойчивости) арктических берегов // Естественные и технические науки, №6, 2010, С. 356-358.

2. *Огородов С.А.* Роль морских льдов в динамике береговой зоны арктических морей // Водные ресурсы, 2003, том. 30, № 5, С. 555-564.

3. Природные условия Байдарацкой губы. Основные результаты исследований для строительства подводного перехода системы магистральных газопроводов Ямал-Центр. Под редакцией Г.И. Дубикова, В.А. Совершаева и В.С. Тужилкина. М.: ГЕОС, 1997. 432 с.

КАРТА ПОДЗЕМНЫХ ЛЬДОВ КРИОЛИТОЗОНЫ РОССИИ В СИСТЕМЕ ШЕЛЬФ-СУША

Н.А. Шполянская, Н.А. Королева
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, nella@shpolyanskaya.msk.ru

THE MAP OF GROUND ICES IN RUSSIAN CRYOLITHOZONE IN THE SHELF-CONTINENT SYSTEM

N.A. Shpolyanskaya, N.A. Koroleva
Lomonosov Moscow State University, , Faculty of Geography, nella@shpolyanskaya.msk.ru

Введение

На равнинах Российской Арктики и Субарктики широко распространены крупные залежи подземных льдов. Подземный лёд сохраняет «память» о первоначальных условиях своего формирования. Поскольку время «жизни» подземных льдов соизмеримо с геологическим, они обладают высокой палеогеографической информативностью. Пространственные закономерности разных типов льдов отражают историю развития соответствующих районов. Генетический анализ льдов показал, что в плейстоцене развитие западной и восточной частей Российской Арктики и Субарктики протекало по-разному. Этот факт ставит под сомнение некоторые установившиеся в настоящее время представления о палеогеографической эволюции северных регионов России.

Западный сектор

На равнинах Западной Сибири и северо-востока Европейской части России наиболее широко распространены *пластовые льды*. Их происхождение – предмет спора. Одни считают их захороненными остатками покровных ледников, другие – внутригрунтовыми образованиями. Мы выделяем четыре генетических типа пластовых льдов: *субмаринного генезиса; прибрежно-морского генезиса; инъекционные льды и погребённые наземные льды*.

Субмаринные льды наиболее распространены. Выделены как льды, образовавшиеся непосредственно на дне моря, при глубинах от 40-50 и до 250 м. Приурочены к дислоцированным морским отложениям, представлены ледогрунтовыми образованиями с тонким сопряжённым переслаиванием грунтовых и ледяных слоёв нередко очень сложной конфигурации. Высокая взаимная согласованность тонких слоёв, наблюдаемая даже при очень сложной их конфигурации, свидетельствует о субаквальном типе осадконакопления в относительно глубоководных условиях моря при сингенетическом накоплении и промерзании донных осадков. Грунты засолены, химический состав отражает морской тип засоления; микрофаунистические и радиоуглеродные данные, результаты специального грануломинералогического анализа также указывают на морской генезис толщ.

Возможность субаквального льдообразования в арктических морях была разработана нами ранее и неоднократно опубликована [15] и доложена. Предлагаемый механизм объясняет многие текстурные черты и особенности залегания и взаимоотношения с вмещающими породами. Такие льды формировались в периоды морских трансгрессий на древних шельфах в субмаринных условиях. Поскольку они встречены в отложениях почти всех эпох неоплейстоцена – и ледниковых, и межледниковых, можно предположить, что и теперь на шельфе формируется субмаринная криолитозона.

На Западно-Арктическом шельфе существует вечная мерзлота, содержащая пластовые льды. Многие считают её реликтовой. Однако вечная мерзлота встречена при глубинах моря от 0 до 230 м. Максимальная же регрессия моря в поздневалдайскую эпоху не превышала изобаты примерно 100 или 120 м. Значит, остаются ещё обширные пространства с глубиной моря от 100–120 до 230 м, где вечная мерзлота должна была формироваться в субмаринных условиях. В ряде мест, например, у Карских Ворот, на Русановской площади и др., отмечено современное новооб-

разование вечной мерзлоты [4, 10]. Следовательно, на шельфе, кроме реликтовых (на мелководье), есть и изначально субмаринные мёрзлые породы (на глубине).

Льды на Баренцево-Карском шельфе по строению и условиям залегания аналогичны пластовым льдам на прибрежных равнинах. Такие же тонкопереслаивающиеся и дислоцированные ледогрунтовые тела, что соответствует предложенному механизму.

Однотипность пластовых льдов на шельфе и в прибрежных равнинах говорит об одинаковом развитии этих территорий и показывает, что современные равнины западного сектора (также как и прибрежные участки восточной части Чукотки), сложенные морскими отложениями, являются морскими равнинами, в строении которых зафиксированы процессы, происходившие на древних шельфах.

Общий вывод: большую часть плейстоцена север Западной Сибири и северо-восток Европейской части России развивались в трансгрессивном режиме.

Прибрежно-морские льды формируются в краевых частях морского бассейна. Ледяные пласты образуются из замерзшего надмерзлотного водоносного горизонта в основании сезонно-талого слоя. Растут сингенетически снизу вверх, формируя ритмично-слоистую ледяную толщу. Встречены в низовьях Енисея, на Западном Ямале и Югорском полуострове.

Льды субмаринного и прибрежно-морского генезиса встречаются только в пределах морских арктических равнин западной части Российского севера. Наиболее часто они встречаются в казанцевских морских отложениях, где их формирование проходило заведомо в отсутствии оледенения, в период общепризнанной трансгрессии. В среднем неоплейстоцене здесь тоже была развита субмаринная криолитозона с сингенетическими криогенными текстурами [5] и существовал морской бассейн [7, 8].

На Западном Ямале, Ямальском и Приуральском побережьях Байдарацкой губы, на Таймыре, в пределах Северо-Сибирской низменности, такие льды развиты и в зырянских отложениях, и в перекрывающих их каргинских слоях, что указывает на сохранявшийся и в эти эпохи в данном районе морской режим и отсутствие ледникового покрова.

Инъекционные льды встречаются везде, где есть благоприятные гидрогеологические условия. Для их строения характерны неравномерные сдвиги слоёв льда и грунта – результат напорного внедрения воды. Формируются эпигенетически, в периоды континентального развития территории. Встречаются преимущественно в сартанских отложениях. Их присутствие исключает существование ледникового покрова в сартанскую эпоху.

Погребённые глетчерные льды по своему строению резко отличаются от всех описанных льдов: для них характерна крупноблоковая складчатость, сформированная чередующимися толстыми слоями льда и уплотнённого грунта. Грануломинералогический состав показывает отсутствие сортировки грунта, химический состав – гидрокарбонатный. Погребённые глетчерные льды распространены преимущественно в горных районах.

Помимо пластовых льдов на севере Западной Сибири имеют место ***полигонально-жильные льды*** **(*ПЖЛ*).** Они развиты главным образом в континентальных сартанских отложениях, а в восточных частях Ямала и Гыдана – в сартанских и подстилающих их лагунных каргинских отложениях. Нередко ПЖЛ встречаются и в зырянских отложениях.

Восточный сектор

На равнинах Восточной Сибири распространены преимущественно полигонально-жильные льды, образующие ледовый комплекс. В отличие от западного сектора, восточный сектор в течение всего плейстоцена развивался в континентальных условиях.

Полигонально-жильные льды распространены в пределах Яно-Индигирской, Колымской и Центрально-Якутской низменностей, а также Новосибирских островов. Вмещающие льды отложения относятся к континентальным – аллювиальным, аласным, склоновым и лагунным. Уже плиоценовые отложения Приморских низменностей представлены континентальными озёрно-аллювиальными, аллювиальными и озёрно-болотными, а нередко и склоновыми образованиями. Отложения олерской свиты (эоплейстоцен – ранний неоплейстоцен) содержат псевдоморфозы по ПЖЛ [2]. На побережье прол. Дмитрия Лаптева и на о. Бол. Ляховский возраст толщи с ПЖЛ,

согласно ^{230}Th/U [16], – средненеоплейстоценовый – 200–180 тыс. л.н. Здесь В.Е. Тумским [12] установлено три разновозрастных континентальных ледовых комплекса, относящихся: 1–к началу среднего плейстоцена, 240–180 тыс. л. н., 2–верхам среднего неоплейстоцена, и 3–к началу позднего неоплейстоцена, 127 тыс. л.н. Выше последних (казанцевских) отложений весь поздний неоплейстоцен – континентальный и представлен ледовым комплексом [1, 12].

Пластовые льды в Восточной Сибири тоже есть, но представлены только континентальными видами – в аласах инъекционными льдами (ядра булгунняхов), и в горах и предгорьях погребёнными остатками ледников.

Подземные льды на Восточно-Арктическом шельфе. Криолитозона восточного сектора арктического шельфа, в отличие от западного, представлена почти целиком реликтовой вечной мерзлотой. Здесь прослеживается затопленный древний ледовый комплекс каргинско-сартанского возраста [9, 11]. Возраст подтверждается исследованиями в обнажении на мысе Ойогосский Яр [3], где встречены прибрежно-морские осадки с возрастом 79 т.л.н. Это, означает, что положение береговой линии в зырянское время практически не отличалось от современного и регрессии моря не было.

Важным фактом (исключением) являются обнаруженные Российско-Германскими исследованиями на внешней кромке Восточно-Арктического шельфа при глубине моря более 50 м мерзлые осадки с включением льда, который, по анализу H. Kassens [17], никогда не был в субаэральных условиях. Значит, лед формировался в субмаринных условиях, и это в большой мере подтверждает предложенный нами механизм субмаринного льдообразования.

Общий вывод: в то время как западный сектор криолитозоны развивался в плейстоцене преимущественно в трансгрессивном морском режиме восточный сектор формировался в континентальном режиме в суровых условиях и в отсутствие ледникового покрова.

Обсуждение материала и основные выводы

Если сопоставить весь изложенный материал, то можно сделать ряд выводов относительно развития Российской Арктики и Субарктики в плейстоцене.

1. Покровного оледенения в плейстоцене на равнинах Российского Севера не было, скорее всего, к востоку от п-ова Канин.

2. Равнины западного сектора во все этапы плейстоцена (за исключением сартанского времени) формировались в условиях преимущественно морского осадконакопления, а равнины восточного сектора – в условиях континентального, преимущественно озёрно-аллювиального и лагунного осадконакопления. Только регрессия в сартанскую эпоху и голоценовая трансгрессия проходили синхронно.

3. Не прослеживается синхронность событий «ледниковый период – регрессия моря», «межледниковый период – трансгрессия моря». В среднем плейстоцене, в ледниковую эпоху, была трансгрессия моря – в Западной Сибири как обширный морской бассейн, а в Восточной Сибири как трансгрессия, не выходившая за пределы шельфа [1]. В казанцевскую межледниковую эпоху в Западной Сибири общепризнанна трансгрессия моря, а в Восточной Сибири – континентальный режим и формирование ледового комплекса. В западных районах Ямала и Гыдана морской режим сохранялся и в ледниковую зырянскую и в межледниковую каргинскую эпохи. А в Восточной Сибири всё это время существовал континентальный режим. При этом в зырянское время здесь не было и регрессии моря.

4. Все это ставит под сомнение ведущую роль общепланетарной гляциоэвстатики в колебаниях уровня моря и выводит на первое место роль тектонических процессов, обусловленное строением Северного Ледовитого океана.

Дно Арктического океана располагается на стыке Евразийской и Амеразийской литосферных плит, за счёт которых сформировались две главные океанические впадины – изолированные и разнородные тектонические области [6, 14]. Хребет Ломоносова замыкает Евразийскую впадину, изолируя её от восточной Амеразийской впадины. Западная впадина развивается в режиме спрединга под контролем срединно-океанического хребта Гаккеля,

активного и в настоящее время [13]. Динамичность восточной впадины ограничена сравнительной устойчивостью обширных участков континентальной коры.

Это обусловливает неравномерные колебания уровня Арктического бассейна. В западном секторе Арктики под влиянием хр. Гаккеля в условиях океанической коры происходят попеременное уменьшение и увеличение объёма впадины океана, что и вызывает сменяющие друг друга трансгрессии и регрессии моря. Для восточного сектора Арктики, в условиях тектонически более устойчивой и дробной континентальной коры, характерны частые мелкие подвижки, при этом лишь в пределах шельфа.

Литература

1. *Алексеев М.Н., Архангелов А.А., Гриненко О.В., Ким Б.И., Патык-Кара Н.Г., Плахт И.Р.*, *Рейнин И.В.* Шельф морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского // Шельфы Евразии в мезозое и кайнозое: Атлас палеогеографических карт. Ред. М.И. Алексеев. М.: Робертсон ГРУПП ПЛК – ГИН РАН, 1992. 200 с.

2. *Архангелов А.А., Конищев В.Н., Розенбаум Г.Э.* Приморско-Новосибирский район // Региональная криолитология. М.: Изд-во МГУ, 1989. С. 128–151.

3. *Большиянов Д.Ю., Григорьев М.Н., Шнайдер В., Макаров А.Г., Гусев Е.А.* Колебания уровня моря и формирование ледового комплекса пород на побережье моря Лаптевых в позднем плейстоцене // Система моря Лаптевых и прилегающих морей Арктики. М.: Изд-во МГУ, 2009. С. 349–356.

4. *Бондарев В.Н., Локтев А.С., Другач А.Г., Потапкин Ю.В.* Методы исследования и определения субаквальной мерзлоты // Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского перигляциала: Кн. 1. Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН, 2001. С. 15–19.

5. *Кузнецова Т. П.* Особенности криогенного строения среднеплейстоценовых отложений в районе мыса Салемал (нижнее течение р. Оби). // Природные условия Западной Сибири. Вып. 3. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 170–174.

6. *Лаверов Н.П., Лобковский Л.И., Кононов М.В., Добрецов Н.Л., Верниковский В.А., Соколов С.Л., Шипилов Э.В.* Базовая модель тектонического развития Арктики для установления внешней границы континентального шельфа // Арктика: экология и экономика. 2012. № 2 (6). С. 4–19.

7. *Лазуков Г.И.* Плейстоцен территории СССР. М.: Высшая школа, 1989. 320 с.

8. *Попов А.И.* Четвертичный период в Западной Сибири // Ледниковый период на территории Европейской части СССР и Сибири. М.: Изд-во МГУ, 1959. Стр. 360–384.

9. *Рекант П.В., Тумской В.Е., Гусев, Е.А., Швенк Т., Шписс Ф., Черкашов Г.А., Кассенс Х.* Распространение и особенности залегания субаквальной криолитозоны в районе банок Семеновская и Васильевская (море Лаптевых) по данным сейсмоакустического профилирования // Система моря Лаптевых и прилегающих морей Арктики. М.: Изд-во МГУ, 2009. С. 332–348.

10. *Рокос С.И., Длугач А.Г., Костин Д.А, Куликов С.Н., Локтев А.С.* Многолетнемерзлые породы шельфа Печерского и Карского морей: генезис, состав, условия распространения и залегания // Инженерные изыскания: Всероссийский инженерно-аналитический журнал. 2009. № 10. С. 38–41

11. *Романовский Н.Н., Гаврилов А.В., Холодов А.Л., Хуббертен Х-В., Кассенс Х.* Реконструкция палеогеографических условий шельфа моря Лаптевых для позднеплейстоцен-голоценового гляциоэвстатического цикла. // Криосфера Земли. 1997. Т. I. № 2. С. 42–49.

12. *Тумской В.Е.* Особенности криолитогенеза отложений Северной Якутии в среднем неоплейстоцене – голоцене // Криосфера Земли. 2012. Т. XVI. Вып. 1. С. 12–21.

13. *Хаин В.Е., Левин Л.Э.* Основные черты тектоники континентов и океанов (объяснительная записка к Тектонической карте Мира масштаба 1:25 000 000). М.: изд. ВНИИзарубежгеологии, 1980. 95 с.

14. *Хаин В.Е., Лимонов А.Ф.* Региональная геотектоника. М.: ООО «Геомодель-Консалтинг», 2004. 269 с.

15.*Шполянская Н.А.* Современные проблемы криолитозоны Арктического шельфа // Изв. РАН. Сер. геогр. 2005. № 1. С. 102–111.

16. *Schirrmeister L., Oezen D., Geyh M.* A 230 Th/U dating of frozen peat. Bol′shoy Lyakhovsky Island (North Siberia) // Quatern. Res., 2002, vol. 57, p. 253–258.

17. Yelena I. Polyakova, Heidemarie Kassens, Jorn Thiede, Alexander P. Lisitzin, *et al*. Pussian–German Collaboration in the Arctic Environmental Research // Geography, Environment, Sustainability, 2011, N 03 [v.04]. p. 85–114.

СЕКЦИЯ 4
КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА В КРИОЛИТОЗОНЕ

РАЙОНИРОВАНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТРАНСПОРТНОМ КОРИДОРЕ «ЛЕНА - АМУР»

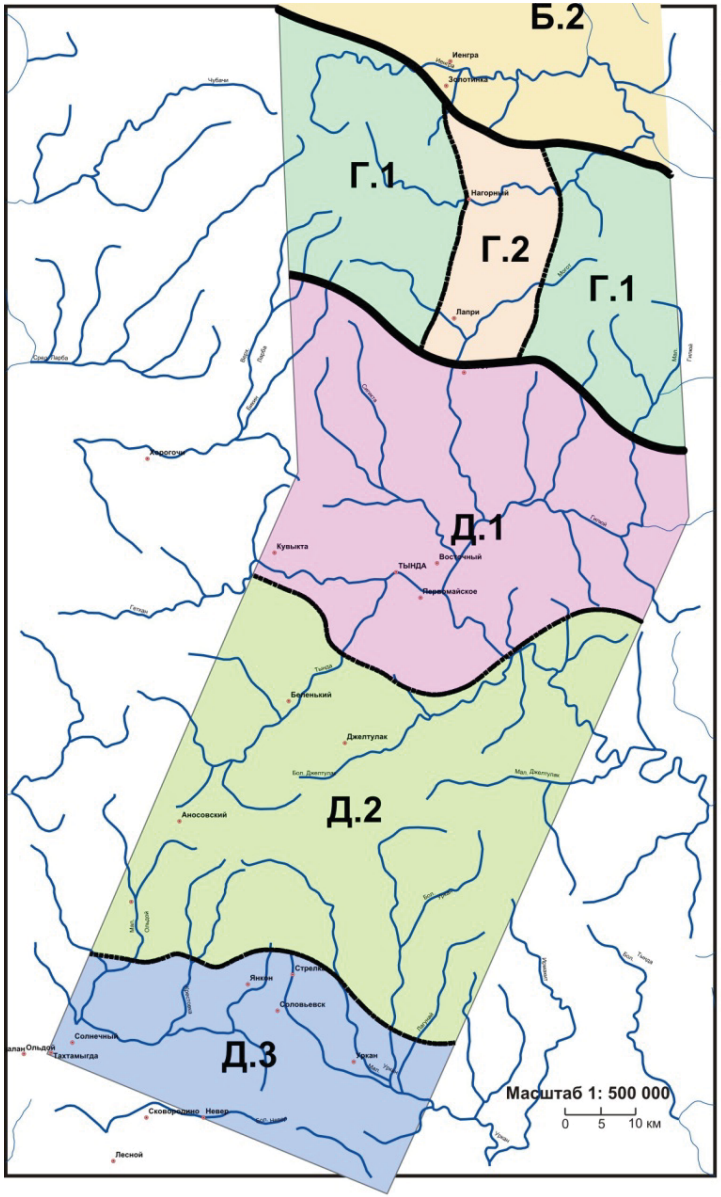
И.В. Дорофеев, А.В. Литовко
Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН,
dorofee-ivan@yandex.ru, lav_84@mail.ru

ZONATION MAPPING OF EXOGENOUS GEOLOGICAL PROCESSES IN THE LENA-AMUR TRANSPORTATION CORIDOR

I. Dorofeev, A. Litovko
Melnikov Permafrost Institute SB RAS, dorofee-ivan@yandex.ru, lav_84@mail.ru

Полоса транспортного коридора линейных объектов связывает два крупных административных региона России: Республику Саха (Якутия) и Амурскую область. Транспортный коридор, протягиваясь преимущественно в меридиональном и субмеридиональном направлении, на протяжении около 1000 км пересекает Лено-Алданское плато, Алданское нагорье, Становой хребет с его южными отрогами и Приамурскую низко- и среднегорную область. Ширина транспортного коридора составляет от первых километров в Центрально-Алданском районе и Становой области до десятков и первых сотен километров в приленской части территории, где сеть построенных и проектируемых трубопроводных систем смещена к западу (рис. 1).

Рис. 1. Обзорная карта исследований транспортного коридора



Область и индекс на карте	Район и индекс на карте	Ведущий процесс	Характеристика проявления ЭГП	Степень активности процесса
Становая (Г)	Тимптонский среднегорный (Г.1)	Термокарст	Развит в днищах долин рек и крупных ручьев с сильнольдистыми торфяными и суглинистыми грунтами. Наиболее широко термокарст распространен в долинах рр. Тимптон, Северикан, Холодникан, Манахта-2 и др.	1. В естественных условиях термокарст слабо- средне активный 2.При нарушениях сильно активный с образованием термокарстовых озер и термоэрозионных ложбин и оврагов глубиной до 2-3 м
		Наледи	Формируются в долинах большинства рек района (притоки рр. Тимптон, Могот и др). Наледи имеют малые, редко средние размеры.	Активный в естественных и техногенных условиях
	Моготский низкогорный (Г.2)	Термокарст	Развит в долинах большинства рек и ручьев района (рр. Тимптон, Могот, Лапри и др.). В торфяных и суглинистых грунтах низких террас встречаются подземные льды мощностью 2-3 м.	1. В естественных условиях термокарст слабо- средне активный 2.При нарушениях сильно активный с образованием термокарстовых озер и термоэрозионных ложбин и оврагов глубиной до 1-2 м
Приамурская низко-и среднегорная (Д)	Тындинско-Гилюйский низкогорный (Д.1)	Термокарст	Распространен в долинах большинства рек и крупных ручьев района (рр.Гилюй. Сигитта, Геткан, и др.)	1. В естественных условиях термокарст слабо- средне активный 2.При нарушениях сильно- и средне активный с образованием термокарстовых озер и термоэрозионных ложбин и оврагов глубиной до 2-3 м
	Янкано-Тугуринский низко- и среднегорный (Д.2)	Наледи	Формируются в долинах большинства рек района (рр. Большой Джелтулак, Инагли, Большой Онон и др.). Наледи имеют малые и средние размеры	Активный в естественных и техногенных и условиях
		Термокарст	Распространен в долинах большинства рек и крупных ручьев, сложенные сильнольдистыми торфяными и суглинистыми грунтами. Встречаются пластовые подземные льды мощностью более 5 м. Наиболее широко термокарст развит в долинах рр. Малый Уркан, Большой Джелтулак, Малый Онон, Инагли и др.	1. В естественных условиях термокарст слабо-и средне активный 2.При нарушениях сильно активный с образованием термокарстовых озер и термоэрозионных ложбин и оврагов глубиной до 3-5 м
	Большене-верский холмисто-низкогорный (Д.3)	Термокарст	Развит в долинах рр. Путак и Большой Невер по сильнольдистым торфяным и супесчано-суглинистым грунтам малой мощности (1-2 м)	В естественных и техногенных условиях термокарст слабо-и средне активный

Рис. 2 Схема и таблица районирования экзогенных геологических процессов в транспортном коридоре «Лена-Амур» (фрагмент)

Анализ многочисленных материалов исследований экзогенных геологических процессов в полосе эксплуатируемых и проектируемых линейных и площадных объектов на региональном междуречье Амур и Лена свидетельствует, что особенности их развития и степень проявления в первую очередь тесно связаны с геолого-геоморфологическим строением рассматриваемой территории.

Для территории свойственна значительная неоднородность инженерно-геологических, гидрогеологических и геокриологических условий, обусловивших вместе с особенностями климата и рельефа многообразие и различную интенсивность проявления экзогенных геологических процессов (ЭГП). Фоновой особенностью территории является сплошное и прерывистое распространение многолетнемерзлых пород, с наличием которых связана специфическая группа ЭГП - криогенная.

Картографирование геологических экзогенных процессов в природных и техногенных системах является одним из основных направлений при проведении инженерно-геологической и инженерно-геокриологической (мерзлотной) съемки.

За основу основных принципов районирования территории по характеру распространения ЭГП принята методика Е.Н. Оспенникова [1]. Данная методика изучения ЭГП была разработана и применена для Алдано-Тимптонского междуречья в результате многолетних исследований, проведенных сотрудниками кафедры мерзлотоведения (ныне геокриологии) МГУ [2]. Южно-Якутский регион занимает центральную часть рассматриваемого транспортного коридора, что является важным обстоятельством, определяющим методику регионального картирования ЭГП.

В основу районирования экзогенных геологических процессов положен геолого-структурный фактор, так как каждому типу морфоструктур соответствуют только для них характерные геологические формации и геолого-генетические комплексы. В результате морфоструктурного анализа с учетом особенностей геоморфологического строения отдельных территорий в полосе транспортного освоения выделены области и районы с вполне определенным набором компонентов природных условий: геологическое строение, рельеф, поверхностные отложения, геокриологические и гидрогеологические условия. Для каждой области и отдельного района (подрайона) типичны группы экзогенных геологических процессов.

Так как для каждого типа морфоструктур свойственны вполне определенные условия формирования ЭГП, что позволило составить схему соподчиненных единиц районирования. В ходе мелкомасштабного картирования (масштаб 1:500000) выделено 5 основных морфо-структурных единиц (областей): Лено-Алданская, Алдано-Тимптонская, Чульманская, Становая, Приамурская низко- и среднегорная (рис. 2).

В ранге районов (элементов морфоструктур) выделено 14 районов (см. рис. 2). При районировании ЭГП на более крупном уровне (масштаб 1:100000 и крупнее) предполагается выделять подрайоны и более детальные таксономические единицы, например, соответствующие отдельным элементам рельефа.

Предложенная схема подчеркивает геолого-генетическую сущность районирования ЭГП, как составную часть инженерно-геокриологического районирования, потому что в основу выделения основных таксономических единиц положен принцип общности их геологического развития, особенно в новейшую эпоху. Представленная схема районирования экзогенных геологических процессов транспортного коридора «Лена - Амур» может служить основой для оценки геоэкологического риска при реализации мегапроектов на данной территории.

Литература

1. *Оспенников Е.Н.* Принципы районирования территории / Е.Н. Оспенников, Н.И. Труш, А.Б. Чижов, Н.И. Чижова // Экзогенные геологические процессы и явления (Южная Якутия). – М.: Изд-во Московского университета, 1980. – С. 194 - 196.

2. Южная Якутия. Мерзлотно-гидрогеологические и инженерно-геологические условия Алданского горно-промышленного района / Под редакцией В.А. Кудрявцева. - М.: Изд-во Московского университета, 1975. - 444 с.

ОПЫТ СОСТАВЛЕНИЯ ОБЗОРНОЙ МЕРЗЛОТНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ С КРУПНОМАСШТАБНЫМИ ВРЕЗКАМИ ПО ТРАССЕ ФЕДЕРАЛЬНОЙ АВТОДОРОГИ «АМУР» ЧИТА – ХАБАРОВСК

В.Г. Кондратьев
НПП «ТрансИГЭМ», v_kondratiev@mail.ru

EXPERIENCE IN DRAFTING REVIEW GEOCRYOLOGCAL-GEOMORPHOLOGICAL MAP WITH LARGE-SCALE INSERTIONS ON THE TRACK "AMUR" FEDERAL ROAD CHITA-KHABAROVSK

V.G. Kondratiev
RPE "TransEGÈM», v_kondratiev@mail.ru

Федеральная автомобильная дорога «Амур» Чита – Хабаровск является одной из крупнейших современных строек в России, начатой еще в 1978 г. [1]. В 2007 г. завершить щебеночное покрытие дороги, а в 2010 г. – асфальтовое. Дорога имеет протяженность 2165 км и пересекает с запада на восток Забайкалье и Приамурье – территории с весьма неоднородными геоморфологическими, геолого-тектоническими и ландшафтно-климатическими условиями, что в свою очередь предопределяет значительную неоднородность инженерно-геокриологических условий трассы, на которой имеются районы с очень сложными, сложными, относительно сложными и относительно простыми инженерно-геокриологическими условиями. Сложность условий в основном определяется наличием и льдистостью многолетнемерзлых пород, их просадочностью при оттаивании, а также пучинистостью при промерзании сезонно-талых и сезонно-мерзлых грунтов, развитием криогенных процессов и явлений. При строительстве и эксплуатации дороги происходят существенные изменения мерзлотной обстановки и активизируются неблагоприятные инженерно-геокриологические процессы и явления, в частности, термокарст, пучение, солифлюкция, термоэрозия, наледи и др. Для обеспечения устойчивости и надежности автодороги «Амур» в период ее эксплуатации необходимы: своевременное выявление закономерностей развития мерзлотных условий на трассе, систематический контроль их динамики и криогенного воздействия на элементы дороги, осуществление защитных мероприятий. Наиболее эффективно это возможно в рамках системы инженерно-геокриологического мониторинга автодороги «Амур» (СИГМА «Амур») - постоянного контроля, оценки, прогноза и управления инженерно-геокриологическими процессами на трассе дороги [2].

Основу пространственного представления об инженерно-геокриологических условиях трассы автодороги «Амур» составляют обзорная схема мерзлотно-геоморфологического районирования трассы в масштабе 1:1000000 – 1:2000000 (рис. 1) и крупномасштабные врезки на наиболее характерные (ключевые) участки трассы в виде инженерно-геокриологических схем микрорайонирования в масштабе 1:8300 – 1:20000 (рис. 2), продольных инженерно-геологических профилей по оси автодороги (рис. 3) и таблиц с основными инженерно-геокриологическими характеристиками участка (табл. 1).

Схема мерзлотно-геоморфологического районирования трассы в соответствии с административным делением территории прохождения автодороги состоит из 3 частей: читинской (км км 0-794, рис.1), амурской (км км 794-1811) и еврейской (км км 1811-2165). На схеме выделено 6 геоморфологических областей: Даурское сводовое поднятие, Восточно-Забайкальская депрессия, Пришилкинская горно-долинная страна, Амурская депрессия, Буреинско-Амурская складчато-глыбовая горная область, Сунгари-Амурская депрессия и 5 мерзлотных зон: зона сплошного распространения вечной мерзлоты, зона несплошного распространения вечной мерзлоты с островами таликов, зона островного распространения вечной мерзлоты, зона редкоостровного распространения вечной мерзлоты, зона глубокого сезонного промерзания грунтов. Все выделенные геоморфологические области и мерзлотные зоны охарактеризованы 16 крупномасштабными врезками, рас-

пределенными по трассе следующим образом: 7 врезок (км км 72-75, 112-115 (рис. 2), 332-335, 348-350, 389-392, 536-539 и 757-760) – на читинскую часть как наиболее сложную в мерзлотно-геологическом отношении, 7 (км км 882-885, 905-908, 1060-1063, 1128-1131, 1370-1373, 1441-1444 и 1626-1629) – на амурскую, наиболее протяженную и 2 (км км 1870-1873 и 1984-1987) – на еврейскую, наименее протяженную и простую в мерзлотно-геологическом отношении.

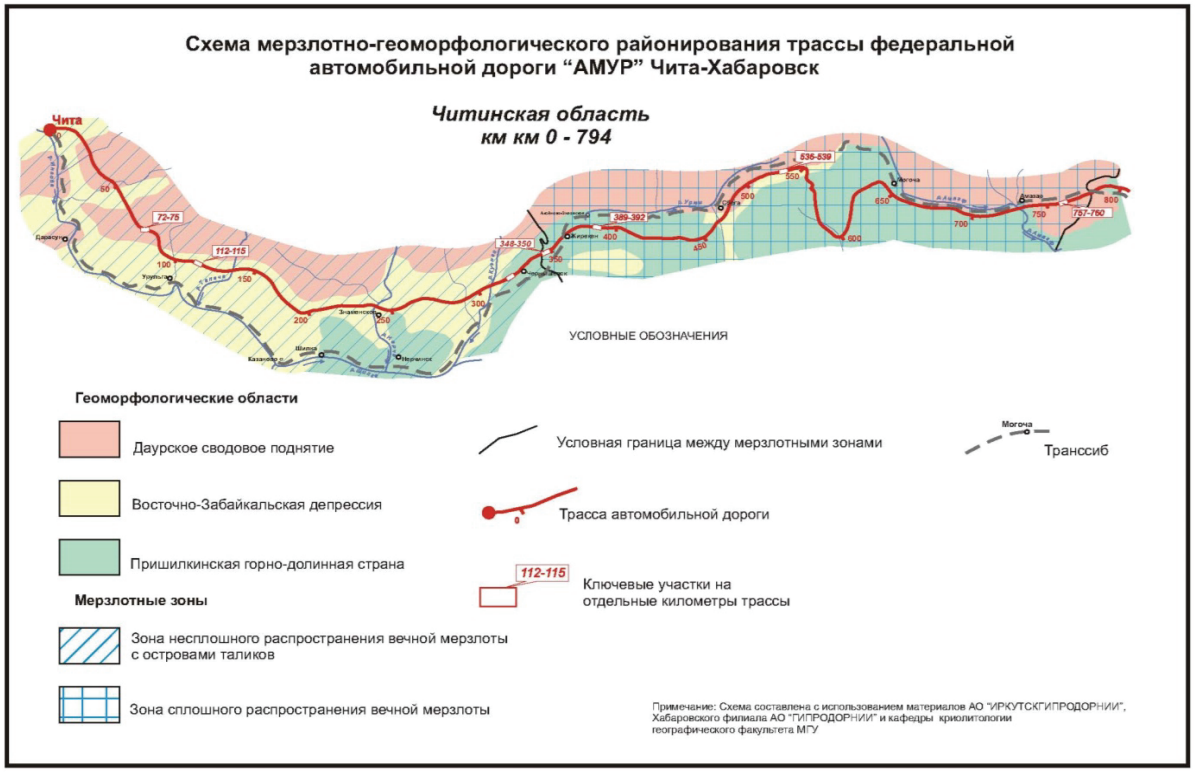


Рис. 1. Обзорная мерзлотно-геоморфологическая карта трассы автодороги «Амур, км км 0-794

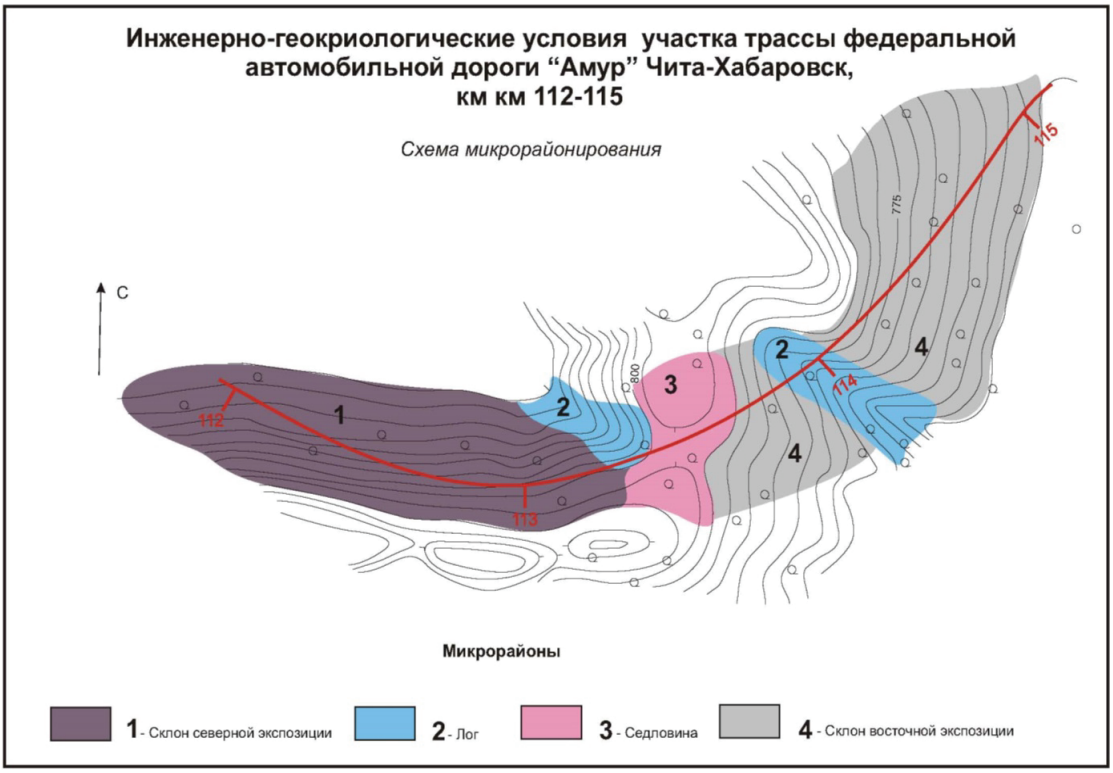


Рис. 2. Крупномасштабная инженерно-геокриологическая врезка на участок автодороги «Амур, км км 112-115

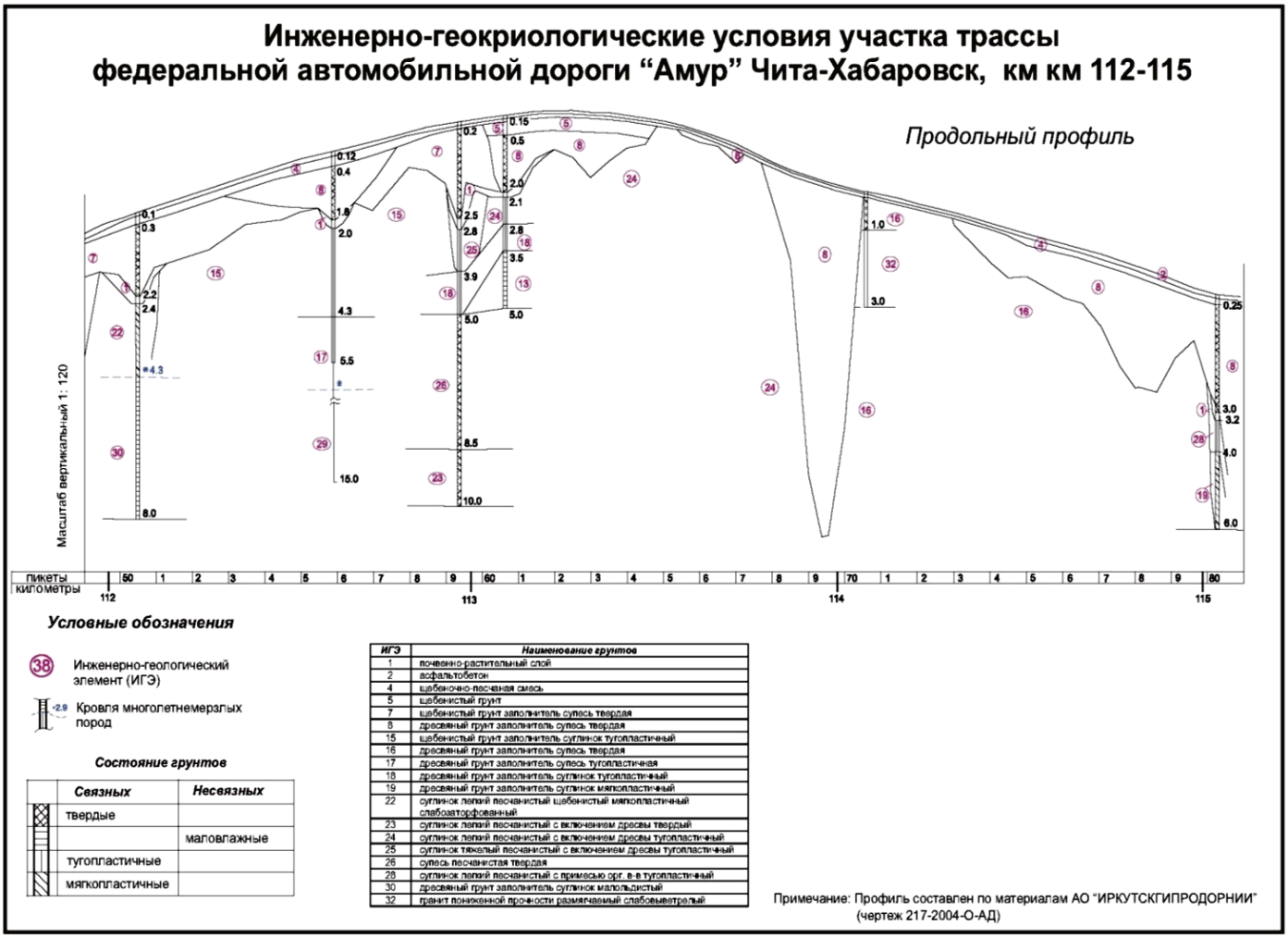


Рис. 3. Продольный инженерно-геокриологический профиль по участку автодороги «Амур, км км 112-115

Таблица 1

Инженерно-геокриологические условия участка трассы федеральной автомобильной дороги «Амур» Чита-Хабаровск, км км 112-115

Микрорайон	*Геоботанические условия*	*Состав пород*		*Мерзлотные условия*							*Пересечение микрорайона автодорогой, ПК*
		Коренные породы	*Четвертичные отложения*	*Распространение многолетнемерзлых пород*	*Мощность многолетнемерзлых пород, м*	*Криогенная текстура*	*Льдистость (влажность), %*	*Среднегодовая температура пород, °С*	*Глубина сезонного оттаивания (промерзания), м*	*Криогенные процессы и явления*	
1- Склон северной экспозиции	редкий смешанный лес (береза, сосна)	не вскрыты	дресвяный и щебенистый грунт, суглинок песчанистый	несплошное с островами таликов	>15	массивная в дресвяном и щебенистом грунтах; тонко- и редкослоистая в суглинках	в дресвяном и щебенистом грунтах 3,9-19,5; в слабозаторфованных суглинках – 35,3	от -1,0 до -1,3	2,2-4,3	ПК 50 – термокарстовая просадка, пучение грунтов	49-62
2- Лог		не вскрыты	дресвяный и щебенистый грунт, суглинок песчанистый		многолетнемерзлые породы не вскрыты		5,5-16,0	от -1,0 до -1,3	2,2-3,3	пучение грунтов	62-63
		граниты непрочные выветрелые	дресвяный грунт, суглинок песчанистый		многолетнемерзлые породы не вскрыты		5,5-13,3	от -1,0 до -1,3	2,2-3,3	пучение грунтов	68-71
3- Седловина		не вскрыты	дресвяный грунт, суглинок песчанистый, супесь песчанистая		многолетнемерзлые породы не вскрыты		5,5-16,0	?	2,2-3,3	?	63 – 67
4- Склон восточной экспозиции		не вскрыты	дресвяный грунт, суглинок песчанистый		многолетнемерзлые породы не вскрыты		5,5-10,4	?	2,2-3,3	?	67- 68
		граниты непрочные выветрелые	дресвяный грунт, суглинок песчанистый		многолетнемерзлые породы не вскрыты		5,3-23,0	?	2,2-3,3	пучение грунтов	71- 80

Схема мерзлотно-геоморфологического районирования трассы и ключевые участки являются также основой для пространственного размещения сети инженерно-геокриологического мониторинга столь протяженной автомобильной дороги [2].

На основе концепции [2] необходимо разработать проект создания СИГМА «Амур», в котором следует предусмотреть все организационные, финансовые, методические и технические аспекты инженерно-геокриологического сопровождения эксплуатации автодороги «Амур», в том числе текущего содержания, ремонта, капитального ремонта и реконструкции.

Учитывая, что с начала изысканий прошли десятки лет, да и строительство автодороги заняло почти три десятилетия, необходимо, перед сдачей федеральной автодороги «Амур» Чита – Хабаровск в постоянную в эксплуатацию, провести на всем протяжении специальное инженерно-геокриологическое обследование ее для установления реальной геокриологической обстановки в теле и основании земляного полотна, полосе отвода и на прилегающей территории, на площадках искусственных сооружений. С помощью аэрофотосъемки, геофизических методов, бурения, инженерно-геокриологического обследования, режимных наблюдений, лабораторных и камеральных исследований, необходимо установить состав, криогенное строение, физико-механические и теплофизические свойства, распространение, температурный режим, условия залегания и мощность сезонно- и многолетнемерзлых и сезонно-талых грунтов, развитие криогенных процессов и явлений. В итоге анализа полученных материалов и данных предшествующих изысканий должны быть выявлены общие и частные закономерности формирования и развития геокриологических условий в зависимости от геолого-географических факторов, конструктивных и технологических особенностей элементов автодороги. Соответственно, представленные в докладе обзорная схема мерзлотно-геоморфологического районирования трассы (рис. 1) и крупномасштабные врезки на наиболее характерные (ключевые) участки трассы в виде инженерно-геокриологических схем микрорайонирования (рис. 2), продольных инженерно-геологических профилей по оси автодороги (рис. 3) и таблиц с основными инженерно-геокриологическими характеристиками участка (табл. 1) будут существенно дополнены.

На этой основе, с использованием математического и физического моделирования в сочетании с теплотехническими расчетами следует выполнить геокриологическое прогнозирование с целью получения научно обоснованного, конкретного в пространстве и времени представления о характере возможного изменения инженерно-геокриологической обстановки на трассе магистрали вследствие естественных природных процессов и техногенных воздействий при строительстве и эксплуатации автодороги. Прогноз изменения мерзлотных условий должен содержать характеристики температурного режима, распространения, условий залегания, мощности, криогенного строения, физико-механических и теплофизических свойств сезонно- и многолетнемерзлых пород, глубин сезонного оттаивания и промерзания грунтов, развития криогенных процессов и явлений. Они в свою очередь станут исходными данными для разработки мероприятий по управлению инженерно-геокриологической обстановкой, цель которого – создание оптимальных условий эксплуатации автомагистрали и охраны природы на прилегающей территории.

Чем раньше начнется создание и функционирование системы инженерно-геокриологического мониторинга федеральной автомобильной дороги «Амур» Чита-Хабаровск, тем более надежной и безопасной она будет, тем меньше будут непроизводительные расходы при ее эксплуатации. В противном случае дорога станет разорительной для государства и населения.

Литература

1. *Иванов Н.Ф.* «Амур» собирает Россию. М.: Информавтодор, 2003

2. *Кондратьев В.Г., Соболева С.В.* Концепция системы инженерно-геокриологического мониторинга автомобильной дороги «Амур» Чита – Хабаровск. Чита: Забтранс, 2010.

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ СЕВЕРА

В.В. Лашин, Г.Е. Лашина
ООО «Газпром Трансгаз Ухта» Воркутинское ЛПУ МГ
vlashin@sgp.gazprom.ru

GEOTECHNICAL MONITORING OF GAS TRANSPORTATION FACILITIES ON THE NORTH

V. Lashin, G. Lashina
LTD "Gazprom Transgaz Ukhta" Vorkuta LPU MG, vlashin@sgp.gazprom.ru

Неудовлетворительное состояние многих инженерных сооружений поставило задачу предупреждения аварий и их негативного воздействия на окружающую среду. Особенно актуальна эта проблема на севере Западной Сибири, Большеземельной тундре, Ямале.

В настоящие время, на перечисленных территориях основной производственной базы нефтегазового комплекса России, функционирует более 20000 км газопроводов. Анализ условий их эксплуатации показал, что далеко не всегда их строительство осуществлялось с учетом реальных природных закономерностей криолитозоны. В ряде случаев, в связи с недостатком информации о природных условиях местности, требуемой для обоснования проектных решений, допускались ошибки в размещении сооружений и в выборе конструкций, в результате чего возникали и продолжают возникать аварии, ликвидация которых сопряжена со значительными затратами.

В условиях криолитозоны значительная часть аварий при строительстве и эксплуатации линейных сооружений происходит в результате техногенного нарушения теплообмена в ландшафтах. Последствиями нарушения является резкое изменение условий поверхностного и подземного стока, свойств грунтов, вызывающих просадки оснований и подтопление сооружений, ползучесть оттаявших грунтовых масс, приводящих к деформациям.

Важнейшей задачей в области обеспечения безопасности при строительстве и эксплуатации линейных сооружений является прогнозирование развития опасных процессов с целью предотвращения аварий. Предупреждение развития опасных процессов может быть эффективным только при использовании современных технологий, позволяющих обеспечить в минимальные сроки максимально полные и достоверные данные о состоянии взаимодействия инженерных сооружений с природной средой и информационно обосновать эффективные проектные решения по инженерной защите газопроводов и окружающей среды.

На проектируемых трубопроводах должен выполняться базовый этап ГТМ, направленный на обоснование проектных решений по обеспечению безопасности создаваемой ГТС, что обеспечивается при многовариантных проработках, оптимизации трассирования и размещении инженерных сооружений на местности.

На строящихся и эксплуатируемых трубопроводах геотехнический мониторинг должен быть связан с паспортизацией и оценкой состояния газопровода, выявлением предаварийных и аварийных ситуаций, определением природно-техногенных и техногенных факторов их формирования, обоснованием мер и инженерных решений по предотвращению их перерастания в аварии. В настоящее время практически отсутствуют нормативная документация по организации и проведению комплексного геотехнического мониторинга, выполняемого с применением аэрокосмических и геоинформационных технологий.

Глобальное потепление климата и сопряженные с этим фактором опасные мерзлотно-климатические процессы, а также чрезвычайно высокий уровень техногенной нагрузки на природную среду, приводят к увеличению числа катастроф и аварий в состоянии многих инженерных сооружений и окружающей среды, в том числе и газопроводов.

Любое сооружение на всем протяжении своего развития проходит различные этапы (проектирование, стадии строительства и реконструкции, эксплуатации), причем на каждом из них оно взаимодействует с геологической средой, приобретая в ходе этого взаимодействия различные со-

стояния, совокупность которых может составить своеобразную геотехническую подсистему ГТС. В структуре геотехнического анализа именно совокупность взаимосвязей является предметом исследований, поэтому в рамках этого анализа ее можно рассматривать в качестве самостоятельной геотехнической системы (ГТС).

Геотехнический анализ, предполагая в своей основе оценку состояния взаимодействия всех элементов системы «сооружение - геологическая среда», базируется на оценке динамики природной и надежности технической составляющих. Динамичность компонентов геологической среды может определяться с помощью данных аэрокосмического зондирования (АКЗ) и наземных инженерно-геологических исследований.

Надежность технической составляющей ГТС, определяется ресурсными характеристиками сооружений, режимом их эксплуатации, состоянием динамики природной составляющей системы и характером ее влияния на инженерные сооружения, состоянием и характером управляющего воздействия. Для оценки эксплуатационной надежности газопроводов в системе наземного геотехнического контроля используется комплекс методов технической диагностики конструкций (геофизических, геодезических, электрохимических, акустических). В последние годы эффективно применяются спутниковые системы контроля за состоянием линейных сооружений с использованием приемников GPS.

Оценка состояния динамичности и надежности системы взаимодействия сооружений и геологической среды, выражается при помощи логической цепи показателей: опасность состояния этой системы - уровень инженерной защиты - устойчивость. Данный комплекс показателей, обоснованных вероятностно-статистическими расчетами, является объектом геотехнического контроля состояния сооружений и геологической среды. Его основным содержанием является прогнозно-оценочное картографирование состояния ГТС, осуществляемое на базе АКЗ и данных наземных обследований в автоматизированном режиме с целью выявления видов критических ситуаций в состоянии ГТС и обоснования инженерной защиты неустойчивых участков. Цифровое картографирование осуществляется на всех иерархических уровнях структуры управления газопроводом. Составленные карты объединяются в информационную систему и определяют основу базы данных геотехнического анализа.

Геотехнический анализ, выполняемый на базе широкого применения аэрокосмических и геоинформационных технологий, в отличие от анализа риска природных и техногенных опасностей, применяемого главным образом на предпроектных и проектных стадиях создания сооружений, эффективен в процессе их строительства и эксплуатации.

Предложенная структура геотехнического анализа представляет собой аппарат оперативного слежения за состоянием взаимодействия газопровода с компонентами геологической среды и управления этим взаимодействием путем внесения корректив в проектные решения, в частности в существующие схемы инженерной защиты ГТС.

К концу XX века сформировалось научно-прикладное направление, связанное с возможностью применения комплексного аэрокосмического зондирования (АКЗ) на всех стадиях создания и функционирования линейного сооружений с целью геоинформационного обеспечения управления безопасностью ГТС и окружающей среды, реализуемое через рационализацию и оптимизацию технологий проектно-изыскательских работ и специальных исследований по оценке состояния ГТС.

Можно рекомендовать АКЗ в структуре инвестиционного цикла создания газопроводов:

• Предпроектное (в целях обоснования инвестиций в строительство, схем размещения трасс сооружений и конструктивных решений при многовариантных проработках);

• Предэксплуатационное (в период завершения строительства для корректировки проектных решений и обоснования дополнительных мер инженерной защиты ГТС);

• Эксплуатационное (на стадии эксплуатации для паспортизации ГТС, выявления факторов снижения долговечности сооружений, оценки ремонтопригодности сооружений и информационного обоснования новых инженерных решений, обеспечивающих безотказность функционирования ГТС).

На всех этапах инвестиционного цикла создания газопроводов целесообразно АКЗ, включающее в себя наиболее эффективные в криолитозоне виды дистанционного зондирования: многозональную космофотосъемку (МКФС), многозональную аэрофотосъемку (МАФС) и тепловую инфракрасную аэросъемку (ТИКАС), обеспечивающие многоспектральное и разномасштабное исследование. В соответствии с этапами развития ГТС, создаются специализированные геоинформационные системы, направленные на предупреждение природно-техногенных аварий.

Предлагаемая научная концепция базируется на совокупности научных положений и разработок: в области теории, технологии, методологии и организации информационного обеспечения предупреждения природно-техногенных аварий. В основу этой концепции положено аэрокосмическое зондирование в сочетании с наземными экспресс-методами оценки параметров состояний взаимодействия и функционирования ГТС. Максимальная эффективность комплексного АКЗ, выполняемого в сочетании с методами его наземного обоснования определяется возможностью выявлять и оценивать именно предаварийные ситуации, связанные с воздействием на сооружения природных и природно-техногенных процессов, что с помощью других методов исследований на протяженных трассах в условиях криолитозоны или невозможно или малоэффективно.

Именно благодаря этой возможности становится реальным предупреждение аварий. Значительный объем информации с помощью АКЗ можно получить и при выявлении и оценке аварийных ситуаций, однако, эти критические ситуации в случаях их дискретных (точечных) проявлений могут быть изучены более полно с помощью наземных методов обследования сооружений и их аппаратурной диагностики.

Создание ГИС обеспечивает возможность оперативного решения задач управления состоянием взаимодействия природной среды и инженерных сооружений на всем протяжении газопровода и делает реальным своевременное предупреждение аварий на всех стадиях их создания и функционирования.

Организация пространственной информации в ГИС ГТС рассматривается на уровне создания логической многослойной модели картографической системы, содержащей слои по каждому компоненту организационной структуры природной и технической составляющих ГТС. Каждый слой имеет самостоятельное значение и может быть в случае необходимости выведен отдельной аналитической картой на любую точку или отрезок газопровода. ГИС значительно повышает обоснованность и качество управляющих инженерных решений по защите ПТС от воздействия опасных природных и природно-техногенных процессов, снижает роль субъективных факторов в оценке устойчивости ГТС и практически исключает ошибки в оценке состояния ГТС, связанные с недостатком информации о степени опасности развития природных и природно-техногенных процессов. Геотехнический анализ наполняет базу данных ГИС информацией о взаимовлиянии в системе взаимодействия природы, строительства и эксплуатации газопроводов через конкретные численные показатели статики и динамики. Составление геотехнических карт ландшафтного микрорайонирования обеспечивает возможность автоматизированной фиксации состояния компонентов природной среды в зонах влияния на них техногенного воздействия.

Наиболее эффективным организационно-техническим мероприятием, всецело определяющим реализацию системы предупреждения природно-техногенных аварий в состоянии ГТС является их геотехнический мониторинг, осуществляемый комплексно и поэтапно.

ПРОБЛЕМЫ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ И МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

Т.И. Подгорная
Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, tat-podg@ yandex.ru

PROBLEMS OF PERMAFROST MAPPING FOR CONSTRUCTION OF INDUSTRIAL COMPLEXES AND THE MAIN PIPELINES ON THE FAR EAST

T.I. Podgornaya
Pacific National University; Khabarovsk, tat-podg@yandex.ru

Строительное освоение дальневосточного региона россии в XXI веке предусматривает размещение новых производственных комплексов на территории месторождений полезных ископаемых, прокладку магистральных трубопроводов, автомобильных и железных дорог, линий электропередач в зоне сплошной или прерывистой многолетней мерзлоты. Обеспечение безопасности строительства и эксплуатации сооружений в суровых природно-климатических и сейсмических условиях северных районов, Хабаровского края, Якутии, Амурской области и Сахалина является сложной и многоплановой проблемой для ученых и специалистов россии.

Дифференциация территории по инженерно-геокриологическим условиям, а также по характеру мерзлотных процессов и сейсмической опасности представляет не только научный интерес, но и необходима для решения конкретных проектно-изыскательских задач. Наибольшие проблемы представляет крупномасштабное районирование и картографирование территорий в полосе трасс линейных сооружений, где требуется детальная оценка изменчивости всех элементов геологической среды на протяжении многих сотен километров, особенно при переходе из зоны сплошной мерзлоты в зону прерывистой или островной мерзлоты.

Геоинформационное обеспечение геокриологического картографирования невозможно без крупномасштабного инженерно-геологическое районирования (масштаб 1:1000 – 1:25000). В основу выделения инженерно-геологических районов и подрайонов по трассам нефте-и газопроводов положены закономерности современного состояния геологической среды, которые устанавливаются на основе геологических карт масштаба 1:50000 и 1:200 000 и материалов инженерно-геологических изысканий по трассе трубопровода на данной территории.

В Якутии в полосе трассы проектируемого газопровода «Сила Сибири» в пределах Вилюйской равнины и Приленского плато в зоне многолетней мерзлоты по совокупности геоморфологических, геологических условий и распространения экзогенных процессов на отрезке 200 км автором были выделены три инженерно-геологических района и серия подрайонов. Инженерно-геологические районы выделялись по геолого-геоморфологическим признакам, инженерно-геологические подрайоны в пределах районов – по особенностям геологического строения или мерзлотно-гидрогеологических условий.

I инженерно-геологический район приурочен к аккумулятивным формам рельефа в *южной части Вилюйской равнины* – Верхне-Черендейской аккумулятивная равнине. Представлен долинами ручьев и рек. По инженерно-геологическим условиям в пределах района выделены 34 подрайона ($I_1 – I_{34}$), которые характеризуются полого-наклонной и плоской поверхностью надпойменных террас и поймы р. Лена и ее притоков р. Ура, р. Меличан, Бирюк. Надпойменные террасы, поймы, слагают аллювиальные отложения четвертичного возраста (aQ_{3-4}) - глины, суглинки, супеси, пески пылеватые, мелкие, средней крупности, галечник, гравий. Они сменяются делювиально-элювиальными образованиями на осадочных породах (d-e $Є_{2-3}$,O_1, S_1, J_1), представленными супесью, песками, щебнем, дресвой. *II инженерно-геологический район* выделен в пределах озерно-аллювиальной аккумулятивной равнины. В геологическом строении этого района участвуют озерно-аллювиальные отложения *(alQ_{2-3})*: глины, суглинки, супеси, пески пылеватые, мелкие и сред-

ней крупности. По трассе трубопровода в условиях этого района, выделено 7 подрайонов (II_1 – II_7). *III инженерно-геологический район* охватывает денудационные формы Приленского плато – холмы, увалы, низкие горы, сложенные делювиально-элювиальными образованиями и осадочными терригенно-карбонатными породами кембрийского, ордовикского, силурийского и юрского возраста (d-e $Є_{2-3}$,O_1, S_1, J_1). По трассе в условиях этого района, выделено 23 подрайона (III_1 – III_{23}).

На следующем этапе выполнялось *инженерно-геокриологическое районирование* (табл. 1), которое проведено на основе инженерно-геологического районирования с учетом состава, физического состояния, температуры и криотекстуры многолетнемерзлых грунтов и других признаков.

Таблица 1

Характеристика инженерно-геокриологических районов по трассе газопровода

Рельеф	Инженерно-геологический комплекс пород	Подземные воды	Природные и техногенные геологические процессы
I инженерно-геокриологический район (подрайоны I-1 – I-34)			
Вилюйская равнина. **Верхне-Черендейская аккумулятивная равнина.** Надпойменные террасы, и пойма р. Ура, Эбе-Сиенэ, Меличан, Бирюк, Бол. Черепаниха, р. Лена и их притоков Ровная, слабонаклонная поверхность	Интервал глубины 0-17 м *Аллювиальные, отложения: (aQ_{3-4}).* глины, суглинки, супеси, пески пылеватые, мелкие, средней крупности, галечник, гравий. Грунты твердомерзлые слабольдистые и льдистые Нормативная глубина сезонного оттаивания 2,3-3,5 м	Надмерзлотные воды на глубине 0,1-2,2 Надмерзлотные воды несквозных таликов на глубине 1,6-5,2 м	Сейсмичность 5-6 баллов (карта ОСР-97 В) Речная эрозия и затопление Заболачивание сезонное Болота низинные I типа Многолетняя мерзлота (t минус 1,2-1,5°С) Морозное пучение грунтов Несквозные талики (глубина 4,5-16,5 м) в долине р. Меличан, р. Бирюк, р. Лена
II инженерно-геокриологический район (подрайоны II-1 – II-5)			
Верхне-Черендейская аккумулятивная озерно-аллювиальная равнина Полого-волнистый рельеф	Интервал глубины 0-15 м *Озерно-аллювиальные отложения: (alQ_{2-3}).* глины, суглинки, супеси, пески пылеватые, мелкие, средней крупности. Грунты твердомерзлые слабольдистые и льдистые Нормативная глубина сезонного оттаивания 2,3-3,1 м	Надмерзлотные воды в понижениях рельефа на глубине 0,1-0,2 м	Сейсмичность 5-6 баллов (карта ОСР-97 В) Заболачивание Многолетняя мерзлота (t минус 1,3-1,6°С) Морозное пучение грунтов
III инженерно-геокриологический район (подрайоны III-1 – III-23)			
Приленское плато. Холмы, увалы, низкие горы Интенсивно-расчлененный рельеф	Интервал глубины 0-15 м *Делювиально-элювиальные образования* на осадочных породах (d-e $Є_{2-3}$,O_1, S_1, J_1): супеси, пески, дресва, щебень; *Осадочные терригенно-карбонатные породы* (O_1, S_1): доломиты, песчаники, алевролиты Грунты твердомерзлые слабольдистые и льдистые Нормативная глубина сезонного оттаивания 2,6-3,5 м	Надмерзлотные воды отсутствуют	Сейсмичность 5-6 баллов (карта ОСР-97 В) Многолетняя мерзлота (t минус 1,6-1,9°С) Морозное пучение грунтов

На карте инженерно-геокриологического районирования масштаб 1:25000 (ОАО ДальТИСИЗ, 2011 г.) По трассе газопровода были показаны границы районов и подрайонов, цветом – мерзлотно-температурные зоны, штриховкой – инженерно-геокриологические районы, внемасштабными знаками – прочие обозначения.

На территории северного Сахалина в полосе трассы береговых нефтепроводов в пределах морской косы Чайво при изыскательских работах (ОАО ДальТИСИЗ, 2005г.) неожиданно были обнаружены два участка островного распространения высокотемпературной мерзлоты. В зоне развития островной мерзлоты песок мелкий и пылеватый характеризуется массивно-поровой криогенной текстурой, по температурному режиму является твердомерзлым. Протяженность первого

участка составляет 100 м, протяженность второго – 60 м. Глубина распространения островов многолетнемерзлых грунтов, установленная по результатам геофизических исследований, достигает 15-30 м. Температура мерзлых грунтов в интервале глубин 2-10 м колеблется в пределах минус 0,1°С – минус 0,3°С. Кровля мерзлой толщи имеет неровную поверхность. Расположение участков островной мерзлоты в плане показано на карте инженерно-геологических условий масштаба 1:5000, которая была использована для выбора обходного маршрута с целью исключения возможных проблем при строительстве и эксплуатации нефтепровода.

На севере Хабаровского края на золото-серебрянных месторождениях («Хаканджинское», «Авлаяканское», «Албазинское» и др.) в зоне многолетней мерзлоты построены, строятся и проектируются горно-металлургические комплексы (ГМК) В состав этих комплексов входят промплощадки золото-извлекательных фабрик (ЗИФ), карьеры, хвостохранилища, жилые поселки, трассы автомобильных дорог и другие объекты. Изучение инженерно-геологических и мерзлотных условий на площадках перечисленных ГМК проводится поэтапно Дальневосточным институтом инженерно-строительных изысканий (ОАО ДальТИСИЗ, 2000-06 гг.).

Территория Хаканджинского горно-металлургического комплекса находится в зоне прерывистого распространения многолетнемерзлых грунтов. Мощность мерзлой толщи в данном районе превышает 100 м. Сплошность многолетней мерзлоты по площади и глубине нарушается несквозными таликами. Температура мерзлых грунтов на глубине нулевых амплитуд (10 м), установленная в результате термометрических исследований в скважинах, колеблется от минус 0,2º С до минус 1,1º С. В зависимости от физического состояния и температуры вечномерзлые грунты характеризуются как твердомерзлые и пластичномерзлые, а скальные грунты как охлажденные (морозные). Наличие на этой территории многолетнемерзлых грунтов с таликами, в пределах которых грунты резко снижают свою прочность, является неблагоприятным фактором, поскольку может спровоцировать неравномерные деформации сооружений. По результатам геокриологического картографирования в масштабе 1:2000 был составлен прогноз изменения геологической среды и активизации криогенных процессов при техногенных воздействиях. В результате строительства возможны повышение температуры грунтов и оттаивание мерзлоты, термопросадки, термоэрозия, солифлюкция, повышение уровня подземных вод [1]. В дальнейшем при строительстве главного корпуса золотоизвлекательной фабрики для сохранения мерзлых грунтов в основании фундаментов была использована фризерная установка, работающая на жидком фреоне, предупреждающая возможные изменения температурного поля в пределах зоны влияния сооружения.

Как следует из вышеизложенного, в условиях Дальнего Востока высокотемпературная многолетняя мерзлота является основным неблагоприятным природным фактором, оказывающим влияние на принятие проектных решений по трассам линейных сооружений и на промышленных площадках. Инженерно-геологические и инженерно-геокриологические условия осваиваемых территорий относятся к III категории сложности – сложные для строительства. Крупномасштабное геокриологическое картирование дает возможность оценить реальные обстоятельства освоения отдаленных районов, степень опасности и риска криогенных процессов, уточнить методы исследования на детальных стадиях проектирования сооружений, использовать соответствующие методы прогнозирования комплексных изменений геологической среды в результате строительства. А в итоге – предусмотреть более эффективные приемы инженерной защиты природной среды от деградации и сооружений от возможных деформаций.

Литература

1. *Подгорная Т.И.* Оценка состояния геологической среды для строительства горно-металлургических комплексов в Хабаровском крае // Экзогенные процессы в геологической среде. Оценка природных опасностей. – Иркутск–Сосновец: институт земной коры Со Ран, Силезский университет, Факультет наук о земле, 2008. – С. 54-65.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА МАГИСТРАЛЬНОМ ТРУБОПРОВОДЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС

Л.Е. Тарская, П.В. Ефремов, Г.П. Стручкова, Т.А. Капитонова
Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, lina.tarskaya@mail.ru

ON POSSIBILITIES OF EMERGENCY PREDICTION ON THE MAIN PIPELINE USING GIS

L.E. Tarskaya, P.V. Efremov, G.P. Struchkova, T.A. Kapitonova
Institute of Physical Technical Problems of the North SB RAS, lina.tarskaya@mail.ru

Аварийные ситуации при эксплуатации магистральных трубопроводов несут большую опасность для персонала, населения и окружающей среды. Главной опасностью при возникновении аварии являются выбросы химических веществ атмосферу, пожары, причинение вреда окружающей среде.

Используя программные продукты ГИС можно прогнозировать и определять риск аварий на магистральном трубопроводе, тем самым снизить последствия ЧС.

Исследуя причины возникновения аномалий с использованием тематической карты, необходимо учесть следующие факторы:

- источники опасности распределены в пространстве неравномерно;
- сила опасного воздействия уменьшается по мере удаления от очага;
- природные аномалии среды, в которой распространяется опасное воздействие (воздух, вода, рельеф, грунт), могут радикально изменить картину опасного воздействия;
- активизация одного источника опасности способна спровоцировать активность целого ряда других (это явление принято обозначать как «принцип домино», «цепная реакция» или «лавинообразный процесс»).

Возникновению и развитию аварий на магистральных трубопроводах способствуют следующие причины и факторы, связанные с:

отказом оборудования;

ошибочными действиями производственного персонала;

внешними природными и техногенными воздействиями.

По действующим расчетным нормам магистральные трубопроводы относятся к конструкциям с высоким уровнем внутренних напряжений, испытываемых постоянно в течение всего срока службы. Поэтому даже относительно незначительные отклонения фактических условий эксплуатации от принятых в проектных расчетах могут привести в разрушению магистральных трубопроводов.

Для оценки с помощью ГИС параметров опасных процессов, нарушающих равновесное состояние геологической среды, созданы следующие цифровые модели:

- рельефа;
- водотоков;
- растительности;
- сейсмических воздействий;
- температурного поля, формирующегося вокруг трубопровода.

Все перечисленные объекты, включая картографическую основу, элементы трубопроводной системы, средства мониторинга, зоны и цифровые модели, являются элементами содержания БГД (базы геоинформационных данных).

Созданные цифровая, картографическая и фотограмметрическая продукции содержит отображения дорог, населенных пунктов, промышленных и социальных объектов, водоемов, участков с развитием сложных геологических процессов и критически важных объектов.

Пространственный анализ, выполненный средствами ГИС, позволяет представить результат в виде серии тематических карт, синтезированной на основе суперпозиции и пространственно-

го совмещения данных о возможных опасных проявлениях и свойствах уязвимости элементов риска.

Участки с многолетнемёрзлыми грунтами представляют наибольшую сложность при оценке их опасности для трубопровода из-за воздействия геокриологических процессов, которые обусловлены внешними климатическими условиями и влиянием объектов нефтепровода на температурный режим окружающих грунтов. На рис.1. показано выталкивание подземного газопровода экзогенными процессами, несмотря на наличие пригрузов.

Рис. 1. Выталкивание подземного газопровода экзогенными процессами, несмотря на наличие пригрузов

Рис. 2. Снимки аэровизуального обследования, привязанные к карте

Геотехнический мониторинг трубопровода позволяет не только следить за изменением состояния природно-технической системы, но и прогнозировать возникновение аварий. Аэровизуальное обследование представляет собой этап геотехнического мониторинга и позволяет провести самостоятельный экспресс-анализ состояния природно-технической системы.

Аэровизуальное обследование осуществляется с вертолета или любого другого летательного аппарата на высоте 100 м со средней скоростью не выше 100 км/ч при боковом удалении от оси трубопровода не более 100 метров. На рис. 2 представлены результаты привязки снимков аэровизуального обследования к карте.

По результатам облета главной задачей является быстрая обработка полученного полевого материала с использованием ГИС-технологий, предоставление в эксплуатирующую организацию ведомости опасных участков с координатной привязкой, топопланами и общим описанием для принятия управленческих решений, а также для выработки рекомендаций по совершенствованию системы геотехнического мониторинга.

Литература

1. *Капитонова Т.А., Стручкова Г.П., Тарская Л.Е.* Экологическая безопасность объектов нефтегазового комплекса Республики Саха (Якутия). Международная конференция (11-16 октября 2010 г., г. Якутске)

2. *Любомир Кржиж, Игорь Пашковский.* ГИС – инструмент прогнозирования экологического ущерба // Oil & Gas Journal Russia. – Журнал, 2008г. Март. С. 78-81

3. *Капитонова Т.А., Стручкова Г.П., Тарская Л.Е., Ефремов П.В.* Анализ факторов риска трубопроводов, проложенных в условиях криолитозоны с использованием ГИС-технологий. IV Всероссийская научно-практическая конференция «Информационные технологии в науке, образовании и экономике» (с международным участием)

ОПЫТ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТРАССЫ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА ЗАПАДНО-ОЗЕРНОЕ – АНАДЫРЬ

О.Д. Трегубов

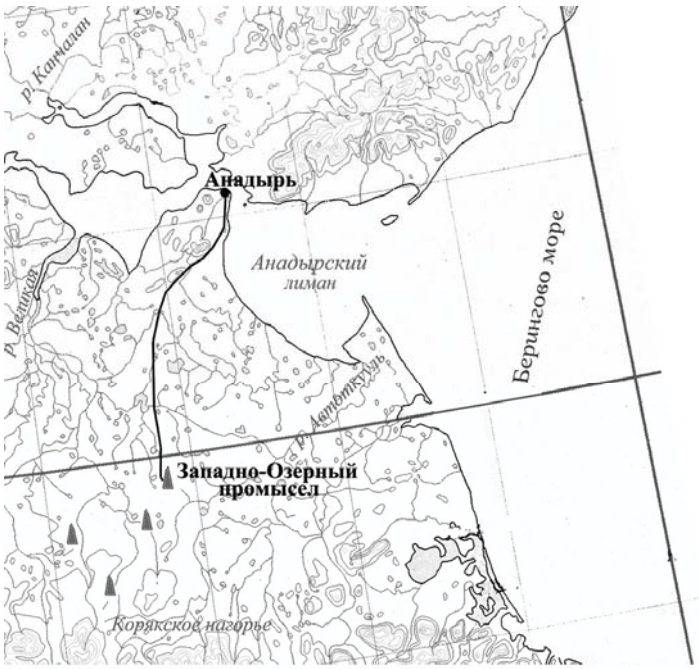
СВКНИИ им. Н.А. Шило ДВО РАН, tregubov2@yandex.ru

EXPERIENCE OF OUTRUNNING GEOCRYOLOGICAL ZONATION MAPPING OF THE WEST-LAKE – ANADYR MAIN GAS PIPELINE

O.D. Tregubov

NEISRI n.a. N.A. Shilo, FEB to RAS, Anadyr, tregubov2@yandex.ru

Освоение ресурсов углеводородного сырья континентальной части Анадырского нефтегазоносного бассейна началось в 2000 году, почти 10 лет спустя завершения здесь геологоразведочных работ. В первый год были начаты инженерные изыскания и проектирование Западно-Озерного промысла и магистрального подземного газопровода до г. Анадыря протяженностью 105 км (рис. 1). Попутно инженерным изысканиям проводились комплексные геоэкологические исследования, которые включали составление прогнозной карты геокриологических условий километровой полосы вдоль трассы газопровода [3]. Впоследствии была разработана программа мониторинга экзогенно-криогенных процессов объектов промысла и транспортировки газа в условиях строительства и пробной эксплуатации, которая продолжалась до 2008 года [4]. Спустя 5 лет, результаты мониторинга позволяют непредвзято рассмотреть эффективность геокриологического прогноза, оценить просчеты и достоинства выбора критериев опережающего районирования.



Масштаб 1: 2500000

Рис. 1. Карто-схема трассы газопровода Западно--Озерный промысел - Анадырь

Западно-Озерное газовое месторождение расположено в 90 км южнее г. Анадыря в центральной части Анадырской низменности. Климат района морской субарктический, характеризуется незначительным усилением континентальности от г. Анадыря к месторождению. В рельефе Анадырской низменности доминируют озерно-болотные котловины, разделенные низкими увалами и долинами тундровых рек [5]. От обрамляющих равнину горных сооружений в сторону моря ледниково-аккумулятивные формы рельефа сменяются озерно-аллювиальными и далее морскими. Равнинный остаточный холмисто-грядовый (мелкоувалистый) ледниковый и мерзлотный инверсионный рельеф развит непосредственно на месторождении и по трассе газопровода до р. Б. Каргопыльгин. Далее 35 км по трассе распространение получает равнинный остаточный ледниковый с обособленными высокими увалами озерно-аллювиальный мерзлотный рельеф, который охватывает район от р. Гечмыткууль до подножья Лысых Увалов (127,6м). Предгорный эрозионно-аккумулятивный, пролювиально-аллювиальный рельеф исключительно проявлен на склонах г. Дионисия (578,1 м), г. Каменная (226,2) и менее, у г. Останцовой (172,1 м).

Многолетнемерзлые породы (ММП) в пределах описываемого района имеют преимущественно сплошное распространение. Мощность ММП изменяется от 100 м в понижениях рельефа до 150-200 м на северных склонах увалов и одиночных гор. По данным площадных геофизических исследований и каротажа нефтегазоразведочных скважин мощность ММП на месторождении изменяется от 80 до 100 м [2]. Сквозные таликовые зоны гидрогенного происхождения редки, прослеживаются под руслами рек и крупными глубокими озерами. Под более мелкими водотоками и озерами наблюдаются несквозные талики мощностью до 70 м. Мерзлые грунты отличаются высокой льдистостью, которая достигает 50-80 % верхнего 12 метрового слоя грунтов. Глубина сезонного оттаивания грунтов изменяется в пределах 0,35-1,2 м и зависит от их гранулометрического состава, степени увлажнения, экспозиции склона.

Более подробная геокриологическая информация на начало строительства была доступна по Верхнетелекайскому нефтегазоконденсатному месторождению, расположенному в 26 км к юго-западу от промысла [2]. Отрывочные сведения по ископаемым подземным льдам имелись из материалов изыскательских и гидрогеологических скважин в окрестностях г. Анадыря, естественных обнажений термоэрозионных оврагов и термоабразионных обрывов Анадырского лимана [1]. Кроме того, имелся массив данных наблюдений макрольдистости промежуточного слоя ММП на границе сезонного оттаивания, данные дешифрирования космоснимков и крупномасштабных топографических карт в части распространенности полигонального рельефа и современных эпигенетических повторно-жильных льдов (ПЖЛ).

Исходя из целевого назначения прогноза, было принято решение взять за основу легенды будущей карты визуальную макрольдистость кровли ММП, которая хорошо коррелирует с геологией четвертичных отложений, дешифрируется по ландшафтным признакам. При этом построение карты можно было корректировать текущими данными описания шлама и керна изыскательских скважин. Цветовая гамма карты (зеленый < 40, желтый 40-60, красный > 60 %) должна была сигнализировать о степени опасности территории по развитию площадного термокарста. Условными знаками на карту выносились значения глубины сезонного протаивания, отмечались участки рас-

пространения современных ПЖЛ и близповерхностных пластово-инъекционных льдов. Остальная информация, касающаяся температуры ММП, опасности проявления термоэрозии, солифлюкции, мерзлотного пучения привязывалась к конкретным участкам трассы и была доступна в пояснительной записке.

Составленная карта, представленная в цифровом виде, получилась в меру информативной, достаточно наглядной и легко воспринималась специалистами самого различного профиля. Следует отметить, что отдельные рекомендации действительно были учтены при выборе размещения объектов промысла и корректировки трассы газопровода. Однако большинство мерзлотных проблем решалось путем увеличения мощности отсыпки строительных площадок и повторной засыпкой траншей газопровода привозным грунтом. Подтвердился прогноз активного сезонного мерзлотного пучения на участках газопровода, где траншея, ориентированная вкрест простирания склона (65-85^0), «подрезала» надмерзлотный сток. Нарушение проектных параметров транспортировки охлажденного газа: - 7, против -4 ^{0}С при естественной температуре ММП -2 – (3) ^{0}С только усугубило ситуацию и привело к нескольким разрывам трубопровода. Оправдался негативный прогноз резкой активизации солифлюкции в подножии высоких увалов (90-120 м), которая хотя и не привела к нарушению трубопровода, но стала причиной разрыва линий оптоволоконной связи.

Главным же недостатком карты и геокриологического прогноза в целом стало отсутствие информации о распространении погребенных верхнеплейстоценовых ПЖЛ, которые вскрывались траншеей в нижней части склонов увалов и речных долин. Ледяные жилы шириной до 3-4 м залегали на глубине 1,5-2 м от поверхности, перекрывались склоновыми суглинистыми отложениями, голоценовыми торфяниками и современными торфянистыми почвами. Об их существовании в Анадырской низменности было известно по термоабразионным обнажениям залива Онемен, где льды такого типа вскрывались в толще континентальных покровных супесчаных и суглинистых отложений, образующих останцы плейстоценовой ледниковой равнины [1]. В районе проектирования, никаких предпосылок их нахождения до начала строительства не было. По результатам обследования траншеи магистрального газопровода 2003 г. было выявлено 13 аварийных участков протяженностью 50-400 м, связанных с термоэрозией и термокарстом по погребенным подземным льдам [3,4]. Рекультивация нарушений в первые два года пробной эксплуатации привела к значительному удорожанию строительства.

В заключение отметим следующее:

1. Поставленная перед геокриологическим картографированием задача по общей характеристике мерзлотных условий района проектирования в целом была решена. В доступной и наглядной форме на карте были показаны основные закономерности изменения геокриологических условий, обозначены угрозы проявления опасных экзогенно-криогенных процессов.

2. Выбор визуальной макрольдистости в качестве основного диагностического и классификационного признака районирования геокриологических условий себя оправдал. Корректировка трассы газопровода позволила избежать сплошного обнажения газопровода при площадном термокарсте. До начала проектирования был сделан вывод о неприемлемости технологии обратной засыпки траншеи и необходимости поиска карьеров грунта для дополнительной отсыпки.

3. Недостатки опережающего проектирование и строительство геокриологического картографирования обусловлены некорректной постановкой задачи. Для предупреждения аварийных ситуаций, связанных с катастрофическим вытаиванием подземных льдов, кроме упрощенной синтетической карты, следовало разработать аналитические карты, характеризующие рядовые и экстремальные мерзлотные условия. Необходимо было предусмотреть проведение специализированных полевых исследований, дополняющих разреженное с интервалом 500 м изыскательское бурение.

Литература

1. *Котов А.Н.* Подземные льды и криоморфогенез. Путеводитель научной экскурсии по заливу Онемен (обнажение мыса Рогожного). Магадан: СВКНИИ ДВО АН СССР, 1991. 31 с. (препринт)

2. *Котов А.Н., Бражник С.Н., Маслов В.Я., Рябчун В.К.* Геокриологические условия Верхнетелекайского нефтегазоконденсатного месторождения (южная часть Нижнеанадырской впадины). М.: ГЕОС, 1999. 70с.

3. Результаты исследования экологического состояния природной среды территории Западно-Озерного газового месторождения: отчет о НИР по договору от 20-09-01 ЗАО НПЦ «СибГео»: Чукотский филиал СВКНИИ ДВО РАН / рук. В.С. Кривощеков; исп. О.Д. Трегубов, А.Н. Котов, В.Ю. Разживин и др. – Анадырь: ЧФ СВКНИИ ДВО РАН, 2001. – 159 с.

4. *Трегубов О.Д., Котов А.Н.* Экзогенно-криогенные опасности: предупреждение и локализация. Вестник РУДН. Серия: инженерные исследования. №2, 2007. С.124-128.

5. *Трегубов О.Д.* Графическое моделирование в ландшафтоведении как инструмент исследования и средство визуализации природных процессов // Известия Российского географического общества. Вып. 6, 2012. С. 1-10.

КАРТЫ РАЙОНИРОВАНИЯ КРИОЛИТОЗОНЫ – ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Д.М. Шестернев

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, shesternev@mpi.ysn.ru

MAPS OF CRIOLITHOZONE CLASSIFICATION – THE BASIS FOR EFFECTIVE BUILDING AND EXPLOITATION OF ENGINEERING CONSTRUCTIONS

D.M. Shesternev

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, *shesternev@mpi.ysn.ru*

Увеличение интенсивности хозяйственного освоения территории вечной мерзлоты России, в конце XVIII - начале XIX столетия (развитие горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности, строительство Восточно-Сибирской дороги и т.п.) предопределило необходимость разработки картографических ее моделей. По-видимому, первой такой моделью можно считать карту вечной мерзлоты России, составленную Л.Ф. Ячевским в 1889 г. На этой карте впервые была нанесена южная граница распространения вечной мерзлоты и выделены территории полностью занятые ею и территории, где она отсутствует. В 1916 году В.Б. Шостаковичем была составлена карта мерзлоты Сибири. На ней показана уточненная, в сравнении с картой Л.Ф. Ячевского, южная граница распространения вечной мерзлоты и предпринята попытка учета влияния мощности снежного покрова на температуру грунта, путем деления значения средней за зиму температуры воздуха на мощность снежного покрова в январе.

К тридцатым годам XX столетия объем количественной информации о распространении вечной мерзлоты и мощности сезонного протаивания существенно увеличился. В результате анализа этого информационного массива М.И. Сумгиным были составлены: « Схематическая карта вечной мерзлоты СССР по типам географического ее распространения» и «Схематическая карта распространения вечной мерзлоты Евразии с выделением районов по температуре грунта на глубине 10-15 м.». Первая из них, в настоящее время могла бы быть отнесена в группу карт «общего типа», вторая - в группу карт «частного типа».

Значительный вклад в развитие картирования криолитозоны внесли ученые кафедр геокриологии, инженерной геологии и грунтоведения геологического факультета, кафедры криолитологии и гляциологии географического факультета МГУ; ведомственных научных подразделений – ФГУП «ВСЕГИНГЕО», ОАО «ПНИИИС», ОАО «ФУНДАМЕНТПРОЕКТ», ОАО "НИЦ "Строительство" НИИОСП; подразделений академической науки - ФГБУН ИМЗ СО РАН, ФГБУН ИКЗ СО РАН и других организаций. Силами ученых перечисленных организаций и их учениками в на-

стоящее время разработаны и широко используются унифицированные принципиальные положения картирования криолитозоны с учетом масштабов картирования, видов и объемов исследований, их комплексности, полноты массивов количественной и качественной информации. Этому способствуют как существующие общепризнанные, так и инновационные технологии обработки и визуализации различного типа информации. Этот комплекс технологий позволяет, наряду с разработкой традиционных карт геокриологических условий и карт прогноза их изменения уделять большое внимание созданию трехмерных цифровых картографических моделей различных масштабов, включая и мультимедийные их разновидности. Не остаются в статическом состоянии и проблемы районирования территории криолитозоны. Методологической базой развития данного направления, по-прежнему являются разработки Д.Л. Арманд, из которых следует, что районирование территории - это разработанные или уже существующие классификации объекта исследований, отображаемые на картах в оптимальном масштабе.

Инженерно-геологическое районирование является одним из основных составляющих элементов комплекса исследований, обеспечивающих эффективность проектирования и строительства автомобильных и железных дорог и других типов инженерных сооружений. Карты районирования облегчают анализ условий строительства инженерных сооружений и могут служить основой для прогнозирования изменений инженерно-геологической ситуации при их эксплуатации. Согласно нормативным документам, методическим рекомендациям и результатам фундаментальных исследований инженерно-геологическое районирование территории бывает общим, специализированным и частным.

В первом случае, предусматривается подразделение территории освоения на районы по комплексу инженерно-геологических условий, необходимого для эффективного проектирования инженерных сооружений.

Во втором случае на картах районирования показывают элементы инженерно-геологических условий, необходимые для учета особенностей проектирования конструкций линейных и других типов сооружений.

В третьем случае производится расчленение территории по одному или нескольким факторам (льдистость, просадочность, закарстованность и т.п.), чрезвычайно затрудняющих строительство инженерных сооружений.

Способы проведения инженерно-геологического районирования могут быть региональными и типологическими. Региональный способ предполагает выделения участков с определенными, характерными только для каждого из них, инженерными условиями. Типологическое районирование, осуществляется путем группировки наиболее характерных компонентов инженерно-геологических условий территорий. Как правило, выбор типа районирования - регионального или типологического, общего или частного, должен осуществляться в соответствии со стадиями проектирования и особенностями инженерных сооружений.

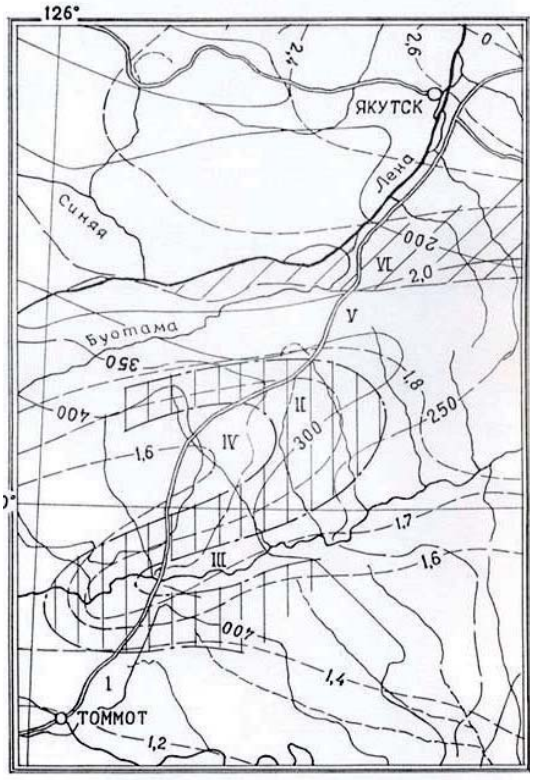


Рис. 1. Карта схематического районирования северной зоны АЯМ (1 : 2 000 000) [1]: десятичные дроби – индекс сухости, д. ед.; двузначные числа – радиационный баланс, ккал/см^{2}год; трехзначные – атмосферные осадки мм/год; римские цифры и штриховки – выделенные районы по типам пригодности для строительства

Используя вышеприведенные предпосылки и существующие методические основы, в лаборатории инженерной геокриологии ИМЗ СО РАН на стадии предпроектной документации было выполнено схематическое опережающее инженерно-геологическое факторное районирование территории строительства АЯМ (Амуро-Якутская железнодорожная магистраль) рис. 1.

В результате на территории предполагаемого строительства было обосновано выделение 6 типов инженерно-геологических условий строительства АЯМ, которые могут в различной степени осложнить строительство и эксплуатацию строительства линейных сооружений – автомобильных и железных дорог, линий электропередач и трубопроводов. Таким образом, факторное районирование территории позволило оценить инженерно-геологические условия на трассе АЯМ и учесть возможные осложнения строительства и эксплуатации сооружений. Это позволило планировать содержание и объем исследований для обеспечения эффективности строительства АЯМ и организации регионального геокриологического мониторинга [1, 4].

На стадии проекта и рабочей документации было выполнено специализированное инженерно-геологическое районирование территории АЯМ [2]. Оно позволило выполнить оценку каждого выделенного района по степени чувствительности геологической среды к техногенному воздействию АЯМ. Ее обоснование выполнено с учетом отрицательного воздействия на АЯМ степени увлажнения (льдистости) грунтов слоя сезонного оттаивания, его мощности и криогенного строения, наличия пластовых и повторно-жильных льдов, кинетики и механики криогенных процессов, карстопроявлений. В дальнейшем была произведена оценка протяженности неустойчивых, потенциально неустойчивых и устойчивых к техногенным воздействиям участков для каждой из выделенных инженерно-геологических областей АЯМ.

Специализированное и общее районирование позволило минимизировать затраты на организацию первого и второго уровня мониторинга в полосе трассы АЯМ [3, 4] и предопределило необходимость частного районирования территорий, неустойчивых к техногенному воздействию. Одной из таких территорий в пределах АЯМ являлся ледовый комплекс, льдистость которого колеблется в пределах 0,1-0,9 д. ед. Тип грунтов по льдистости и просадочности определялся с учетом требований ВСН 84-89. Карта частного районирования была составлена до глубины 10 метров (рис. 2).

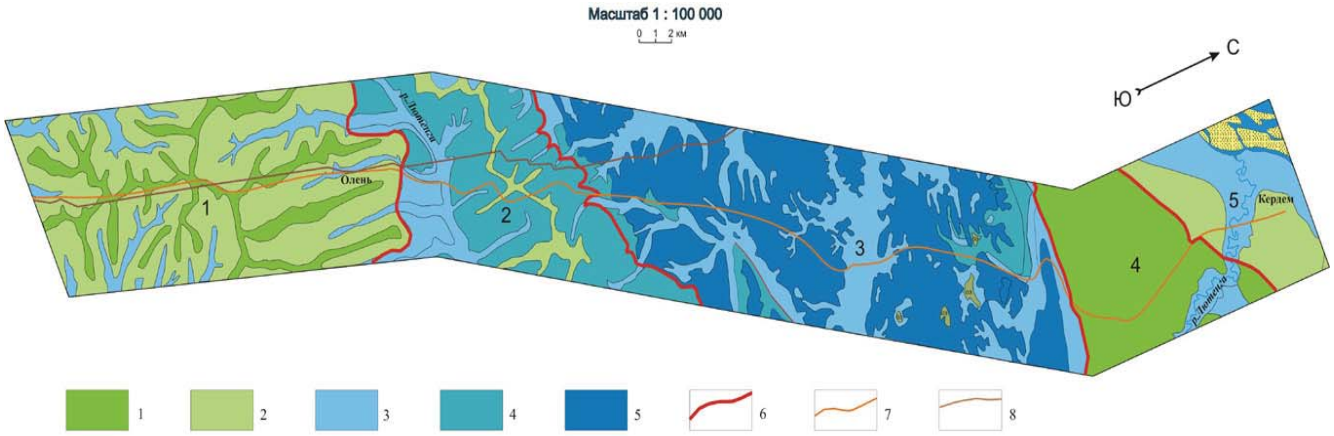


Рис. 2. Карта льдистости 10-метровой толщи ММП пород на участке АЯМ “ст. Олень - ст. Кердем” [2]:

1-5 (цифры на карте) – соответственно Лено-Амгинский песчаный район – 1; район полигенетической равнины – 2; Лено-Амгинский аласно-долинный район – 3; песчано-грядовый Тюнгюлюнский аласно-котловинной район – 4; Приленский долинно-лесостепной район – 5. 1- 5 (цветовая окраска) – соответственно льдистость пород (д. ед.): 0,1-0,4; 0,3-0,5; 0,4-0,6; 0,5-0,7; 0,6-0,9; 6 – границы мерзлотно-ландшафтных районов; 7 – проектируемая трасса АЯМ; 8 – автомобильная дорога «Лена»

Составленная карта частного районирования показала, что территория ледового комплекса сложена до глубины 10 м. преимущественно просадочными и сильнопросадочными типами грунтов. Это позволило применить индивидуальное проектирование конструкций АЯМ, а для оценки использования конструктивных, мелиоративных и конструктивно-мелиоративных приемов управ-

ления криогенной средой для обеспечения эффективной эксплуатации природно-технической системы АЯМ организовать третий уровень мониторинга.

Таким образом, приведенные примеры показывают, что карты инженерно-геологического районирования территорий хозяйственного освоения криолитозоны должны быть комплексными, а их типы учитывать:

1) стадию проектирования;

2) сложность природных условий осваиваемых территорий;

3) типы инженерных сооружений;

4) тепловое и механическое взаимодействие инженерных сооружений и массивов грунтов криолитозоны.

Литература

1. *Гурьянов И.Е.* Опережающее инженерно-геологическое районирование северной зоны строительства АЯМ // Наука и образование. – 2010. – № 4(60). – С. 54-57.

2. *Варламов С.П.* Теория и практика оценки состояния криосферы Земли и прогноз ее изменения: Материалы межд. конференции. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2006. – Т.2. – С.212-214

3. *Кондратьев В.Г., Позин В.А.* Концепция системы инженерно-геокриологического мониторинга строящегося железнодорожного пути Беркакит-Томмот-Якутск. – Чита: Издательско-полиграфический комплекс «Забтранс», 2000 – 84 с.

4. *Шестернев Д.М.* Основные принципы организации геокриологического мониторинга линейных сооружений (На примере ж. д. «Беркакит-Томмот-Якутск») / Сб. трудов IX Межд. симп. по проблемам инженерного мерзлотоведения, г. Мирный (3-7 сентября 2011г.). – Изд-во ИМЗ СО РАН, 2011. - С. 253-262

Секция 5
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КРИОЛИТОЗОНЫ

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ КРИОЛИТОЗОНЫ В ЗАБАЙКАЛЬЕ

А.Г. Верхотуров, Г.Г. Верхотуров
Забайкальский государственный университет, weral0606@yandex.ru

FEATURES GEOECOLOGICAL MAPPING CRYOLITHOZONE IN TRANSBAIKALIA

A.G. Verkhoturov, G.G. Verkhoturov
Zabaikalsky State University, weral0606@yandex.ru

Геолого-экологические исследования, под которыми, в соответствии с «Требованиями…»[1], понимаются геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, геохимические радиогеохимические, геодинамические работы, направленные на решение экологических задач, в Забайкалье выполнены ограничено на территориях, где геологическая среда подвергалась наибольшим изменениям в результате добычи и переработки полезных ископаемых (г. Краснокаменск, г. Балей, рудники Вершина Дарасуна, Акатуй, Благодатский и др). Этими работами в разные годы занимались специалисты предприятий, ГУП «Забайкалгеомониторинг», ОАО «ЗабайкалТИСИЗ»; ученые МГУ, ИПРЭК СО РАН, Забайкальского государственного университета и др. Выбор комплекса исследований определялся изученностью района, наличием кондиционных гидрогеологических, инженерно-геологических карт и конкретной геолого-экологической обстановкой территории.

В результате геоэкологического картографирования на картах отображена следующая информация: характеристика природных и техногенных ландшафтов; концентрация тяжелых металлов, радионуклидов, органических соединений, пестицидов и других веществ; участки с превышением фоновых концентраций лимитирующих веществ по ПДК; участки с различной защищенностью подземных вод, техногенные изменения гидрогеологических условий; участки техногенных изменений горных пород и распространения техногенных грунтов, участки с ЭГП, участки техногенных изменений многолетнемерзлых пород и геокриологических процессов. Кроме этого, уделялось внимание и другим компонентам, способным отрицательно воздействовать на экосистему и среду обитания человека.

Несмотря на то, что для районов криолитозоны обязательно должны составляться геокриолого-экологические карты, для территории Забайкалья таких карт крупных и средних масштабов практически нет, а геокриологическая информация представлена на других специальных картах и в разделах, посвященных геокриологическим условиям и ландшафтному районированию. Это объясняется тем, что в криолитозоне для составления кондиционной геокриолого-экологической карты исследования должны осуществляться на опорных участках, выбираемых с учетом сложности геокриологических условий, видов и степени техногенной нарушенности территорий. Глубины картировочных скважин не могут быть ограничены только максимальной мощностью сезонно-талого слоя, часть их должна достигать глубины нулевых годовых амплитуд и быть оборудована для температурных наблюдений. Бурение и режимные наблюдения на опорных участках, в том числе и за криогенными процессами, являются наиболее затратными составляющими частями геоэкологического картографирования в криолитозоне и поэтому выполняются в ограниченном объ-

еме. Затраты на бурение могут быть снижены за счет использования современных геофизических методов, которые в большинстве случаев позволяют получить информацию о глубинах залегания многолетнемерзлых пород и их мощностях. Но в южной криолитозоне из-за высоких температур часто возникают трудности с интерпретацией получаемых материалов.

Особенности географического положения Забайкалья, которое находится в южной криолитозоне, и расчлененный рельеф предопределили геокриологические условия территории. Многолетнемерзлые породы имеют сплошное распространение – в северных, прерывистое – в центральных и островное – в южных районах Забайкалья. Относительно небольшие мощности мерзлых пород в последних приводят к тому, что при повышении среднегодовых температур воздуха в короткие временные интервалы могут формироваться несливающиеся мерзлые толщи или происходит их полная деградация. И, наоборот, при понижении среднегодовых температур происходит аградация мерзлых пород, восстановление мерзлых водоупоров и консервация экологически неблагоприятных веществ в хвостохранилищах, отвалах и др. Активное хозяйственное освоение осуществляется на большей части рассматриваемой территории и может быть разделено на следующие типы: горнопромышленный, энергетический, промышленный, лесохозяйственный, сельскохозяйственный, селитебный, водохозяйственный и транспортный. Ландшафты речных долин, межгорных впадин, предгорий наиболее подвержены разнообразному антропогенному воздействию, которое в большинстве случаев приводит к повышению температур горных пород. В приводораздельных и склоновых частях горных хребтов ландшафтные комплексы испытывают меньшее антропогенное воздействие.

В Забайкалье среднегодовые температуры воздуха уже почти на протяжении 50 лет имеют тенденцию к росту [4]. Среднегодовое количество осадков за многолетний период колеблется в пределах 300-600 мм, отмечаются короткие периоды повышенного увлажнения и, наоборот, относительно засушливые годы. В северном Забайкалье температуры ММП на глубине нулевых годовых амплитуд в пределах впадин составляют минус 2-4,5° С и более низкие - в пределах хребтов. Поэтому существенного воздействия на ландшафты потепление климата не оказывает. Среднегодовая температура пород на глубине нулевых годовых амплитуд повысилась не более чем на 0,9 ^{o}С [2]. В результате повышения среднегодовой температуры воздуха, увеличивается среднегодовая температура пород в слое сезонного оттаивания, благодаря чему становятся более благоприятными условия для роста растений, происходит интенсификация сукцессий растительности на гарях, вырубках.

В центральном и южном Забайкалье ранее установленные мощности мерзлых толщ составляли первые десятки метров, например в Черновском районе они достигали 90 м. Температура многолетнемерзлых пород была достаточно высокой: от минус 0,1-0,2° С до минус 1,0-1,5° С. В результате повышения среднегодовых температур воздуха из-за техногенеза произошла деградация многолетней мерзлоты. Например, на Черновском угольном месторождении, на территории г. Читы зафиксированы многочисленные случаи полной деградации мерзлых пород. На незастроенных территориях с ненарушенным растительным и почвенным покровом многолетнемерзлые породы сохранились достаточно хорошо, но произошло понижение их кровли и формирование несливающихся мерзлых пород. Опускание кровли многолетнемерзлых пород вызывает понижение уровней надмерзлотных вод, а в случае полной деградаций ММП, - формируются грунтовые воды, имеющие, как правило, более низкие абсолютные отметки уровней, чем надмерзлотные воды. В конечном итоге нарушается сложившийся гидрогеологический режим, осушается корневая система растений и изменяется экологическое состояние территорий. Интенсивность процесса преобразований зависит от скорости деградации многолетнемерзлых толщ, которая определяется климатическими условиями, рельефом, литологическим составом пород.

Потепление климата, изменяя гидрогеологические и мерзлотные условия, приводит к преобразованию ландшафтов в центральном и горных районах южного Забайкалья. Это ярко проявилось засушливые годы (2007-2009 гг.), когда дефицит влаги, особенно, в приповерхностной части склонов стал наиболее ощутимым. Высыхание деревьев на склонах и пределах лесополос, явилось следствием этого процесса. Растительные сукцессии приобретают обратную направленность: происходит остепнение ландшафтов и изменяются условия функционирования наземных экоси-

стем. Опускание кровли многолетнемерзлых пород в юго-восточном Забайкалье, в результате деградации мерзлых пород, составило 2-6 м [3].

В южных районах Забайкалья, где многолетнемерзлые породы имеют островное распространение, изредка встречаясь на заболоченных участках, сложенных глинистыми породами, литологические водоупоры совпадают с криогенными, поэтому даже полная деградация ММП здесь не приводит к коренной трансформации ландшафтов.

Изменение мерзлотно-гидрогеологических условий, связанное с глобальным потеплением, приводит к постепенному уменьшению или к полному исчезновению наледного регулирования поверхностного стока. С исчезновением криогенных водоупоров и переходом надмерзлотных вод в грунтовые более быстрое снижение уровней подземных вод происходит в местах, где грунты имеют хорошую проницаемость. Другой причиной резкого падения уровней грунтовых вод на участках падей и речных долин является низкая влагообеспеченность в последнее десятилетие. Совокупное влияние этих причин приводит к существенным изменениям в ландшафтах, проблемам с водоснабжением в этих районах.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Мерзлое состояние горных пород в большинстве случаев негативно влияет на наземные экосистемы.

2. При геолого-экологическом картографировании в южной криолитозоне возникают определенные сложности в использовании ландшафтно-индикационного метода для оценки площадей распространения мерзлых пород, выявления участков развития криогенных процессов, особенно наледей и бугров пучения.

3. Деградация многолетнемерзлых пород может играть как положительную роль, так и отрицательную роль. Повышение среднегодовых температур в сезонно-талом или сезонно-мерзлом слое приводит к повышению продуктивности земель, интенсификации растительных сукцессий. Следствием отрицательного воздействия является понижение уровней первого от поверхности водоносного горизонта и процессы термокарста, связанные с оттаиванием высокольдистых толщ в основаниях инженерных сооружений.

4. В районах месторождений, эксплуатация которых прекращена, деградация мерзлых толщ может привести к загрязнению подземных и поверхностных вод высокотоксичными элементами As, Cd, Pb и др., которые ранее были законсервированы в мерзлом состоянии в хвостохранилищах. Новообразованные ореолы загрязнения наблюдаются в настоящее время в районах бывших рудников Акатуй, Благодатский, Вершина Шахтамы и др.

5. В фондовых и опубликованных материалах по геологии, гидрогеологии, инженерной геологии, геокриологии, а также нормативных документах, касающихся Забайкалья, приводятся сведения, полученные, в основном, в XX в., когда среднегодовые температуры воздуха характеризовались более низкими значениями. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические условия существенно изменились. Поэтому предлагаемые мероприятия по предупреждению деградации криолитозоны (каменные наброски, проветриваемые подполья и др.) оказываются, как правило, неэффективными, что негативно сказывается на устойчивости зданий и сооружений.

Высокая динамичность мерзлых толщ в центральном и южном Забайкалье при понижении среднегодовых температур воздуха и аградации ММП будет способствовать быстрому восстановлению криогенных водоупоров, которые существенно и достаточно быстро могут изменить геокриоэкологическую обстановку. Так, по данным мерзлотной станции в г. Сковородино, положение нулевой термоизоплеты изменилось по глубине от 2,8 м (1933 г.) до 1,6 м (1974 г.), что привело к росту шлиров льда на подошве сезонноталого слоя, пучению грунтов, развитию морозобойного растрескивания грунтов.

Таким образом, при геоэкологическом картографировании криолитозоны Забайкалья необходим учет динамики гидрогеологических и мерзлотных условий, а для нормального функционирования наземных экосистем в Забайкалье требуется постоянный мониторинг геологической среды, позволяющий принимать своевременные управляющие решения, обеспечивающие экологическую безопасность.

Литература

1. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:200 000 – 1:100 000. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1990.-86 с.

2. *Сергеев Д.О., Ухова Ю.А., Станиловская Ю.В., Романовский В.Е.* Температурный режим многолетнемерзлых толщ и сезонноталого слоя в горах Северного Забайкалья (возобновление стационарных наблюдений) // Криосфера Земли, 2007. т. XI, № 2, С. 19-26.

3. *Шестернев Д.М.* Особенности геокриологических условий трассы строящейся новой линии железной дороги Нарын-Лугокан в Забайкальском геокриологическом регионе / Д.М. Шестернев. – Материалы международной конференции: Криогенные ресурсы полярных и горных районов. – Тюмень. – С.46-49.

4. *Шполянская Н.А.* Глобальные изменения климата и эволюция криолитозоны / Н.А. Шполянская. – М.: Географический факультет МГУ, 2008. – 132 с.

ВЛИЯНИЕ ПАЛЕОКРИОГЕНЕЗА НА СОВРЕМЕННЫЙ ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ЦЕНТРА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ

Л.А. Гугалинская, В.М. Алифанов

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,

gugali@rambler.ru, alifanov_v@mail.ru

PALEOCRYOGENESIS EFFECT ON THE MODERN SOIL COVER IN THE CENTER OF THE EAST EUROPEAN PLAIN

L.A. Gugalinskaya, V.M. Alifanov

Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science RAS,

gugali@rambler.ru, alifanov_v@mail.ru

Изучение палеокриогенных явлений выросло в самостоятельное направление четвертичной геологии - перигляциальную морфологию. В процессе палеокриологических исследований были разработаны методы анализа криогенных явлений и механизмов их образования в различных фациальных, климатических или геоморфологических обстановках. Появилась возможность использовать результаты и методы перигляциальной морфологии не только для целей четвертичной стратиграфии, палеогеографии, но и, как выяснилось, для почвоведения. Совместное использование методов почвоведения и перигляциальной морфологии позволило выявить в поздневалдайских покровных лессовидных суглинках слабовыраженные погребенные палеокриоморфные элементарные почвенные образования (ЭПО), имеющие индивидуальные признаки, по которым можно восстанавливать условия их формирования [2, 3,]. Кроме того, эти ЭПО составляют определенную педолитологическую и хронологическую непрерывную последовательность (рис. 1). Наличие ЭПО свидетельствует, что в границах поздневалдайской холодной (ледниковой) биосферы существовали биосферы более холодные и менее холодные (фазиальные и межфазиальные), и в менее холодных биосферах также формировался собственный почвенный покров. Таким образом, учитывая известную кратковременность фаз неустойчивости в истории ландшафта, можно считать, что в поздневалдайское время процесс инициального почвообразования был практически перманентным. Педолитологическая схема строения поздневалдайских покровных лессовидных суглинков, являющихся почвообразующими породами для голоценовых почв, показывает, что голоценовое почвообразование наложилось на уже стратифицированную и педогенно трансформированную суглинистую толщу (педоциклит или педолитоциклит). Эта особенность почвообразующих пород во многом определила строение голоценовых почвенных профилей в центре Восточно-Европейской равнины.

К числу наиболее характерных палеокриогенных образований, достаточно давно обсуждающихся в литературе и оказавших наибольшее влияние на голоценовое почвообразование, относят ископаемые крупные клиновидные грунтовые структуры (ККГС). Эти структуры, известные под разными названиями ("ледяные клинья", "клиновидные псевдоморфозы", "карманы", "земляные клинья" или "жилы" и др.), являются результатом действия процессов активного криодиагенеза. У геокриологов и криолитологов сформировались обоснованные положения об условиях формирования и развития ископаемых криогенных ККГС. И хотя критерии для выделения изначально-грунтовых жил, ледогрунтовых жил или псевдоморфоз по ледяным жилам до сих пор не считаются окончательно установленными, общепризнанным считается, что двухъярусное строение большей части ККГС свидетельствует о формировании их верхней расширенной части в пределах деятельного слоя, а нижней (суженной, отчетливо клиновидной части) – в толще многолетней мерзлоты. В рассматриваемых поздневалдайских покровных лессовидных суглинках палеокриогенные ККГС распространены достаточно широко, часто имеют двухъярусное строение, что свидетельствует о развитии здесь процессов сезонного промерзания-оттаивания, глубине их распространения и былом существовании многолетней мерзлоты. Иногда ККГС бывают выполнены гумусированным материалом погребенной почвы, определив радиоуглеродный возраст которой, можно судить о времени формирования самих ККГС. Так, например, на юге Московской области в ареале голоценовых серых лесных почв глубина залегания многолетней мерзлоты во время формирования ККГС составляла около 1 м, а закончили ККГС своё существование на дневной поверхности около 15 тыс. л. н. (рис. 2)

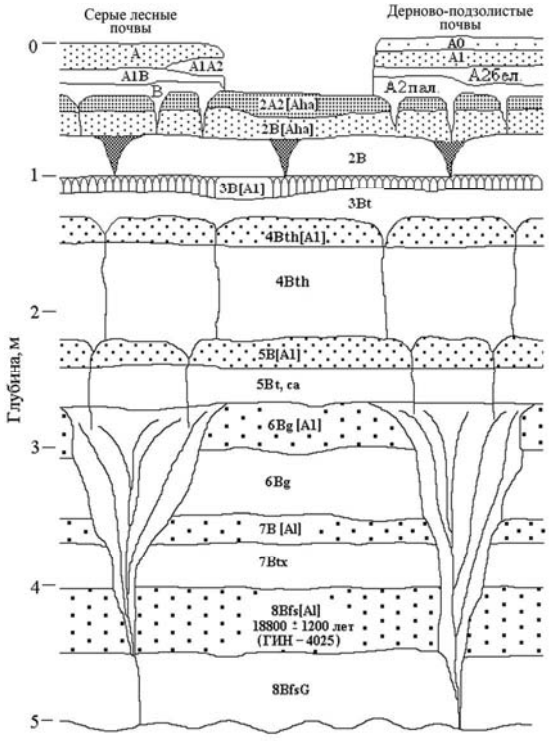


Рис. 1. Педолитологическая схема строения поздневалдайских покровных лессовидных суглинков, состоящих из элементарных почвенных образований, нижнее из которых (пущинская погребенная почва) имеет радиоуглеродный возраст 18800±1200 лет

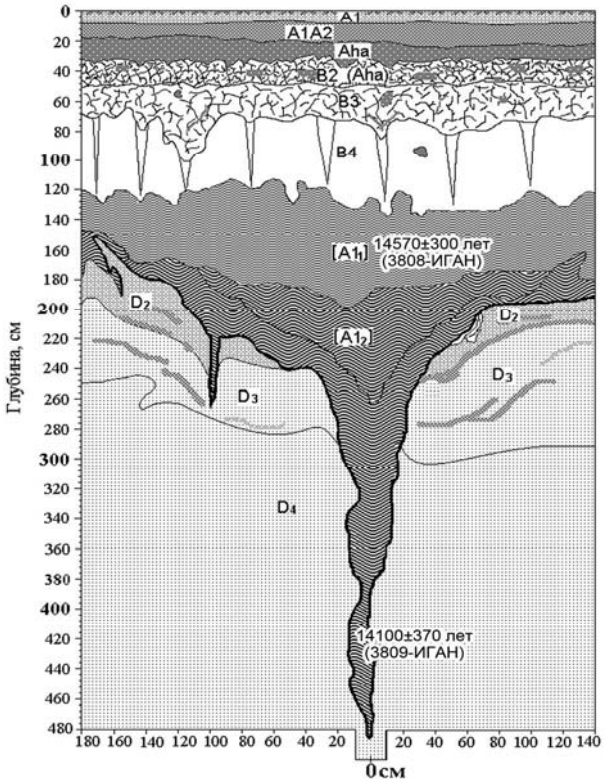


Рис. 2. Крупная криогенная грунтовая структура в серой лесной почве. Юг Московской области

ККГС позволяют уточнять создаваемые стратиграфические схемы строения педоциклитов и педолитоциклитов. Подобные ККГС существуют во вмещающих породах не в хаотичном состоянии, а образуют так называемую полигональную сеть (или решетку) с определенным интерва-

лом в пределах 15-30 м. Время формирования рассматриваемого криогенного микрорельефа палеогеографы относят на конец последнего (валдайского) оледенения - ярославский криогенный этап (17-15 тыс. лет назад). Последующее осадконакопление перевело такие формы микрорельефа в погребенное состояние. Большие размеры палеокриогенных трещин и сформированных по ним ККГС обеспечивали засыпание в трещины значительного количества перекрывавшего их суглинка, в результате чего над ККГС формировались межблочные понижения, которые проецировались на все последующие дневные поверхности вплоть до современной. Таким образом, упорядоченная система (решетка) погребенных полигональных трещин воссоздается по форме как полигонально-блочный микрорельеф и на современной дневной поверхности. Этот современный микрорельеф представляет собой чередование повышений-блоков округлой и овально-вытянутой формы и разделяющих их (или оконтуривающих) межблочных понижений, которые в местах сочленения нескольких понижений могут создавать палеокриогенные западины.

Специальное изучение ККГС в почвах и почвенном покрове показало, что ККГС оказывают на формирование голоценового почвенного покрова существенное влияние: на блоках и в межблочьях формируются почвы разных подтипов и даже типов. Например, в ареале дерново-подзолистых почв дифференциация почвенного покрова произошла на типовом уровне: на блоках сформировались дерново-неглубокоподзолистые палеокарбонатные почвы; в межблочьях – болотные торфяно-глеевые почвы (рис. 3). В ареале черноземов дифференциация голоценового почвенного покрова произошла на подтиповом уровне: на блоках сформировались черноземы обыкновенные, в межблочьях – черноземы типичные.

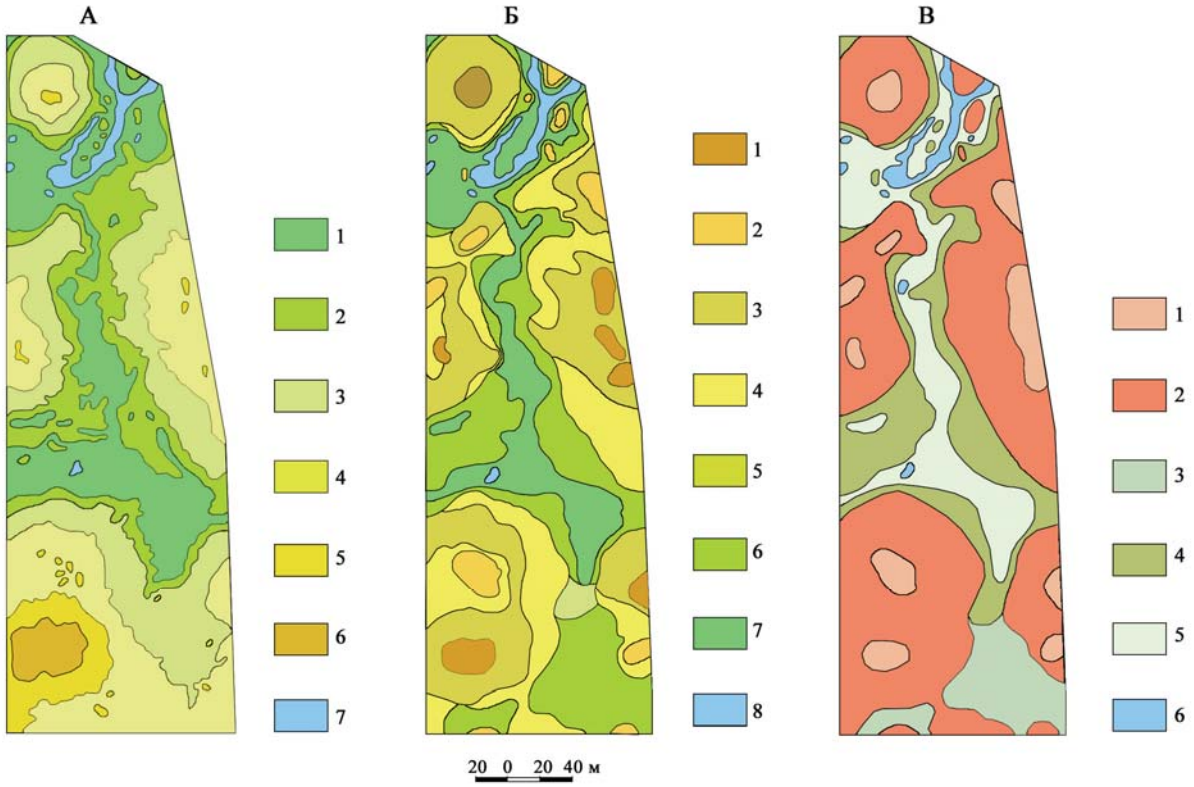


Рис. 3. Связь строения почвенного покрова в подзоне южной тайги Восточно-Европейской равнины с палеокриогенным микрорельефом.

А – Гипсометрическая карта. Условные обозначения (шкала относительных превышений, см): 1 – 0-30; 2 – 30-50; 3 – 50-100; 4 – 100-150; 5 – 150-200; 6 – 200-250; 7 – вода на поверхности;

Б – Карта элементов рельефа. Условные обозначения: 1 – вершины блоков I порядка; 2 – вершины блоков II порядка; 3 – склоны блоков крутые; 4 – склоны блоков пологие; 5 – склоны межблочий крутые; 6 – межблочные понижения; 7 – межблочья-западины; 8 – вода;

В – Почвенная карта. Условные обозначения: 1 – дерново-неглубокоподзолистые палеокарбонатные почвы; 2 – дерново-мелкоподзолистые палеокарбонатные почвы; 3 – болотно-подзолистые почвы; 4 – дерново-глеевые почвы; 5 – болотные торфяно-глеевые почвы; 6 – вода

Проведенные исследования показали, что профили голоценовых почв являются хранителями палеогеографической информации о динамике и эволюции ландшафтов не только с начала голоцена, но с начала накопления почвообразующих пород этих почв. Повышенная детальность реконструкций позволяет выявлять наиболее короткопериодные (околотысячелетние) достаточно отчетливые ландшафтно-климатические изменения, существенно уточняет климатостратиграфическую модель палеогеографического развития центра Восточно-Европейской равнины.

Исследования выполнены при финансовой поддержке грантам РФФИ, проекты № 11-04-00354-а, 11-04-01083-а.

Литература

1. *Алифанов В.М.* Палеокриогенез и современное почвообразование. Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1995.320 с.

2. *Гугалинская Л.А., Алифанов В.М.* Позднеплейстоценовый морфолитогенез голоценовых почв центра Восточно-Европейской равнины // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. № 66. – М.: ГЕОС, 2005. С. 33-41.

3. *Гугалинская Л.А., Алифанов В.М.* Гипотетический литогенный профиль суглинистых почв центра Русской равнины // Почвоведение. №1. 2000. С. 102-113.

К МЕТОДИКЕ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГНОЗНЫХ КАРТ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА КРУПНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР С УЧЕТОМ ЧАСТИЧНОЙ ИЛИ ПОЛНОЙ ДЕГРАДАЦИИ МЕРЗЛОТЫ

В.И. Джурик, С.П. Серебренников, Ц. Батсайхан, А.Ю. Ескин, Е.В. Брыжак
Институт земной коры СО РАН, dzhurik@crust.irk.ru

TO THE TECHNIQUE FOR SEISMIC RISK FORCAST MAPPING OF LARGE GEOLOGICAL STRUCTURES WITH REGARD TO PARTIAL OR COMPLETE PERMAFROST DEGRADATION

V.I. Dzhurik, S.P. Serebrennikov, Ts. Batsaihan, A.Y. Eskin, E.V. Bryzhak
Institute of the Earth's Crust SB RAS, dzhurik@crust.irk.ru

Под изменением сейсмического риска осваиваемых территорий криолитозонаы понимается изменение во времени и пространстве строения и сейсмических параметров пород (пиковых или максимальных ускорений, преобладающих периодов и др.), которые меняются в соответствии с изменением физических, упругих и прочностных свойств мерзлоты при нарушении их температурного режима. Направленность этих изменений приводит к увеличению сейсмической опасности грунтов в основаниях сооружений и далее к катастрофическим последствиям при реализации сильных прогнозных землетрясений.

В связи со сказанным концепция прогноза сейсмического состояния территорий криолитозоны, подверженных влиянию антропогенной деятельности, приобретает все большее значение и, в первую очередь, в пределах влияния активных сейсмических зон. Задача прогноза степени изменения сейсмического риска должна решаться путем изучения сейсмичности территорий, моделирования, экспериментальных измерений и путем теоретических расчетов.

Ранее нами были проведены исследования динамики сейсмического риска на примере крупной геологической структуры Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) [3, 4], которые выявили необходимость разработки новых и усовершенствования существующих подходов для прогноза изменения сейсмической опасности территорий промышленного и гражданского строительства. В развитие исследований в этом направлении в докладе на основе использования результатов режимных измерений сейсмических параметров мерзлых грунтов, выполненных на участках с раз-

личной степенью техногенного воздействия в различных климатических зонах Восточной Сибири и Якутии, получены критерии для их использования при реализации прогноза максимальных сейсмических воздействий для территории Чарской впадины.

Чарская впадина представляет собой хорошо развитую тектоническую депрессию на восточном фланге БРЗ. Она вытянута с юго-запада на северо-восток на 120 км, имеет ширину 20-35 км. Северо-западный борт ее образован крутыми склонами хр. Кодар, с юго-востока она ограничена хр. Удокан, склоны которого плавно спускаются к днищу впадины. В физико-географическом отношении Чарская впадина характеризуется суровыми климатическими условиями, она относится к районам сплошного распространения вечномерзлых грунтов [1]. Мощность мерзлой толщи по геотермическим расчетам во впадине превышает 100 и более метров при температуре от -1,5 до – 6 ^{0}С. Мощность пластов инъекционного льда иногда достигает 10-15 м. Сквозные талики характерны для тектонических зон и встречаются под крупными озерами (Большое и Малое Леприндо), под руслами крупных рек (р. Чара) и некоторыми участками песчаных массивов (Ур. Пески). В горных сооружениях, обрамляющих впадину, мощность мерзлых пород может достигать 1000 и более метров (хр. Удокан и хр. Кадар на высоте 2000-2600 м), а их температура ниже -6^{0}С [8]. Сейсмичность Чарской впадины оценивается в 9, 9 и 10 баллов согласно ОСР-97 [6], а пределы, в которых могут меняться параметры сильных землетрясений из зон ВОЗ следующие: эпицентральное расстояние 0-100 км, магнитуда 6,5-7,8, глубина очага 10-20 км.

Чарская впадина, как и Байкальская, характеризуется межвпадинными перемычками с меньшими высотами, чем окружающие их поднятия. Она соединяется с Муйской (запад) и Токкинской (восток) впадинами, образуя протяженные ветвящиеся рифтовые долины. Мощность кайнозойских отложений в ней достигает 2300-2800 м, а абсолютные отметки поверхности фундамента опускаются до 1500-2500 м [7]. Под Чарской впадиной построены две преломляющие границы с $V_{гр}$=5,4 и $V_{гр}$=5,8 км/с. Первая граница является поверхностью фундамента впадины. Ее положение и структурные особенности согласуются с построениями по гравиметрическим данным [5]. Вторая граница расположена на глубине 2-3 км и по своей конфигурации подобна поверхности фундамента. Ниже на глубинах 4-5 и 8-10 км идут изолинии скоростей 6,0 и 6,2 км/с [7]. В средней части земной коры установлен слой с пониженной до 6,0 км/с скоростью, ограниченной сверху и снизу изолиниями скоростей 6,3 и 6,4 км/с. Понижение скорости составляет 0,3-0,4 км/с. Верхняя и нижняя границы волноводного слоя расположены на глубинах 12 и 18 км. На этих же глубинах выделены отражающие границы со средними скоростями 5,9 и 6.0 км/с

Освоение территории впадины (БАМ, станционные поселки, подъездные пути к месторождениям, строительство ГОКов), приводит к существенному изменению природной среды [2], поэтому решение вопросов прогноза сейсмических воздействий при деградации мерзлоты должно быть связано с прогнозом изменения мерзлотно-инженерно-геологических и гидрогеологических условий строительства планируемых объектов.

Для решения этой задачи и исключения влияния неоднородностей при расчетах относительных сейсмических параметров грунтов необходимо построение сейсмических моделей трех уровней. Для первых двух (стадии ОСР и ДСР) это построение моделей до глубин в десятки километров (ОСР), в основном это данные (ГСЗ) для конкретных районов, различающихся по сейсмическим и геологическим условиям, начиная с поверхности фундамента. На стадии ДСР могут использоваться имеющиеся сведения по среднеглубинной геофизике, для моделей характеризующих зону выветривания и трещиноватые коренные породы (ДСР). Третий уровень моделей соответствовал самой верхней части разреза, включающей слои рыхлых отложений, разрушенных полускальных и скальных пород, с учетом влияния гидрогеологических и мерзлотных условий территорий, а также ожидаемых техногенных изменений грунтов (СМР). Для построения обобщенных моделей этого уровня необходим большой объем измерений петрофизических характеристик грунтов на исследуемой территории с помощью малоглубинной геофизики. Далее обосновываются аналоговые или синтетические исходные сигналы и проводятся теоретические расчеты.

Выявление степени влияния слоев горных пород различного состояния на исходные сейсмические колебания проведены через расчет спектральных характеристик, акселерограмм и спектров ускорений, которые используются для определения основных параметров сейсмических воз-

действий – преобладающих периодов, длительности колебаний и максимальных ускорений. В итоге проведено районирование этих параметров по площади и построены карты-схемы сейсмического риска Чарской впадины для естественного и прогнозируемого состояния мерзлоты.

Литература

1. Геокриологические условия Забайкалья и Прибайкалья. М.: Наука, 1967. 222 с.
2. Геология и сейсмичность зоны БАМ. Инженерная геология и инженерная сейсмология. Новосибирск: наука, 1985. 190 с.
3. *Джурик В.И.* Метод прогноза упругих параметров мерзлых грунтов при их оттаивании // Инженерная геология и инженерная сейсмология зоны БАМ. Новосибирск: Наука, 1985, с. 72-92.
4. *Джурик В.И., Серебренников С.П., Дреннов А.Ф.* Динамика сейсмического риска при температурных изменениях в криолитозоне. Криосфера Земли. №4. Т.N9. 2003. с. 37-40.
5. *Зорин Ю.А.* Новейшая структура и изостазия Байкальской зоны и сопредельных территорий. М.: Наука, 1971., 167с.
6. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97. М.: 1999. 57 с.
7. Недра Байкала по сейсмическим данным. Новосибирск: Наука, 1981. 195 с.
8. *Павлов О.В., Зарубин Н.Е., Павленов В.А., Джурик В.И.* Инженерно-сейсмологические условия впадин Восточной части Байкальской рифтовой зоны // Сейсмические исследования в Восточной Сибири. М.: Наука, 1981, с. 110-139.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОСТАВЛЕНИЯ ОЦЕНОЧНЫХ МЕРЗЛОТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ НА ЛАНДШАФТНОЙ ОСНОВЕ

Л.И. Зотова

МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, zotlar@mail.ru

METHODICAL ASPECTS OF ENVIRONMENTAL PERMAFROST MAPPING BASED ON THE LANDSCAPES

L.I. Zotova

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, zotlar@mail.ru

При экологическом картографировании криолитозоны необходимость использования ландшафтно-географической основы очевидна. Каждый контур ландшафтной карты обеспечен характеристикой геологического строения, рельефа, местоположений, дренированности, наличия и состояния многолетнемерзлых пород, уровня грунтовых вод, почв, растительности и животного мира. За последние два десятилетия на кафедре криолитологии и гляциологии географического факультета МГУ разработан ряд апробированных методических принципов составления оценочных карт разных масштабов мерзлотно-экологического и ресурсного профиля на территории Западной Сибири, Европейского Севера, Центральную и Южную Якутию с привлечением методов ландшафтной индикации, современных методов дешифрирования космоснимков высокого разрешения, методов экспертных оценок, расчетно-статистического метода, а также методов пространственного ГИС-анализа. Это:

- карты потенциальной устойчивости ландшафтов к механическим нарушениям;
- карты мерзлотно-биотического состояния;
- карты геоэкологических ситуаций;
- природно-ресурсные карты;
- карты природоохранного районирования.

Как известно, экологическая составляющая большинства геокриологических исследований заключается в оценке проявления экзогенных геологических процессов, что целесообразно рассматривать с позиций ландшафтного подхода, в основе которого лежит понятие об устойчивости ландшафтов к нарушениям.

Первый тип карт отражает основу основ геоэкологии - потенциальную устойчивость ландшафтов криолитозоны к антропогенным нагрузкам (способность противостоять техногенной активизации криогенных процессов наряду с изменениями природных комплексов, которые могли бы привести к необратимому ухудшению экологической обстановки и недопустимым деформациям инженерных сооружений). Методический подход к оценке так называемой инженерно-мерзлотной устойчивости основан на анализе влияния ведущих природных факторов на устойчивость ландшафта под действием нагрузок (т.е. с точки зрения влияния на процесс оттаивания-промерзания) и, как следствие, на активизацию криогенных процессов [2]. Картографирование ландшафтов по типам мерзлотной устойчивости позволяет делать выводы о степени подверженности опасным криогенным процессам изучаемых территорий.

Ключевой момент оценки – выбор ведущих критериев (факторов). Так, для составления "*Карты устойчивости ландшафтов криолитозоны Западной Сибири"* масштаба 1: 4 000 000 были отобраны следующие факторы: расчлененность рельефа; состав пород; температура грунтов; льдистость (влажность) пород; степень восстанавливаемости растительности ; изменение глубин сезонного промерзания-протаивания. Всем ландшафтам присваивался соответствующий экспертный балл по каждому из них. Баллы – это сравнительно-качественная оценка, которая дает возможность численного сопоставления и качественных и количественных характеристик. Формально, уже на этом этапе (используя равномерные порядковые шкалы) можно сопоставлять и ранжировать покомпонентные баллы, выявляя наиболее и наименее устойчивые ландшафты. Однако для получения более корректной оценки ряд ученых предлагают определять размерность баллов, используя так называемые «центы качества» с построением интервальной шкалы[3]. Было апробировано два приема – суммирование баллов и выведение коэффициента опасности – *Ко* (среднее геометрическое значение в центах). В итоге на мелкомасштабной карте отображены четыре группы ландшафтов: от относительно устойчивых до неустойчивых. Каждой группе соответствует свой спектр природоохранных мероприятий и ограничений хозяйственного использования.

Особую нишу в эколого-геокриологическом картографировании занимают "*Карты мерзлотно - биотического состояния"* (комплексной экологической опасности хозяйственного освоения). В ходе принятия обоснованных решений по хозяйственному освоению северных территорий следует учитывать не только литокриогенную устойчивость ландшафтов к проявлению нежелательных экзогенных (в первую очередь криогенных) процессов, но и их биоресурсный потенциал наряду с природоохранной значимостью. В последнее время особую актуальность приобретает подобный системный подход к оценке и картографированию мерзлотно-биотического состояния ландшафтов. На таких картах выделяются ареалы различной степени опасности как для инженерных сооружений так и для биоты. Это позволяет осуществить комплексный подход к решению вопросов о надежности работы инженерных сооружений в области вечной мерзлоты при максимальном сохранении природной среды.

При оценке мерзлотно-экологического состояния ландшафтов выбираются отраслевые критерии, которые типизируются по трем-четырем градациям риска освоения, и далее различными способами сопоставляются. Простое суммирование баллов в этом случае исключено, так как в итоговом балле опасности закодирована реакция ландшафта на активизацию опасных процессов с учетом их природной ценности. То есть используются факторы разнонаправленного действия. Для выявления связи факторов (критериев) между собой применяют различные математические методы: корреляционный, регрессионный, кластерного анализа и др. Число и спектр этих показателей различны в зависимости от региональной специфики и масштаба исследований. Так, при оценке литокриогенного состояния для инженерных целей выбирается ряд критериев, влияющих напрямую на потенциальную активизацию нежелательных криогенных процессов, связанных с фазовыми переходами воды. Это льдистость и температура мерзлых пород, глубина сезонного протаивания или промерзания, рельеф, теплоизоляционные свойства растительности и скорость ее само-

восстановления. Для оценки эколого-биотического состояния природных комплексов выбираются показатели самовосстанавливаемости растительного покрова, хозяйственной ценности (в первую очередь, оленеемкость пастбищных угодий) и природоохранной значимости.

Таким образом, мы отбираем достаточно много факторов мерзлотно-экологического состояния с различными единицами измерения. Используя ландшафтную основу и базу данных с конкретными значениями, их можно отобразить в виде отдельных тематических слоев (льдистости, температуры грунтов и т.д.) и далее использовать «оверлей» (наложение), Это достаточно трудоемко и не всегда оправдано. Для облегчения картографирования целесообразно проводить экспресс-оценку столь разнородных показателей с выведением интегральных индексов, как то: коэффициент мерзлотной устойчивости – *КМУ*, экологической опасности – *КЭО*, коэффициент опасности – *Ко* и пр. Процедура оценки с помощью этих индексов следующая:

– отбор факторов экологической опасности, которые определяют активизацию криогенных процессов и ресурсный потенциал территории;

– составление таблицы шкалы градаций балльных интервалов;

– присвоение каждому ландшафту балльной оценки в соответствии с таблицей;

– ранжирование всех ландшафтов по уязвимости к освоению с учетом градаций расчетных индексов;

– оценочное картографирование.

В случае использования статистической программы расчета интегральных индексов выводятся уравнения множественной регрессии для расчета «суммарного балла опасности» (например, *КЭО*) по каждому ландшафту. Так, чем больше его значение, тем больше риск освоения. В соответствии со значениями интегрального индекса проводится систематизация всех природных комплексов по степени уязвимости к освоению и составляются карты мерзлотно-экологической опасности в масштабах 1:25 000 – 1:200 000.

Способы выведения интегральной оценки устойчивости зависят от таксономического ранга геосистем. Практика показала, что для целей сравнительного анализа устойчивости геосистем региональной размерности допустимо применять качественную оценку и даже оперировать простым сложением покомпонентных баллов. В крупномасштабных исследованиях целесообразно использовать многофакторный корреляционный анализ оценочных критериев, который, во-первых, позволяет оценивать значимость того или иного фактора и, во-вторых, приближает качественную оценку к количественной. Во всех случаях традиционно используют экспертные баллы, которые либо просто складывают, либо выводят среднее арифметическое (реже – среднее геометрическое), либо используют расчетно-статистические методы. Достоинство баллов – возможность численного сопоставления количественных и качественных характеристик. Недостаток – субъективизм при выборе показателей и при построении шкалы ранжирования, а также отсутствие у баллов некой размерности (что, впрочем, легко решается, если назначать баллы на фоне единой интервальной 100 центовой шкалы) [3].

Третий тип оценочных карт - *"Карты геоэкологических ситуаций",* для составления которых "Карта мерзлотно-биотического состояния" сопоставляется с "Картой антропогенной нагрузки" путем наложения соответствующих тематических слоев. Для криолитозоны наиболее существенны механические нарушения, возникающие в ходе возведения и эксплуатации инженерных сооружений и добычи полезных ископаемых – прокладка линейных коммуникаций, сооружение кустовых площадок, бурение скважин, разработка карьеров и т.д. К механическому виду нарушений следует отнести и столь характерный для Севера вид антропогенного воздействия, как выбивание, стравливаемость оленьих пастбищ вследствие перевыпаса, а также вырубка лесов, гари. Все эти нарушения активизируют развитие термокарста, солифлюкции, дефляции, способствуют расширению заболоченных площадей. На "Картах антропогенной нагрузки" должны быть отображены все виды перечисленных механических нарушений поверхности.

Легенда к "*Карте геоэкологических ситуаций"* строится в виде таблицы-матрицы, по горизонтальной оси которой даны группы устойчивости в соответствии с градациями вычисленных индексов, а по вертикали – категории нагрузки [1]. Антропогенная нагрузка разной интенсивности ранжируется по типам и видам механических нарушений, остаточной оленеемкости, скорости вос-

становления растительности, доле нарушенных земель. Тип возможной ситуации определяется по сумме баллов в каждой ячейке матрицы на основе экспертной оценки характера проявления экзогенных процессов (по скорости развития опасных криогенных процессов и площади пораженной ими территории). В итоге, по сумме баллов все ячейки объединяются в четыре группы, формируя типы геоэкологических ситуаций согласно нормативным документам Минприроды РФ по охране природы: относительно удовлетворительная, напряженная, критическая, кризисная. Каждая ситуация характеризуется определенным набором экзогенных процессов разной интенсивности.

В число обязательных материалов экологического содержания на стадиях подготовки предпроектной и проектной документации входят *"Карты современного и прогнозного состояния"* или ресурсно-экологические карты, методика составления которых достаточно хорошо разработана. Основой опять же служат ландшафтно-типологические карты крупного масштаба. Оценка проводится по группам ландшафтов и включает сведения о состоянии атмосферного воздуха, воды, почв, степени деградации лесов и оленьих пастбищ, а также параметры, характеризующие состояние их природно-ресурсного потенциала (лесохозяйственные, пастбищные, охотничье-промысловые, растительные ресурсы дикоросов).

Возможности мерзлотно-экологического ГИС-картографирования на ландшафтной основе демонстрируются на примере тестовых объектов, расположенных в различных природно-климатических районах криолитозоны, имеющих разную специфику хозяйственного освоения.

Литература

1. *Зотова Л.И., Королева Н.А., Дедюсова С.Ю.* Оценка и картографирование кризисных экологических ситуаций на территориях газопромыслового освоения в криолитозоне. // Вестник Моск. ун-та, сер. 5 «География» 2007, №3, с. 54-59.

2. *Тумель Н.В., Зотова Л.И., Гребенец В.И.* Концепция устойчивости криогенных ландшафтов / Географические научные школы Московского университета. М., 2008, с.139-144.

3. *Зотова Л.И., Дедюсова С.Ю.* Комплексная оценка литокриогенного и биоресурсного состояния северных геосистем. Материалы Четвертой конференции геокриологов России, МГУ имени М.В.Ломоносова, Т.1, Часть 3. М., 2011, с. 305-312.

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПРОМЕРЗАНИЯ И ПРОТАИВАНИЯ ПОРОД НА ТЕРРИТОРИИ ПРИРОДНОГО ПАРКА «СИБИРСКИЕ УВАЛЫ»

С. Коркин, Е. Кайль

Нижневартовский государственный университет, кафедра географии

korkin_geomorf@rambler.ru

MAPPING OF THE GROUND FREEZING AND THAWING IN THE TERRITORY OF NATURAL PARK «SIBIRSKIE UVALY»

S. Korkin, E. Kayl

Nizhnevartovsk State University, Department of Geography, korkin_geomorf@rambler.ru

Для создания карт, связанных с фоновыми показателями мерзлотных процессов на территории природного парка «Сибирские Увалы», в 2010 году был организован стационарный пост. Представленное исследование базируется на работах А.А. Васильева, Д.С.Дроздова, Н.Г. Москаленко [1], В.П. Мельникова, А.Н. Хименкова, А.В. Брушкова и др. [5], Ю.В. Мудрова [6], А.В. Павлова [7, 8]. На начало 2013 года измерения температуры грунтов в слое сезонных колебаний нами проводятся по 8 термоскажинам (1-3, 8 на территории природного парка «Сибирские Увалы», 4 – визит центр «Хуторок», 5-7 на территории учебно-полевой базы НГУ «Церковная гри-

ва»). На 3 пунктах предусмотрено фиксирование температуры воздуха (рис. 1). Для глубин измерений до 1 м используются термохроны типа DS1921G-F5, для глубин более 1 м применяются термохроны типа DS1921Z-F5.

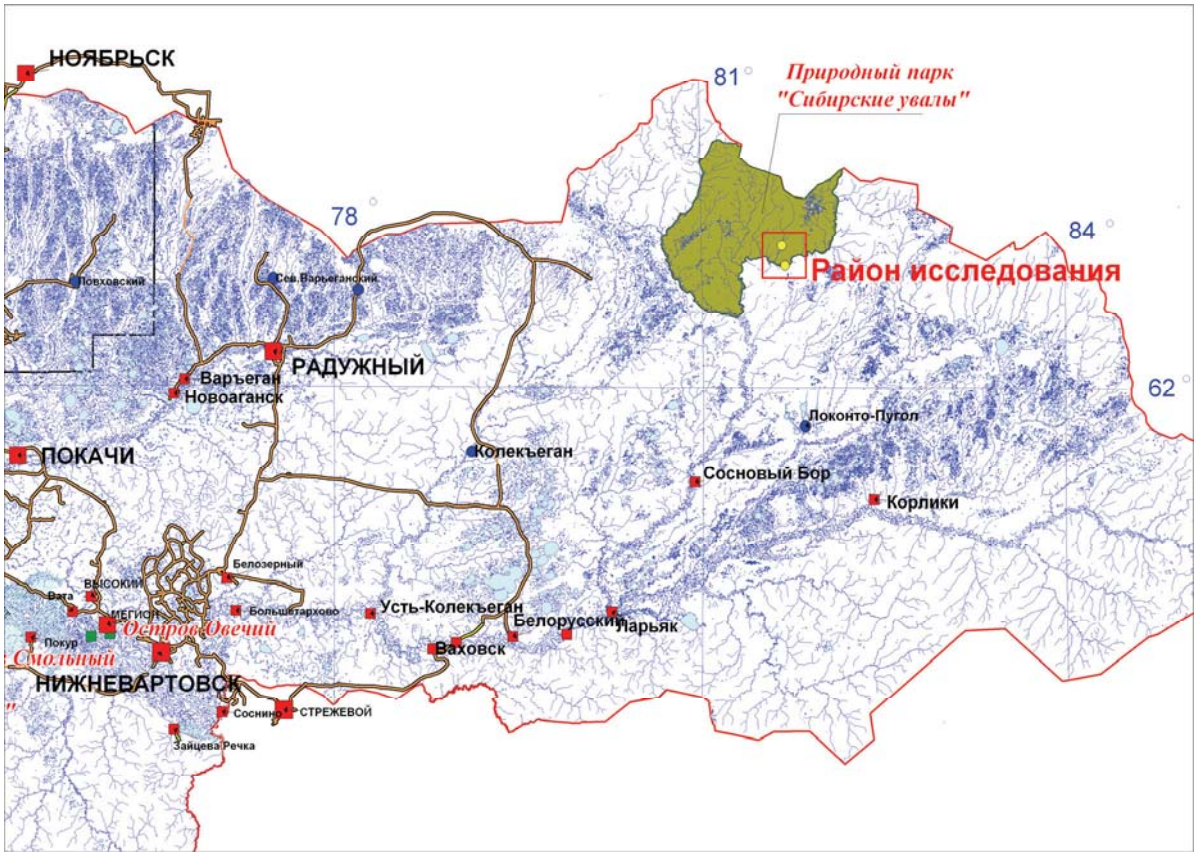


Рис. 1. Район исследования

Термоскважина первая глубиной 6 м располагается в сосняке беломошнике с 2010 года (62º26'24,5" с.ш., 81º40'52,6" в.д.). Вторая термоскважина имеет глубину 2 м и размещена в лиственничнике зеленомошно-ягодниковом, находящимся в пойме реки Глубокий Сабун (62º26'08,2" с.ш., 81º41'02,1" в.д.). Третья скважина (термоскважина 3) глубиной 2 м соответствует верховому грядово-мочажинному болоту Меггень-Нег-Куй (62º30'47,7" с.ш., 81º39'18,8" в.д.). В 1,2 км на северо-западе от базы «Глубокий Сабун» 11.08.2011 г. был заложен ключевой участок по фиксации температуры мерзлого торфа на грядово-мочажинном болоте (термоскважина 8 (62º26'51,2"с.ш., 81º40'02,0" в.д.) имеет глубину 1 м.).

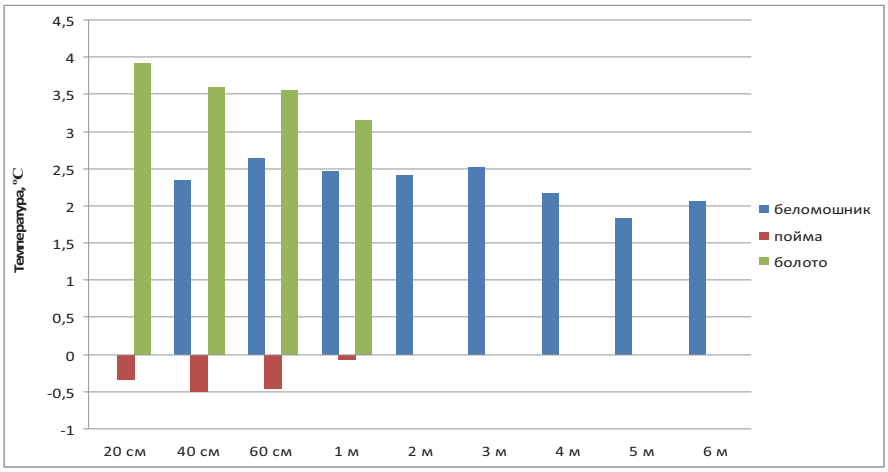


Рис. 2. График средних температурных показателей за период 2010-2011 гг. по трем скважинам

По результатам измерений за 2010-2011 годы, температура мерзлых пород в летний период 2011 года составила минус 0,625°С (рис. 2). В сосняке беломошнике (термоскв. 1) среднегодовой ход по 8 термохронам дал положительный показатель 2,3°С (40 см – 2,35°С, 60 см – 2,63°С, 1 м – 2,47°С, 2 м – 2,4°С, 3 м – 2,51°С, 4 м - 2,17°С, 5 м - 1,83°С, 6 м - 2,06°С). Для ландшафтов поймы (в лиственничнике зеленомошно-ягодниковом – термоскв. 2) среднегодовой ход по 4 термохронам дал отрицательный показатель -0,34°С (20 см - -0,34°С, 40 см - -0,5°С, 60 см - -0,45°С, 1м - 0,07°С). На верховом грядово-мочажинном болоте (термоскв. 3), а именно в пределах мочажины среднегодовой ход по 4 термохронам дал высокий положительный показатель 3,55°С (20 см – 3,91°С, 40 см – 3,59°С, 60 см – 3,55°С, 1м – 3,14°С). Отрицательные показатели были зафиксированы на глубине 20 см в период с 17.12.2010 по 25.04.2011 г. Это говорит о промерзании данных участков до 20 – 30 см [2].

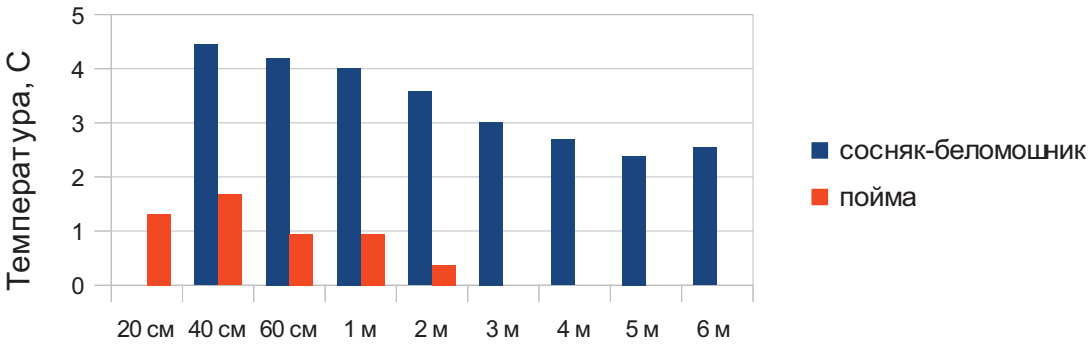


Рис. 3. График средних температурных показателей за период 2011-2012 гг. по двум скважинам

В 2012 г. получены данные по термоскважинам 1, 2 (рис. 3) и 8, согласно которым среднегодовой ход по двум термоскважинам дал положительный показатель. Минимальная температура промерзания грунтов даже на небольшой глубине 40 см (термоскважина 1) и 20 см (термоскважина 2) не опускалась ниже 5ºС, по сравнению с результатами 2010-2011 гг. Причиной стали достаточно мягкие показатели температуры воздуха холодного периода 2011-2012 годов.

Рис. 4. Карта-схема промерзания и протаивания мерзлых пород территории природного парка из электронного атласа [4]

Мерзлотная линза в термоскаважене 8 вытаяла в летний период 2012 года.

Карта мерзлотного состояния на территорию природного парка «Сибирские Увалы», составлена по материалам Атласа ХМАО [3], также дополнена интерактивной связью с материалами по термоскважинам (фотографиями, графиками, отчетами) (рис. 4).

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о необходимости детального картографирования криолитозоны природного парка «Сибирские Увалы».

Литература

1. *Васильев А.А., Дроздов Д.С., Москаленко Н.Г.* Изменение температуры мерзлых пород Западной Сибири в связи с климатическими факторами // Материалы международной конференции «Криогенные ресурсы полярных и горных регионов. Состояние и перспективы инженерного мерзлотоведения» (г.Тюмень, 21-24 апреля 2008 г.). Тюмень: Институт криосферы Земли СО РАН, 2008. С. 212-215.
2. *Коркин, С.Е.* Мониторинговые исследования температуры пород для получения фоновых показателей территории природного парка "Сибирские Увалы" // Вестник Тюменского государственного университета. 2012. № 7. С. 69-75.
3. *Ковалева А.А., Москвина Н.Н.* Атлас ХМАО-Югры. Природа. Экология. Ханты-Мансийск. Москва, 2004. Т. 2. С. 54-55.
4. *Коркин С.Е. Коркина Е.А., Слива Е.А.* Электронный атлас природного парка «Сибирские Увалы» // Труды Томского государственного университета. Серия геолого-географическая: Современные проблемы географии и пути их решения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. с элементами школы-семинара для студентов, аспирантов и молодых ученных (6-9 ноября 2012 г.). Томск: Томский государственный университет, 2012. Т.283. С. 66-68.
5. *Мельников В.П., Хименков А.Н., Брушков А.В., Власов А.Н., Волоков-Богородский Д.Б., Самсонова В.В.* Криогенные геосистемы: проблемы исследования и моделирования. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2010. 390 с.
6. *Мудров Ю.В.* Мерзлотные явления в криолитозоне равнин и гор. Основные понятия и определения. Иллюстрированный энциклопедический справочник. М.: Научный мир. 2007. 316 с.
7. *Павлов А.В.* Мониторинг криолитозоны. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. 229 с.
8. *Павлов А.В., Ананьева Г.В., Дроздов Д.С.* и др. Мониторинг сезонноталого слоя и температуры мерзлого грунта на севере России // Криосфера Земли, 2002, т. VI, № 4, С. 30-39.

СОЗДАНИЕ МЕРЗЛОТНОЙ КАРТЫ РАЙОНА ПОСЕЛКА ЦИГЕХТЧИК, СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ, КАНАДА

Р.И. Корс-Ольтхоф, В.Э. Ружанский
ИБиЭй, Компания Тетра Тек, Эдмонтон, Канада, vroujanski@eba.ca

CREATING A COMMUNITY PERMAFROST MAP, TSIIGEHTCHIC, NORTHWEST TERRITORIES, CANADA

R.I. Kors-Olthof, V.E. Roujanski
EBA, A Tetra Tech Company, Edmonton, Canada, vroujanski@eba.ca

In many northern Canadian communities, buildings are supported in or on permafrost. Permafrost degradation due to climate warming can impact these building foundations. As part of an interdisciplinary team led by Natural Resources Canada, EBA, A Tetra Tech Company (EBA) developed an impact assessment methodology to improve our understanding of future permafrost degradation, the vulnerability of community buildings, and the timeframe for informed adaptation. EBA's work resulted in the report "Assessment of Foundation Sensitivity to Climate Change in the Northwest Territories (Revision 1)," January 2005. This assessment showed that Tsiigehtchic, Northwest Territories, has a very high sensitivity to climate change, ranked fourth or fifth in a study of 32 communities, depending upon the sensitivity indicators chosen for ranking.

The community permafrost map (Fig. 1) was compiled by EBA for Ecology North as one of several proposed adaptations to climate change in Tsiigehtchic that required geotechnical engineering expertise. The permafrost map was intended to be a desktop-level map that would accomplish the following tasks:

- Help the community better understand the soils, rock and permafrost around them;
- Provide a tool to assist land managers with land use and development: to determine the preferred areas for building; and
- Provide a baseline reference for monitoring potential future thaw or large-scale changes in the permafrost, resulting from climate change and/or development.

The scope of work in preparing the map included:

- Review available information, including past reports, aerial photographs and geology information, local knowledge and construction records;
- Perform a terrain analysis to determine anticipated site conditions throughout the community of Tsiigehtchic;
- Carry out some minor ground-truthing in different map units; and
- Prepare a map suitable for use by decision-makers that are not permafrost experts or geotechnical engineers.

The methodology included the following steps:

- Prepare a geotechnical characterization of Tsiigehtchic to help define the map parameters, and support modelling and analysis of permafrost degradation in response to climate change and its impacts on building foundation systems in the community;
- Provide descriptions of the typical soil/rock profile(s) observed in Tsiigehtchic, based on available geotechnical data such as soil/rock descriptions, grain size analyses, soil moisture contents, ice contents, soil salinities, and ground temperatures. The overlying vegetation was also considered as it is often diagnostic of the ground and permafrost conditions beneath.
- Perform a terrain analysis to support mapping and interpretation of current landforms at Tsiigehtchic. Compare sets of aerial photographs to identify possible changes in ground surface characteristics due to permafrost thaw, such as signs of thermal

erosion that may or may not be a result of site disturbance. This comparison would provide an immediate indication of important areas to be aware of when monitoring for potential future thaw or large-scale changes in the permafrost.

- Consult with community members for anecdotal information regarding, for example, known permafrost areas, areas known to have high ice content in the soils, or areas that are known to be experiencing permafrost degradation.
- If/as available, obtain foundation drawings, construction information, and date of construction for various buildings or facilities constructed for government, community, commercial or industrial applications in Tsiigehtchic. Review available building performance studies. Where possible, correlate data to geotechnical and permafrost engineering data.
- Consider informal or other reporting on building performance by the community of Tsiigehtchic and users of the community's infrastructure, as well as observations of performance of housing foundations.
- Conduct ground-truthing (hand-excavated holes or observations of soil/rock exposures) in selected map areas.
- Document site findings with geo-referenced photographs.
- Prepare a map that incorporates not only a map, but instructions for use, geotechnical characterizations of soil/rock types and permafrost regimes encountered, available ground temperature data, locations of slope failures and other features of interest. Geotechnical characterizations incorporate photographs of soil types encountered, and explanations of map areas incorporate photographs of typical surface conditions and vegetation. The map is presented on the last page of this abstract.

Limitations encountered during the mapping work:

- Lack of detailed geotechnical information in many of the map areas;
- Lack of permafrost temperature profiles, with only sporadic single thermistors providing temperature data and very little recent data. Simultaneous with the field component of the mapping project, however, a government agency (Indian and Northern Affairs Canada) was conducting a research project, installing two ground temperature cable arrays in the community. One of these was in the developed part of the community, near the cemetery, which had been experiencing thaw slumping along the western (Arctic Red River) edge, and the other was in an undeveloped, undisturbed area further from the Arctic Red and Mackenzie Rivers. Future iterations of the community permafrost map will be able to incorporate data from these arrays; and
- Lack of available performance data for most of the building foundations in the community.

However, more ground-truthing was carried out than anticipated, and though most of the test pits were very shallow, this permitted the field team to confirm some of the soil types and permafrost conditions being mapped.

To summarize, the community permafrost map provides a useful tool for community members, planners and land use managers to understand the ground conditions in the community and to make the right decisions on where they should plan future development. Before, it was too easy to make errors in locating new facilities or new subdivisions for industry or residences. These errors resulted in buildings being located in areas with very high ice content and/or organic soils, and ongoing issues with water on site and thaw settlement. Now, community members, planners and land use managers do not need to be experts to avoid poor areas for future construction.

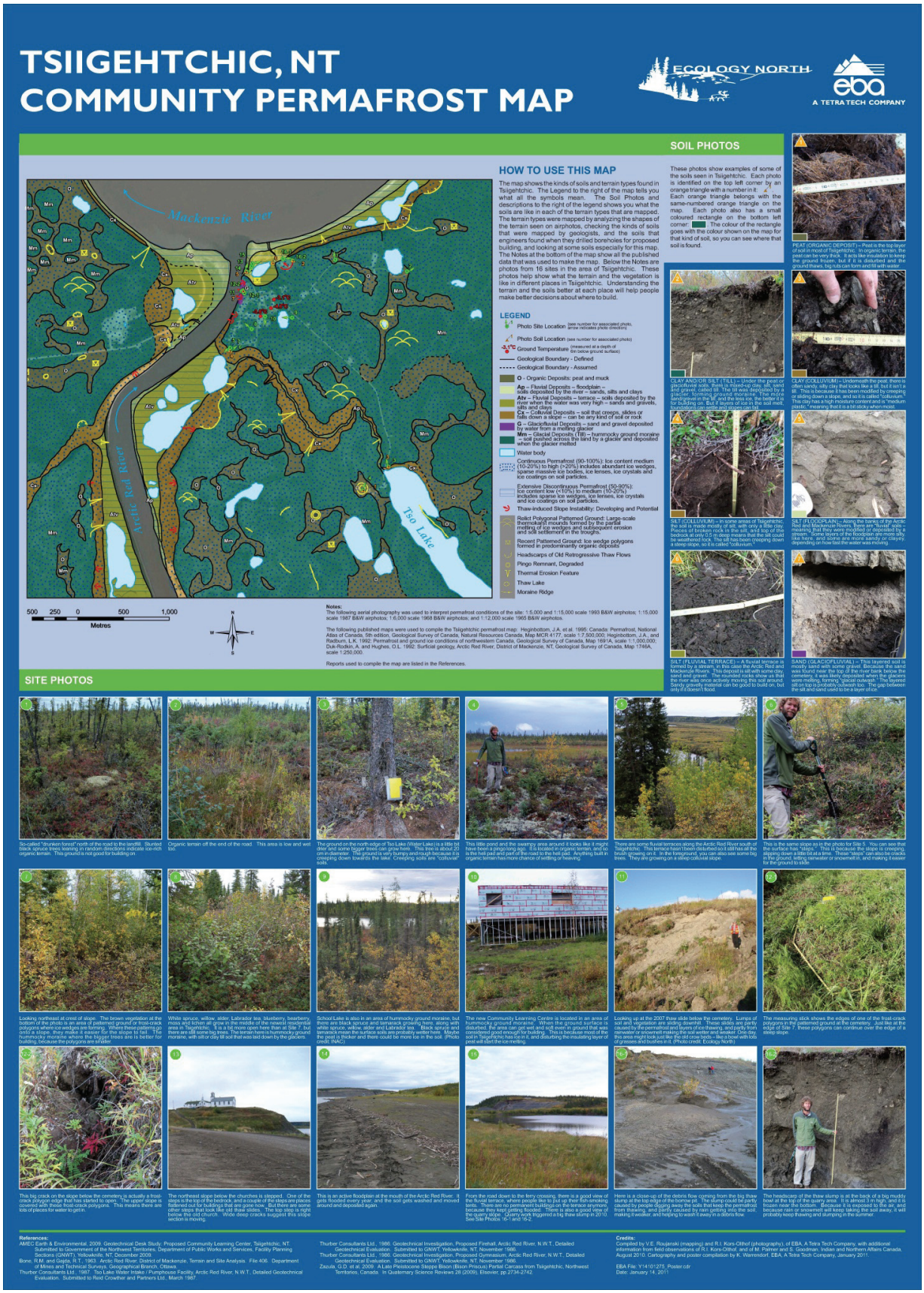


Fig. 1 Tsiigehtchic Community Permafrost Map, Tsiigehtchic, Northwest Territories, Canada

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА СЕВЕРЕ РОССИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ

Г.В. Малкова, А.В. Павлов, Ю.В. Коростелев
Институт криосферы Земли СО РАН, galina_malk@mail.ru

CLIMATIC CHANGES MAPPING ON THE NORTH OF RUSSIA FOR ESTIMATION OF GEOCRYOLOGICAL AND GEOECOLOGICAL CONSEQUENCES

G.V. Malkova, A.V. Pavlov, Yu.V. Korostelev
Earth Cryosphere Institute SB RAS, galina_malk@mail.ru

Одним из эффективных и наглядных приемов оценки региональных климатических изменений и их последствий является мелкомасштабное геоинформационное картографирование. Комплекс методов и подходов, использованный при геоинформационном картографировании, в основном опубликован [4; 6; 7; 9; 11]. Исследования авторов в данном направлении привели к ряду важнейших результатов, подробно рассмотренных ранее [3; 8; 12; 13; 16] и в обобщенном виде представленных ниже.

Потепление климата в арктических широтах России в последние десятилетия XX века было несколько меньше, чем в субарктических и умеренных. Но с конца 1990-х гг. в Арктике наметилась тенденция к повышению трендов температуры воздуха, в то же время в ряде субарктических районов темпы потепления климата замедлились, а в отдельных метеопунктах криолитозоны России (Туруханск, Алдан, Олекминск) отмечена приостановка климатического потепления. Таким образом, интенсивность потепления в отдельных регионах постоянно меняется во времени, а максимальные тренды среднегодовой температуры воздуха перемещаются в пространстве.

Потепление климата на территории криолитозоны в основном обусловлено повышением температуры воздуха в холодный сезон, поэтому оно способствует уменьшению континентальности климата. Современные тенденции в изменении температуры воздуха, количества атмосферных осадков и снегоотложений не всегда согласуются между собой во времени и в пространстве.

Результаты геокриологического мониторинга на опорных стационарах за период с конца 1960-х годов до 2010 г. свидетельствуют о повышении температуры многолетнемерзлых пород (ММП) вслед за потеплением климата [1; 14; 15], но при этом тренд потепления ММП, как правило, не превышает 2/3 от тренда потепления климата. Для температуры воздуха характерен интервал изменения трендов от 0,02 до 0,07^{o}С/год, а для ММП - более широкий диапазон, от 0,004 до 0,050^{o}С/год. Наибольшее влияние на термический режим мерзлых толщ в определенном регионе оказывается при однонаправленных многолетних изменениях температуры воздуха и высоты снежного покрова. [8; 10; 12].

Для локальных и региональных оценок изменений различных параметров современного климата и криолитозоны разработана новая серия мелкомасштабных карт:1) карта среднегодовой температуры воздуха за последнее десятилетие и ее повышения относительно «климатической нормы» (период с 1961 по 1990 гг); 2) карты относительных индексов протаивания и промерзания, отражающих изменения температуры воздуха в теплый и холодный периоды года в первое десятилетие XXI века относительно нормы; 3) карта изменения толщины снежного покрова на севере России за последние 35 лет; 4) карта трендов среднегодовой температуры воздуха и многолетнемерзлых пород за 1965 – 2010 гг. [2].

Наши исследования показали, что при сравнении различных климатических показателей в последнее десятилетие относительно «климатической нормы» **повсеместно** на территории криолитозоны **наблюдается повышение** среднегодовой температуры воздуха, температуры воздуха в теплый период и температуры воздуха в холодный период года. Потепление в различных регионах оказывается различной интенсивности, но **похолодания** относительно нормы **не наблюдается**

нигде. Что касается толщины снегоотложений, то в соответствии с Докладом Росгидромета [5] об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2010 г. (http://www.meteorf.ru) за последние 35 лет на большей части криолитозоны России колебания максимальной толщины снега составляли ±10 см относительно нормы. На севере Западной Сибири, на Югорском полуострове, на Камчатке и Чукотке толщина снега увеличилась на 10-20 см, а на севере Якутии и северо-востоке России сократилась более чем на 10 см. Таким образом, в отдельных регионах повышение температуры воздуха в зимний период компенсировалось сокращением мощности снега, а при увеличении толщины снега усиливалось его отепляющее влияние [14]

Для того, чтобы оценить комплексное воздействие на криолитозону произошедших климатических изменений, была проведена суммарная балльная оценка вклада каждого рассмотренного климатического параметра. Карта имеет сложную мозаичную структуру, но изменения климата в той или иной степени оказывают только отепляющее воздействие на криолитозону. На разработанной карте метеорологического риска цветом показаны области с баллами риска от 1 до 8 (рис. 1).

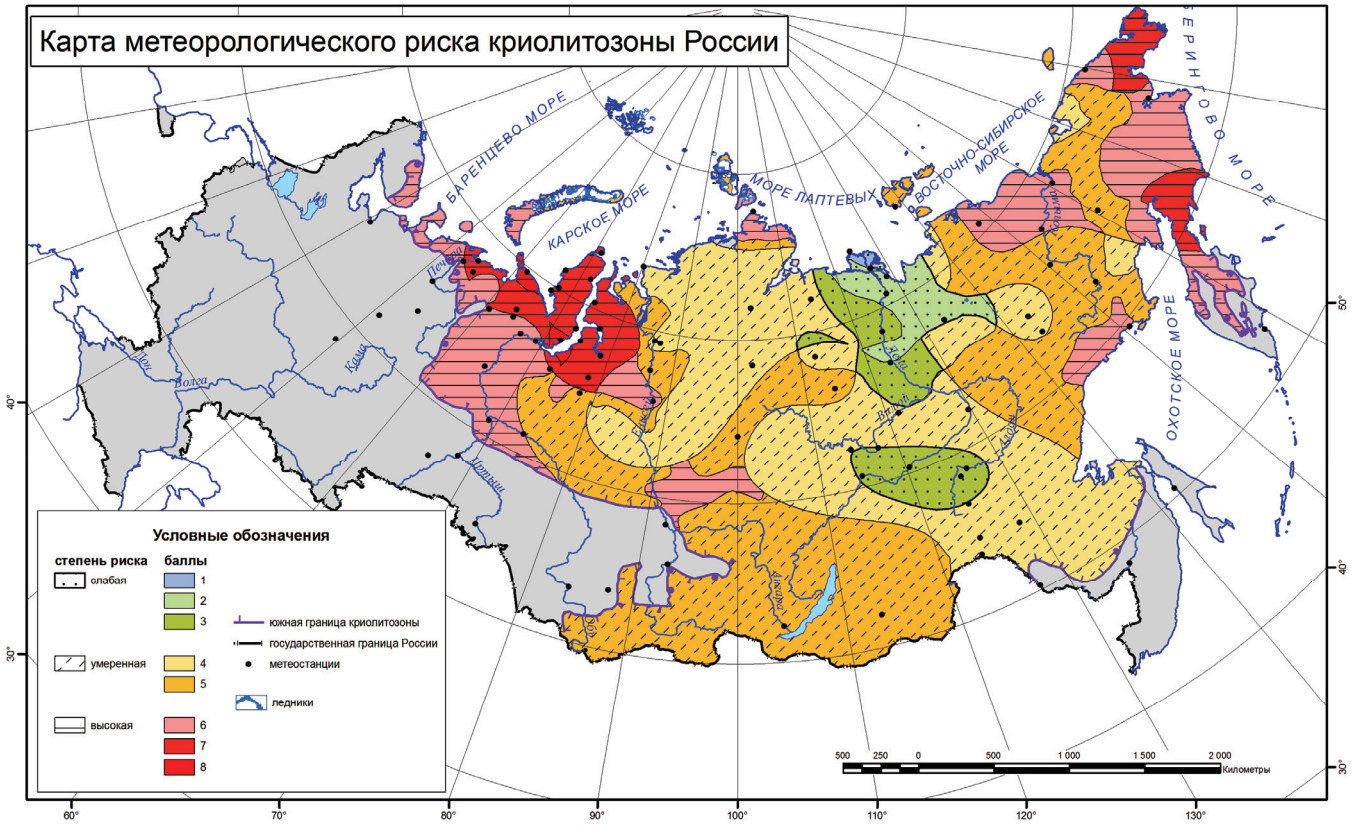


Рис. 1. Карта метеорологического риска криолитозоны России

Области криолитозоны, имеющие от 1 до 3 баллов, можно отнести к слабому метеорологическому риску. Это, прежде всего – дельта реки Лена, северная Якутия и, частично, - южная Якутия. В общей сложности такие территории занимают 8% площади криолитозоны.

Области умеренного метеорологического риска (4-5 баллов) охватывают значительно большие площади криолитозоны (63%). Сюда относятся обширные территории Средней и Восточной Сибири, частично – юго-восточная часть Западной Сибири.

Западная и восточная части криолитозоны России попадают в область высокого метеорологического риска (6-8 баллов). Максимальный риск по нашей оценке характерен для севера Западной Сибири и Чукотки (7-8 баллов), здесь наблюдается отепляющее влияние на мерзлые толщи всех рассмотренных климатических параметров. Области высокого метеорологического риска охватывают чуть менее 30% криолитозоны России.

Районирование территории криолитозоны по степени суммарного отепляющего воздействия различных климатических параметров позволяет выделить в криолитозоне наиболее и наименее стабильные условия для развития мерзлых толщ. Отклик мерзлоты на климатические воздей-

ствия будет существенно зависеть от ландшафтных условий, литологического состава и теплофизических свойств пород. Оценка достоверности картографической модели метеорологического риска возможна при ее сравнении с региональными данными геокриологического мониторинга.

Литература

1. *Малкова Г.В.* Мониторинг среднегодовой температуры пород на стационаре Болванский // Криосфера Земли т. XIV, №3, 2010, с. 22-35

2. *Малкова Г.В., Павлов А.* Геоинформационное картографирование современных изменений климата и криолитозоны на севере России //10-я Международная конференция по мерзлотоведению, TICOP: Ресурсы и риски регионов с вечной мерзлотой в меняющемся мире. Салехард, 2012, Т.3, с. 313-318.

3. *Мельников В.П., Павлов А.В., Малкова Г.В.* Геокриологические последствия современных изменений глобального климата // География и природные ресурсы, 2007, № 3 , с 19 - 26.

4. *Мельников Е.С., Кондратьева К.А.* Циркумарктическая карта многолетнемерзлых пород и грунтовых льдов (масштаб 1: 10 000 000) // Криосфера Земли, т. II, № 4, 1998, с. 59-61

5. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации – 2008, электронный ресурс, сайт Интернета http://climate2008.igce.ru/v2008/pdf/resume_ob.pdf.

6. *Павлов А.В.* Вековые аномалии температуры воздуха на севере России // Криосфера Земли, 2002, т. VI, № 2, с. 75-81.

7. *Павлов А.В.* Мерзлотно-климатические изменения на севере России: наблюдения, прогноз // Изв. РАН, серия геогр., 2003, № 6, с. 39-50.

8. *Павлов А.В.* Мониторинг криолитозоны. Новосибирск, Академическое изд-во ГЕО, 2008, 229 с.

9. *Павлов А.В., Ананьева Г.В.* Оценка современных изменений температуры воздуха на территории криолитозоны России // Криосфера Земли, 2004, т. VIII, № 2, с. 3-9.

10. *Павлов А.В., Малкова Г.В.* Динамика криолитозоны в условиях меняющегося климата XX-XXI веков // Известия РАН, сер. географическая, 2010, №5, с. 59-66

11. *Павлов А.В., Малкова Г.В.* Современные изменения климата на севере России. Альбом мелкомасштабных карт. Новосибирск: изд-во ГЕО, 2005. 54 с.

12. *Павлов А.В., Малкова Г.В., Скачков Ю.Б., Коростелев Ю.В.* Эволюция криолитозоны в связи с динамикой современного климата на севере России / Мат-лы 4-й конф. геокриологов России, МГУ имени М.В.Ломоносова 7-9 июня 2011 г. Т. 2, ч.6. М., Изд-во Университетская книга, 2011. С.274-281.

13. *Павлов А.В., Перльштейн Г.З, Типенко Г.С.* Методы количественного прогноза реакции криолитозоны на современные изменения климата / Материалы 4-й конференции геокриологов России, МГУ имени М.В. Ломоносова 7-9 июня 2011 г. Т. 2, ч.6: Динамическая геокриология. М., Изд-во Университетская книга, 2011. С. 281 – 288.

14. *Скачков Ю.Б.* Оценка современной изменчивости характеристик снежного покрова Якутии // Криогенные ресурсы полярных и горных регионов. Состояние и перспективы инженерного мерзлотоведения – Материалы международной конференции 21-24 апреля 2008 г, Тюмень, ООО ИПЦ. Изд-во «Экспресс». с. 271-274

15. *Скачков Ю.Б., Скрябин П.Н., Варламов С.П.* Результаты 25-летних мониторинговых исследований криолитозоны на стационаре Чабыда (Центральная Якутия) // Международная конференция “Криогенные ресурсы полярных регионов”, Салехард, июнь, 2007. Материалы, т. I, с. 167–170.

16. *Pavlov A.V., Malkova G.V.* Regional geocryological dangers associated with contemporary climate // Proceedings of the Ninth International Conference on Permafrost. University of Alaska Fairbanks, June 29–July 3. Edited by Douglas L. Kane and Kenneth M. Hinkel, 2008. V.2, pp.1375-1381.

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ АРКТИЧЕСКИХ БЕРЕГОВ НА ОСВОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Маслаков А.А.[1], Краев Г.Н.[2]
[1]МГУ им. М. В. Ломоносова, Географический факультет,
кафедра криолитологии и гляциологии, alekseymaslakov@yandex.ru
[2] Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН

APPLICATION OF VARIOUS CARTOGRAPHICAL FEATURES FOR ARCTIC COAST DYNAMICS STUDYING WITHIN DEVELOPED TERRITORIES

Maslakov A.A.[1], Kraev G.N.[2]
[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography,
Department of Cryolithology & Glaciology aleskeymaslakov@yandex.ru
[2] Center for Forest Ecology and Productivity of RAS

В настоящее время для исследования динамики берегов вне зон хозяйственного достаточно широко применяются космические снимки высокого и среднего (5-15 м) разрешения, полученные со спутников SPOT, Landsat и др. [6, 7], а также архивные аэрофотоснимки. Среди преимуществ космоснимков перед аэрофотоматериалами в сфере исследования береговой динамики, можно выделить высокую частоту съёмки одних и тех же территорий и хорошее спектральное разрешение. Однако при наличии аэрофотоснимков прошлых лет (на некоторые прибрежные территории существуют снимки начиная с 1939 г.) появилась возможность изучать берега в масштабе десятилетий и прослеживать колебания большой периодичности, а также тренды в динамике берегов во взаимосвязи с различными метеорологическими и гидрологическими параметрами.

На прибрежных территориях в качестве участков под застройку проектировщики стараются выбирать наиболее устойчивые участки берега, поэтому даже в случае ухудшения геокриологических условий и активизации процессов термоабразии и термоэрозии, скорости этих процессов весьма сложно оценить по снимкам среднего и высокого разрешения. Низкие темпы отступания берега требуют высокой точности измерений. Подобная точность достигается использованием снимков сверхвысокого разрешения – GeoEye, QuickBird, IKONOS с пространственным разрешением 0,4-0,8 м [5, 6]. При возможности полевых работ используются геодезические приборы, дающие ещё большую точность. При изучении динамики берегов в зонах хозяйственного освоения архивная информация изыскательских отчётов приобретает новое значение, т. к. часто они содержат результаты геодезических работ прошлых десятилетий, а также данные о температурах и составе пород, слагающих берег.

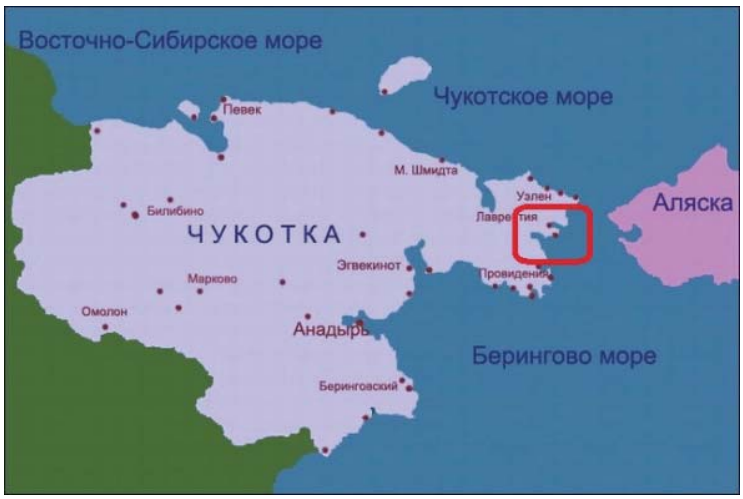


Рис. 1. Район проведения исследований

Совокупность вышеуказанных способов изучения динамики береговой линии была использована на территории одного из крупнейших поселений Восточной Чукотки – посёлка Лорино (Чукотский район, Чукотский автономный округ, рис. 1).

Исследуемое поселение расположено на останце песчаной террасы и испытывает разрушение берегового обрыва (рис. 2).

Рис. 2. Общий вид отступающего берега (фото Маслакова А. А., 2012 г.).

Самая ранняя (из имеющейся) информация о состоянии побережья относится к 1967 г., когда был составлен проект планировки и застройки населённого пункта. Отчёт содержит карту-схему масштаба 1:2000 [2]. При помощи программного ГИС-пакета MapInfo 9.0.2. она была совмещена с аналогичными картами 1979 и 1992 гг., [3, 4]. При совмещении береговых линий разных периодов времени, выяснилось, что бровка уступа отступала со средней скоростью 0,5 м/год, при этом возрастала эрозионная расчленённость зоны застройки. В результате действия термоабразии был уничтожен 1 га территории поселения; возникла угроза уничтожения некоторых построек [1]. Проведённая оценка была весьма грубой, отсутствовала возможность проведения визуального осмотра берегового уступа. В начале 2012 года корпорацией GeoEye (США) [5] был предоставлен космический снимок сверхвысокого разрешения (0,4 м) исследуемого пункта за 2010 год. Летом 2012 года при помощи электронного тахеометра Sokkia Set-610 была проведена топографическая съёмка морского берега. Полученные материалы позволили выявить детальную динамику и более точные значения отступания берегового уступа в посёлке Лорино за 45 лет. В ходе исследования выяснились преимущества и недостатки космического снимка, топографических планов и топографической съёмки.

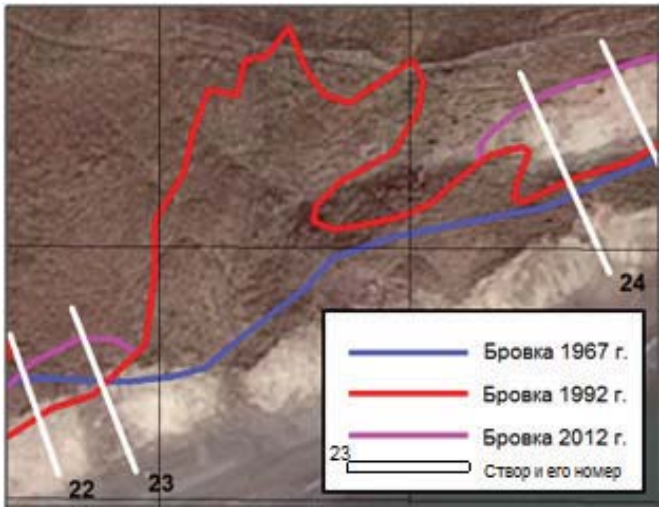


Рис. 3. Фрагмент термоабразионного обрыва, на котором показан активный в 1992, но заросший к 2012 г. термоэрозионный овраг

Так, на некоторых сегментах берега снимки сверхвысокого разрешения не позволяют провести точную границу берегового уступа и примыкающей эрозионной сети. Это связано, во-первых, с выполаживанием и зарастанием участков термоабразионного откоса и бортов оврагов (рис. 3), а также с нависанием (до метра в сторону моря) дернины над осыпающимся склоном (рис. 4). Топографические карты и планы прошлых лет также имеют свои недостатки. В первую очередь, это связано с целью их создания: зачастую они отображают конкретную зону застройки, за пределами которой подробность отображения местности (например, оползневой террасы или затопляемого пляжа) уменьшается или вовсе исчезает. Такие недостатки препятствуют точной

оценке масштабов активизации эрозионных процессов и разработке соответственного прогноза динамики берегов, а также пониманию самого механизма трансформации береговой линии и примыкающей к ней овражно-балочной сети.

Рис. 4. Нависающий блок дернины и торфа над песчаным термоабразионным уступом
(фото Маслакова А. А., 2012 г.)

Данные проблемы требуют (по возможности) проведения визуального осмотра, валидации данных дистанционного зондирования и корректировки значений скоростей отступания берега при помощи точных геодезических приборов.

Исследования динамики береговой линии и эрозионной сети планируется провести также по тем прибрежным населённым пунктам Чукотского автономного округа, для которых имеются снимки сверхвысокого разрешения, материалы инженерно-геокриологических изысканий прошлых лет или существует возможность проведения топографической съёмки берега. Среди них поселения Нешкан, Инчоун, Уэлен, Лаврентия.

Литература

1. *Краев Г.Н., Маслаков А.А., Гребенец В.И., Калянто Н.Л.* Инженерно-геокриологические проблемы на территориях поселений коренных народов Восточной Чукотки // в журн. Инженерная геология № 3, Москва, изд-во ПНИИИС, 2011. – С. 52-58.
2. Проект планировки и застройки села Лорино, Чукотского района. Материалы инженерных изысканий. - Магадан: Магаданская землеустроительная экспедиция, фонды, 1968. – 15 л.
3. Технический отчёт по инженерно-строительным изысканиям. Объект: корректировка проекта планировки и застройки с. Лорино – центральной усадьбы совхоза им. Ленина Чукотского района. Анадырь: Чукотский комплексный отдел СевВостТИСИЗ, 1979.
4. Топографическая съемка с. Лорино. М. 1:500. ЧукотТИСИз, 1992. – 3 л.
5. www.geoeyefoundation.org – Программа грантовой поддержки корпорации GeoEye.
6. www.scanex.ru – Инженерно-технологический центр «Сканэкс».
7. www.usgs.gov – Геологическая служба США

ЛАНДШАФТНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПОЛУОСТРОВЕ ЯМАЛ

Т.А. Михайлова, Н.Г. Украинцева
Институт криосферы Земли СО РАН, korobova.tatiana@gmail.com

LANDSCAPE MAPPING AS A BASIS FOR ASSESSING THE DYNAMICS OF GEOCRYOLOGICAL AND GEOECOLOGICAL CONDITIONS ON THE YAMAL PENINSULA

T. Mikhaylova, N. Ukraintseva
Earth Cryosphere Institute SB RAS, korobova.tatiana@gmail.com

На основании метода ландшафтной индикации, количественные показатели морфологической структуры ландшафта, а также его наиболее физиономичный (отчетливо различаемый) признак – ландшафтный рисунок, могут быть надежными индикаторами скрытых, трудно выявляемых характеристик ландшафта [2,3]. Метод ландшафтной индикации получил широкое распространение в геокриологии и инженерной геологии [1,4] и предполагает использование ландшафтной карты как базовой основы для группировки, статистической обработки и экстраполяции параметров объекта картографирования на основе типологической классификации природно-территориальных комплексов [4,6,8,12].

На территорию в пределах трассы Бованенково - Байдарацкая была составлена цифровая ландшафтная карта масштаба 1:200 000. В ее основу легли материалы ландшафтной съемки трассы, проводимой ВСЕГИНГЕО в 70-80х годах. Векторизация и привязка в географических координатах бумажных картографических материалов проводилась с использованием ArcGis (версия 10.0) и MapInfo Professional.

Для оценки пространственной динамики и неоднородности геокриологических условий проведен картографо-математический анализ неоднородности морфологической структуры ландшафтов на уровне местностей, в основу которого положена методика, разработанная Ивашутиной Л.И. и Николаевым В.А. [8]. Согласно [7,10], типам местностей соответствуют типы мерзлых толщ, характеризующиеся целым набором геокриологических показателей: распространение многолетнемерзлых пород, температура пород и их льдистость, особенности распространения подземных льдов, комплекс экзогенных геокриологических процессов и форм их проявления. Тип местности характеризует также условия расчленения и дренированность поверхности, состав отложений [5,9]. Таким образом, характеристика неоднородности морфологической структуры ландшафтов любого таксономического ранга может применяться для оценки неоднородности геокриологических условий.

Картографо-математический анализ морфологической структуры ландшафта позволяет увидеть его неоднородность и выразить ее в виде количественных коэффициентов [8]. Коэффициент ландшафтной неоднородности ($К_{лн}$) отражает степень сложности набора различных видов и групп урочищ, составляющих структуру местностей и соотношение их площадей. Значения коэффициента могут изменяться от 0 до 1. При наличии наибольшего числа групп урочищ и равном соотношении их площадей в районе, $К_{лн}$ достигает максимума, то есть равен 1. Если в пределах местности присутствует лишь одна группа урочищ, то $К_{лн}$ снижается до минимума и становится равным нулю.

В соответствии с рассчитанными значениями $К_{лн}$ проведена типизация местностей: сильно неоднородные, неоднородные, относительно однородные и однородные. К наиболее неоднородным местностям ($К_{лн}$ >0,85) отнесены: крупнохолмистая термоденудационная местность с цирко-образными нишами на первой, второй и третьей морских террасах. Для нее характерна температура пород -2÷–7 $С^0$, объемная льдистость 0,2-0,6 (д.е.), и глубина сезонноталого слоя 0,25-1,6 м; волнисто-холмистая озерно-котловинная местность на второй, третьей и четвертой морских терра-

сах с температурами пород -2÷-7 C^0, объемной льдистостью 0,2-0,6 (д.е.), глубиной сезонноталого слоя 0,25-1,7 м. К неоднородным местностям ($К_{лн}$=0,75-0,85) отнесены: волнистая и мелкохолмистая глубококотловинная хасырейная местность на третьей морской террасе с температурами пород -1÷-7 C^0, объемной льдистостью менее 0,2 (д.е.), глубиной сезонноталого слоя 0,5-1,3 м; плоская овражно-балочная местность на четвертой морской террасе с температурами пород -2÷-6 C^0, объемной льдистостью 0,2-0,6 (д.е.), глубиной сезонноталого слоя 0,3-1,6 м. В группу относительно однородных ($К_{лн}$=0,45-0,75) вошли: холмистая и холмисто увалистая местность на третьей и пятой морских террасах с температурами пород -3÷-6 C^0, объемной льдистостью 0,2-0,4 (д.е.), глубиной сезонноталого слоя 0,5-1,0 м; плоская овражно-балочная местность на второй морской террасе, с температура пород -2÷-5 C^0, объемной льдистостью 0,4-0,6 (д.е.) и глубиной сезонноталого слоя 0,3-1,2 м. В свою очередь, однородными ($К_{лн}$ <0,45) оказались: озерно-болотная местность на четвертой морской террасе, с температурами пород ниже -5 C^0, объемной льдистостью 0,4 (д.е.), глубиной сезонноталого слоя 0,3-0,8 м; плоская озерно-котловинная местность на озерно-аллювиальной террасе и первой надпойменной террасе, с температурами пород -5÷-7 C^0, объемной льдистостью больше 0,2 (д.е.), глубиной сезонноталого слоя 0,8-1,6 м.

На основе рассчитанных значений $К_{лн}$ построена карта районирования территории, отражающая неоднородность ландшафтно-геокриологических условий (рис.1).

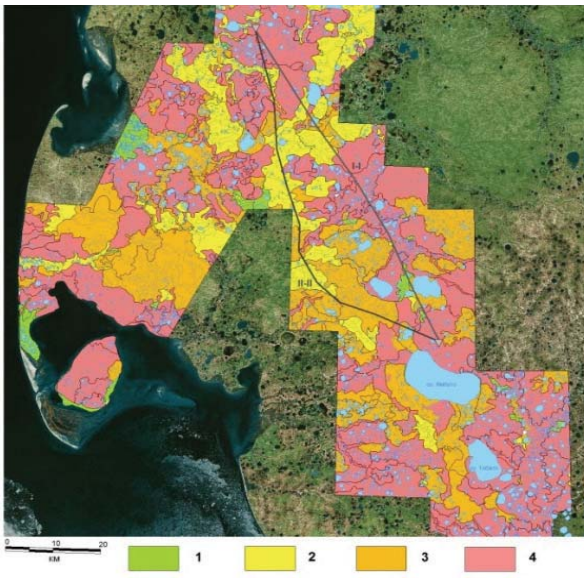


Рис. 1. Районирование территории по неоднородности морфологической структуры ландшафтов и геокриологических условий:

1 – однородные, $К_{лн}$ <0,45;
2 – относительно однородные, $К_{лн}$ = 0,45÷0,75;
3 – неоднородные, $К_{лн}$ = 0,75÷0,85;
4 – сильно неоднородные, $К_{лн}$>0,85.
Трассы трубопроводов: I-I и II-II.

Проведенная оценка пространственной динамки (неоднородности) ландшафтных и геокриологических условий на основе ландшафтного картографирования имеет немаловажное прикладное значение с точки зрения выбора оптимального пути и способа прокладки трасс магистральных трубопроводов и других линейных сооружений. Это связано с необходимостью учета целого ряда характеристик ландшафтных и геокриологических условий и, в особенности, их неоднородности в пространстве при проектировке инженерных сооружений и оценке экономических затрат на строительство.

Произвольно проложенные две трассы трубопроводов (рис. 1) на участке территории Западного Ямала, проведенный картографо-математический анализ и расчет процента пересечения трассами различных по неоднородности местностей, позволил на наглядном примере предложить оптимальный вариант пути прокладки трассы для выбора и сужения круга проектных решений. В результате, несмотря на большую протяженность (90 км), второй вариант прокладки трассы трубопровода (трасса II-II) – оптимальный для строительства. Трасса II-II всего на 19,5% своей длины пересекает сильно неоднородные ландшафтно-геокриологические условия, в то время как большая часть трассы оказывается в относительно однородных условиях ($К_{лн}$=0,45-0,75), в отличие от трассы I-I, протяжённостью 81 км и проходящей преимущественно по территории с сильно неоднородными ландшафтно-геокриологическими условиями $К_{лн}$ >0,85 (71%).

Методика ландшафтного картографирования широко используется, в том числе и для оценки динамики геоэкологических условий территории. В качестве примера такой оценки на основе ландшафтной картографической модели проведена оценка динамики распространения высокоствольных ивняков – лучших летних оленьих пастбищ. Известно, что высокоствольные ивняки развиваются в типичной тундре благодаря совместному действию двух ведущих факторов: засоленности многолетнемерзлых пород и процесса криогенного оползания. Ареал распространения ивняковых тундр совпадает с границей засоленных с поверхности морских отложений, а сами ивняки являются индикаторами древней оползневой активности. Современные молодые оползни могут быть индицированы по пионерным луговым сообществам с участками незадернованных поверхностей [11,13].

С помощью геоинформационного картографирования на ландшафтной основе построена карта распространения высокоствольных ивняков на период конца 70-80х годов (рис. 2.). Современные данные дистанционного зондирования Земли (космические снимки) позволяют оценить сокращение площади ивняков, связанное с активизацией процесса криогенного оползания (рис. 3). На 2010 г. в результате активизации процесса криогенного оползания произошло изменение состояния летних оленьих пастбищ за счет сокращения площади высокоствольных ивняков почти на 10%.

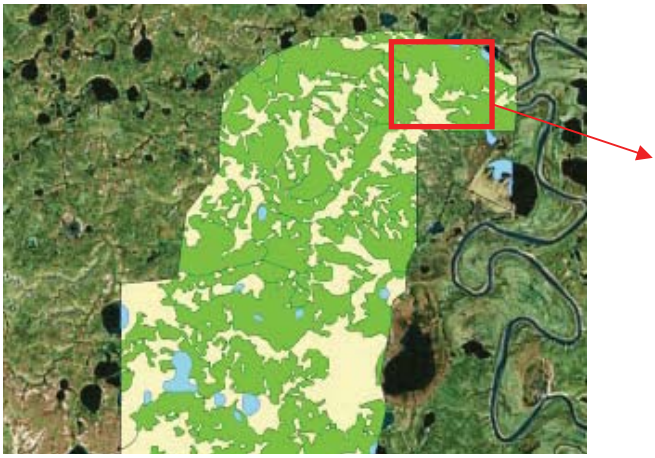


Рис.2.Фрагмент карты распространения высокоствольных ивняков. Зеленый цвет – ареалы ивняков. Масштаб 1:25 000

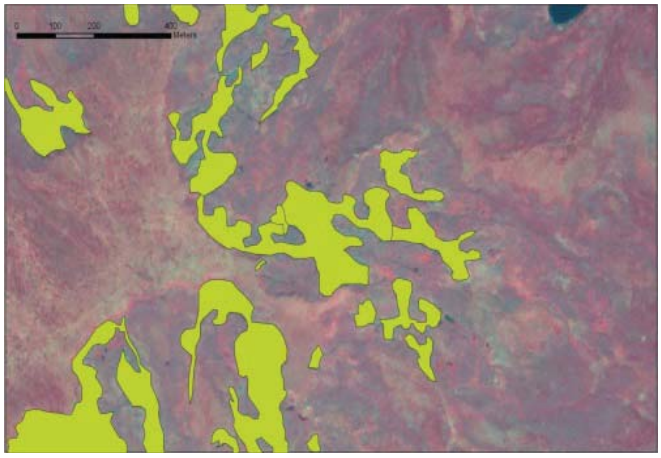


Рис.3.Снимок QuickBird. Участки молодых оползней

Работы проводятся при поддержке Совета по грантам Президента РФ (грант НШ-5582.2012.5), Международных проектов RISES, LCLUC, TSP, грантов РФФИ (№№ 11-05-00544-а, 11-05-10084-к, 10-05-10027-к) и научных программ РАН и СО РАН.

Литература

1. Вечная мерзлота и освоение нефтегазоносных районов. – М., ГЕОС, 2002. – 400 с.
2. *Викторов А.С.* Математическая морфология ландшафта. – М.: Тратек, 1998. – 220 с.
3. *Викторов А.С.* Рисунок ландшафта. – М.: Мысль, 1986. – 179 с.
4. *Дроздов Д.С.* Информационно-картографическое моделирование природно-техногенных сред в геокриологии: автореф. дисс. на соиск. уч. степени д.г.-м.н. – Тюмень, 2004. – 49 с.
5. Инженерно-геологический мониторинг промыслов Ямала. Том II: Геокриологические условия Бованенковского месторождения / В.В. Баулин, В.И. Аксенов, Г.И. Дубиков. – Тюмень, ИПОС СО РАН, 1996, с. 240
6. *Мельников Е.С., Вейсман Л.И., Москаленко Н.Г.* и др. Ландшафты криолитозоны Западно-Сибирской газоносной провинции /– Новосибирск: Наука, 1983. – 165 с.

7. Методы региональных инженерно-геокриологических исследований для равнинных территорий / Под ред. Е.С. Мельникова и Г.И. Дубикова. – М.: Недра, 1986. с. 207

8. *Николаев В.А.* Проблемы регионального ландшафтоведения. М.: Изд-во МГУ, 1979, с. 160.

9. Основы геокриологии//Динамическая геокриология.Часть 4, под. Ред. Ершова Э.Д., 2001, с. 766.

10. Разработка и обоснование методов геокриологического мониторинга хранилищ ГСМ и захоронений буровых отходов, организованных в скважинных резервуарах в многолетнемерзлых породах регионов крайнего севера» отчет, ИКЗ СО РАН, 2009, с.173

11. *Украинцева Н.Г.* Ивняковые тундры Ямала как индикатор засоленности поверхностных отложений // Итоги фундаментальных исследований криосферы Земли // Новосибирск: Наука, 1997, с. 182-187.

12. *Украинцева Н.Г., Дроздов Д.С., Коростелев Ю.В., Коробова Т.А.* Ландшафтно-индикационная (геосистемная) концепция в геокриологических исследованиях: подходы и результаты // Труды Десятой Международной конференции по мерзлотоведению / Под ред. акад. В.П. Мельникова, при участии Д.С. Дроздова и В.Е. Романовского, т. 3, ООО «Печатник», Тюмень, 2012, с. 527-532.

13. *Ukraintseva, N.G.* Vegetation Response to Landslide Spreading and Climate Change in the West Siberian Tundra // Proceedings of the Ninth International Conference on Permafrost // D. I. Kane and K. M. Hinkel, editors. Institute of Northern Engineering, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks. June 29 – July 3,2008, V.2, p.1793-1798

КРУПНОМАСШТАБНОЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОЛОСЫ ТРАССЫ ГАЗОПРОВОДА НАДЫМ-ПУНГА

Н.Г. Москаленко, Е.В. Устинова, М.И. Рудь

Институт криосферы Земли СО РАН, nat-moskalenko@yandex.ru

LARGE SCALE GEOECOLOGICAL MAPPING OF NADYM-PUNGA GAS PIPELINE ROUTE

N.G. Moskalenko, E.V. Ustinova, M.I. Rud

Earth Cryosphere Institute SB RAS, nat-moskalenko@yandex.ru

Использование материалов повторной аэрофотосъёмки и наземных исследований позволило составить серию разновременных ландшафтных и инженерно-геокриологических карт полосы трассы газопровода Надым-Пунга. Составленные карты послужили основой для создания крупномасштабной геоэкологической карты [1]. На этой карте отражены типы устойчивости геологической среды [2] по её реакции к техногенным нарушениям, наблюдавшимся при строительстве газопровода (снятие растительности и верхних почвенных горизонтов, мощностью до 0,2 м, нарушение микрорельефа и поверхностного стока). На составленной геоэкологической карте показаны наблюдаемые экзогенные геологические процессы и явления и характер их распространения.

Развернутой легендой к карте служит таблица, содержащая покомпонентную характеристику показанных на карте контуров (таблица 1). В этой таблице указываются характер рельефа, название растительного сообщества с указанием степени покрытия поверхности травами, кустарничками, мхами и лишайниками, сомкнутости крон древостоя. Отмечаются высота снежного покрова и литологический состав отложений с указанием мощности слоёв, их влажности, объёмной массы и встречаемости данной литологической разности. Геокриологические условия охарактеризованы отдельно для современного и прогнозного состояния геологической среды. Указываются глубина залегания кровли многолетнемерзлых пород, мощность сезонноталого-сезонномерзлого слоёв, среднегодовая температура пород, экзогенные геологические процессы, приводится ско-

рость восстановления растительного покрова после разового его снятия, перечисляются природоохранные мероприятия.

Таблица 1

Фрагмент легенды геоэкологической карты

Состояние среды	Распространение ММП	СТС, СМС, м	Среднегодовая температура пород, ^{0}C	Экзогенные геологические процессы	Восстановление растительности, годы	Природоохранные мероприятия
ГУ1 (I) Слабонаклонные дренированные участки II надпойменной террасы с березово-сосновыми кустарничково-лишайниковыми редколесьями (СК 0,3, СП кустарничков 50%, лишайников 90%); высота снежного покрова 1-1,5м; песок с прослоями суглинков (W=24, ρ=1,5, Р=0,9).						
Современное	ММП отсутствуют	СМС 1-1,2	0:+1	Заболачивание	100-120	Посев травосмесей
Прогнозное	ММП отсутствуют	СМС 1-1,5	0:+1	Дефляция		
ГУ 7 (III) Бугры пучения в краевой части III озерно-аллювиальной равнины с кедровыми кустарничково-лишайниковыми рединами (СК<0,1, СП кустарничков 50%, лишайников 70%); высота снежного покрова 0,3-0,4м; торф 0,15м (W=225, ρ=0,3), песок 0,15-3м (W=17, ρ=1,6, Р=0,9), суглинок 3-10м (W=36, ρ=1,2, Р=0,8)						
Современное	ММП	СТС 1-1,5	-0,2:-0,5	Заболачивание	>120	Засыпка просадок
Прогнозное	Понижение кровли ММП	СТС 3,5	-0,2:-0,5	Термокарст		

Пояснения к таблице: ГУ – геоэкологический участок, в скобках индекс устойчивости (I – устойчивый, III – неустойчивый), СК – сомкнутость крон, СП – степень покрытия, W – суммарная весовая влажность, %, ρ – плотность скелета грунта, т/ м^3, Р – вероятность встречаемости (в долях единицы), ММП – многолетнемерзлые породы, СТС – сезонноталый слой, СМС – сезонномерзлый слой.

На основе составленной таблицы была выполнена типизация устойчивости геологической среды по ее реакции на техногенные нарушения по доминантным типам ландшафтных единиц. Оценка устойчивости инженерно-геокриологических условий геоэкологических участков к техногенному воздействию проводилась по комплексу показателей: составу поверхностных отложений, их температуре и льдистости, мощности сезонноталого-сезонномёрзлого слоёв, развитию экзогенных геологических процессов и восстанавливаемости растительного покрова. Из комплекса выделенных показателей выявляются ведущие, обуславливающие устойчивость или неустойчивость геологической среды данного геоэкологического участка, такие как льдистость, температура пород, степень активности существующих и прогнозируемых экзогенных геологических процессов и восстанавливаемость растительного покрова.

Неустойчивость геологической среды островной криолитозоны Западной Сибири обусловлена тем, что многолетнемёрзлые породы являются неустойчивыми в силу их высоких температур, льдистости и небольшой мощности и под влиянием освоения часто подвергаются деградации, сопровождающейся активным развитием криогенных процессов.

К группе участков с неустойчивой геологической средой отнесены скопления бугров и гряд пучения с медленно восстанавливающимся растительным покровом. Эти участки сложены суглинками или песками, подстилаемыми суглинками, местами перекрытыми торфом, и для них характерны залежеобразующие льды в виде прослоев и линз. Межбугровые и межгрядовые понижения заняты болотами и озерами. На буграх и грядах активно развиты термокарстовые процессы,

а на болотах – пучение. В пределах Надымского стационара, мониторинговые наблюдения на котором ведутся с 1970 года, неустойчивые геоэкологические участки занимают 50,8 % от его площади (рис. 1).

При освоении неустойчивых геоэкологических участков, чтобы предотвратить дальнейшую активизацию термокарста, повсеместно следует проводить инженерную рекультивацию территории: подсыпки, теплоизоляционные покрытия, организация водоотвода, регулирование снежного покрова, а на буграх и грядах также и биологическую рекультивацию (посев травосмесей). Освоение следует вести с минимальными нарушениями поверхности и растительного покрова, проводя строительные работы в холодное время года после завершения сезонного промерзания и установления снежного покрова.

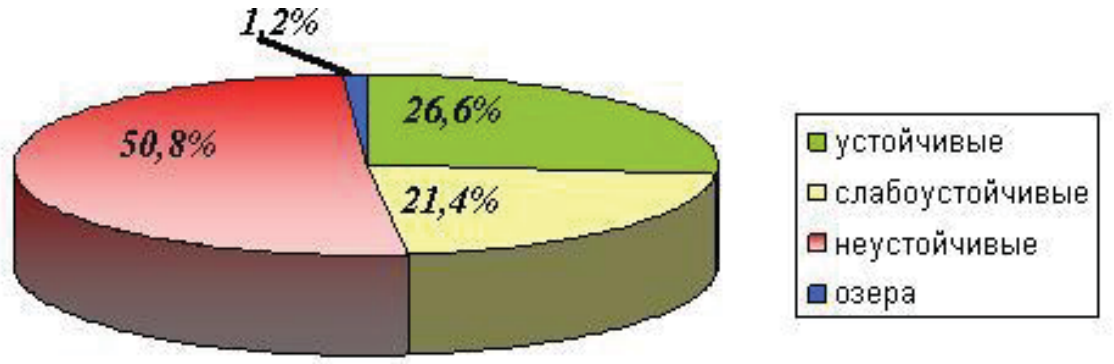


Рис. 1. Площади, занятые геосистемами с разной устойчивостью геологической среды

Значительные площади (26,6%) в районе исследований занимают слабоустойчивые геоэкологические участки. Они включают плоские заболоченные участки, сложенные сильнольдистым торфом, подстилаемым песками, супесями и суглинками, и занятые кустарничково-травяно-моховыми рединами и болотами. Из современных экзогенных геологических процессов здесь характерны пучение, термокарст и заболачивание. Освоение заболоченных равнин сопровождается нарушением поверхности и условий стока поверхностных и подземных вод. Это приводит к резкой активизации термокарста на участках болот. Для предупреждения дальнейшего развития термокарстовых процессов на заболоченных равнинах наиболее эффективны меры инженерной рекультивации (организация водоотводов, подсыпки).

К устойчивым участкам отнесены дренированные пологоволнистые равнины, сложенные песками и супесями и покрытые редкостойными лишайниково-зеленомошными лесами и редколесьями с участием сосны, лиственницы, кедра и берёзы, занимающие 21,4% района исследований. В пределах пологоволнистых равнин локально развиты заболачивание и дефляция. Вырубка лесов в процессе освоения дренированных равнин приводит к уменьшению мощности снежного покрова, увеличению глубин сезонного промерзания и активизации процессов дефляции. Для борьбы с дефляцией локально проводят биологическую рекультивацию (посев травосмесей).

В 2012 г. М.И. Рудь составлена ландшафтная карта Полуй-Надымского междуречья, на основе которой планируется подготовка среднемасштабной геоэкологической карты.

Таким образом, проведению природоохранных мероприятий должна предшествовать типизация геологической среды, позволяющая выделить наиболее ранимые, неустойчивые геоэкологические участки с наиболее медленно восстанавливающимся после техногенного нарушения растительным покровом.

В настоящее время происходит дальнейшее усиление освоения равнин криолитозоны России, в первую очередь ее северных районов. Большая уязвимость природных объектов Севера и длительность восстановления нарушенных геосистем требует повышенного внимания к охране природы.

Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации (грант НШ-5582.2012.5) и Тюменской Губернской Академии.

Литература

1. *Москаленко Н.Г., Устинова Е.В.* Геоэкологическое картографирование северо-таежных ландшафтов Западной Сибири // Материалы 12 съезда Русского Географического общества, 2005, Санкт-Петербург: Русское Географическое общество, Т. 6. С. 53-55.

2. *Сергеев Е.М.* Инженерная геология – наука о геологической среде. – Инж. геология, 1979, № 1. С. 3-19.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЙОНИРОВАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА, РАСПОЛОЖЕННЫХ В РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ СИБИРИ

Серебренников С.П., Джурик В.И., Усынин Л.А., Щагун А.Н.
Институт земной коры СО РАН, serebr@crust.irk.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF HAZARD SEISMIC ZONING FOR THE SITES LOCATED IN DIFFERENT CLIMATE ZONES OF SIBERIA

S.P. Serebrennikov, V.I. Dzhurik, L.A. Usynin, A.N. Shagun
Institute of the Earth's Crust SB RAS, serebr@crust.irk.ru

Изучение сейсмичности в различных климатических зонах Сибирского региона позволило получить данные об особенностях проявления верхнего слоя земной коры в широком диапазоне температур в естественном залегании и провести сравнительный анализ их поведения при землетрясениях.

На первом этапе исследований изучены материалы проявления сейсмических событий на территории Сибири. Были проанализированы плейстосейстовые зоны землетрясений, наиболее полно отражающие особенности проявления сейсмических сотрясений в различных климатических зонах.

Направления максимальных осей изосейст связываются для этих землетрясений с активностью структур того же направления, и к этому направлению «подтягиваются» и максимальные проявления сейсмичности. Существенную роль в конфигурации изосейсмальных областей играют такие факторы, как затухание сейсмических волн в слоях горных пород, приповерхностные и глубинные неоднородности, которые определяют интенсивность сейсмических воздействий на сооружения и, как следствие, основные направления затухания или спадания балльности с расстоянием. В то же время существует зависимость направления основных осей интенсивности сейсмических воздействий в баллах от мерзлотных особенностей и плотности распределения по этим же направлениям островов мерзлоты.

В связи с этим и для количественной оценки влияния приповерхностной части земной коры на исходные сейсмические сигналы проведены теоретические расчеты акселерограмм, спектров ускорений и расчетных собственных частотных характеристик. Для проведения необходимых расчетов выбран метод тонкослоистых сред [4]. Решается двумерная задача для плоской объемной волны, падающей под различными углами на подошву нижнего слоя. В расчетном алгоритме используется линейная теория упругости, моделирующая слабые сейсмические воздействия. Прямое применение результатов расчета справедливо при сравнительно слабой исходной сейсмичности (до 7 баллов), однако по расчетным максимальным ускорениям, превышающим 7-ми балльные сотрясения, возможно прогнозировать остаточные деформации с определенной достоверностью.

Путем построения набора моделей, реализации теоретических расчетов изучена в первом приближении динамика сейсмической опасности территорий Восточной Сибири расположенных в зонах сплошной и островной мерзлоты. При изучении использовались макросейсмические све-

дения по сильным землетрясениям, данные комплекса инструментальных измерений и теоретические расчеты с использованием исходного сигнала, соответствующих землетрясениям региона в целом.

В связи с решением поставленной задачи, построены сейсмические модели до глубин возникновения землетрясений. Они характеризуются изменением с глубиной акустических жесткостей, продольных и поперечных волн и декрементов их затухания. Модели соответствуют геологическим разрезам северо-восточной части Байкальской рифтовой зоны (мерзлые грунты) и средним и южным районам Восточной Сибири и Забайкалья.

В результате получен набор параметров, характеризующих изменение сейсмического риска при одинаковых сейсмических воздействиях, для относительно северных и южных районов Сибири (или для различных их климатических зон). Представляется, что переход от северных к южным районам региона или деградация мерзлоты малой мощности приводят к усилению влияния приповерхностных неоднородностей, которые становятся значительными (сравнимыми с глубинными) на частотах сейсмических колебаний больше 3 Гц.

В региональном плане первая модель построена для северных районов региона, охваченных мерзлотой. В ее пределах в самой верхней зоне разреза скорости сейсмических волн имеют высокие значения равные 3,2-3,6 км/с - для продольных и 1,6-1,9 км/с - для поперечных волн. На первых десятках метров они быстро возрастают до 4,8 и 2,8 км/с, соответственно. До глубины 18 км разрез представлен шестью слоями со значениями Vp=5,8; 6,0; 6,2; 6,4; 7 и 7,6 км/с.

Вторая модель соответствует грунтам в переходной зоне от мерзлых грунтов к талым и она представляется максимально до 11 слоев. В рыхлых неводонасыщенных грунтах средняя скорость Р-волн в верхнем 10-ти метровом слое равна 0,8 км/с, а Vs=0,36 км/с. На участках выхода коренных пород на поверхность скорость продольных волн в слое мощностью 70 метров увеличивается от 2,6 до 4,8 км/с, а Vs - от 1,3 до 2,9 км/с. Ниже, до 18 км, распределение скоростей с глубиной соответствует предыдущей сейсмической модели. Как правило, эта модель соответствует предгорным районам.

В качестве исходного сигнала была сформирована акселерограмма для горизонтальной компоненты по методике, изложенной в работах [1, 2, 3, 5] с относительно широкополосным спектром, соответствующим сильным землетрясениям региона. Продолжительность сигнала составила 20 с, максимум спектра приходится на 1-2 Гц, ширина спектра, на уровне 0,5 от максимума, лежит в интервале 0,7-5,5 Гц. По отмеченным параметрам, частотному и амплитудному составу такой сигнал может соответствовать большому числу возможных сильных землетрясений исследуемого региона.

Для оценки и разделения степени влияния глубинных и приповерхностных неоднородностей на исходный сигнал использовались частотные характеристики [2, 3]. Суммарное влияние для построенных моделей найдено путем деления спектров сейсмических колебаний на поверхности на спектр исходной акселерограммы. Они показывают, что модель, представленная сверху мерзлыми и плотными грунтами, увеличивает длиннопериодные колебания на частотах меньше 2-3 Гц. С увеличением частоты наблюдается быстрый спад кривой, а для талых грунтов происходит заметное увеличение (в 2-3 раза) интенсивности исходных колебаний на частоте от 2 до 5 Гц. Поэтому величины отношений этих кривых будут иметь максимум, равный 3,2 на низких частотах (близких к 1 Гц) и 5,4 на частотах близких к 2 Гц. Это свидетельствует о том, что степень влияния приповерхностных неоднородностей на величину изменений амплитудного и частотного состава колебаний исходного сигнала при переходе от территорий с твердомерзлыми грунтами к территориям распространения островной мерзлоты и далее к талым грунтам возрастает, что подтверждается отмеченным выше распределением изосейст сильных землетрясений.

Литература

1. *Джурик В.И., Серебренников С.П., Юшкин В.И., Чипизубов А.В., Баскаков В.С., Ескин А.Ю.* Методика комплексных исследований сейсмогрунтовых условий строительства нефтепровода на севере оз. Байкал. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. №5,2005. С.16-20.

2. *Джурик В.И., Серебренников С.П., Дреннов А.Ф., Усынин Л.А.* Методика районирования параметров сейсмической опасности линейных сооружений по сейсмогрунтовым моделям. Криосфера Земли, 2008, т. XII, № 4, с. 66-76.

3. *Дреннов А.Ф., Джурик В.И., Серебренников С.П., Дреннова Н.Н.* Влияние верхней зоны разреза на амплитудно-частотный состав сейсмического сигнала на примере сейсмических станций Прибайкалья и Забайкалья // Сейсмические приборы. 2010. Т. 46. №2. С.48-58

4. Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность: Методическое руководство по сейсмическому микрорайонированию М.: Наука, 1988. 224 с.

5. *Серебренников С.П., Джурик В.И.* Опыт районирования техногенной и сейсмической опасности при строительстве линейных сооружений в условиях криолитозоны // Криосфера земли. 2004, т. 8, №1. С. 64-73.

ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

Л.Е. Тарская, П.В. Ефремов, Г.П. Стручкова, Т.А. Капитонова
Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, lina.tarskaya@mail.ru

ESTIMATION OF PIPELINE GEOECOLOGICAL SAFETY UNDER CONDITIONS OF THE NORTH

L.E.Tarskaya, P.V. Efremov, G.P. Struchkova, T.A. Kapitonova
Institute of Physical Technical Problems of the North SB RAS, lina.tarskaya@mail.ru

Технический прогресс в развитии трубопроводных систем предъявляет высокие требования к безопасности и надежности трубопровода. При возникновении аварий в нефте- и газопроводе это может привести к глобальной катастрофе в окружающей среде.

Эксплуатация нефте- и газопроводов осуществляется в чрезвычайно контрастных условиях и природных средах с активным проявлением целого комплекса сложных природно-климатических и геологических процессов, которые воздействуют на аварии трубопроводов: перепады температур в зимние и летние периоды, осадки, деградация вечномерзлых грунтов основания и полосы, лесные пожары, неоднородность рельефа, переходы через реки и ручьи, болотистые места.

На трассах трубопроводов на многолетнемерзлых грунтах, отмечаются:

- криогенное пучение грунтов;
- наледеобразование;
- процессы эрозии и термоэрозии, вызывающие возникновение процессов оседания, обрушения, осыпания, оползания и др;
- солифлюкция и оползнеобразование;
- термокарст, который образуется в связи с оттаиванием льдонасыщенных грунтов и вытаиванием подземных льдов, приводящий к проседанию поверхности земли, возникновению отрицательных форм рельефа и их заболачиванию.

Одним из основных подходов к повышению эффективности процессов управления при возникновении чрезвычайных ситуаций, минимизации экономического ущерба от последствий аварий и катастроф, возможного их предупреждения является внедрение информационных технологий, моделирование природных и технологических процессов, оценка риска с использованием ГИС-технологий, что позволяет:

- осуществить районирование исследуемой территории по интенсивности проявления природно-техногенных ЧС;
- осуществить идентификацию и инвентаризацию потенциально опасных объектов;

- осуществить прогнозную оценку миграции загрязняющих веществ как при фоновом антропогенном воздействии, так и при аварийных выбросах.

Нефтегазопроводы Якутии проложены по территории преимущественно со сплошным и прерывистым распространением многолетнемерзлых пород в специфических гидрогеологических и геологических условиях, которые определяют особую сложность и пестроту инженерно-геокриологической обстановки на его отдельных участках.

Часто аварии трубопровода повторяются в одних и тех же местах, что показано на рис. 1. Как правило, это зоны тектонических нарушений, где имеют место пульсации горных пород, речные переходы, места резких изменений рельефа. Климатические особенности территории прохождения трассы трубопровода определяют также специфические экзогенные процессы, развитие которых представляет опасность для трубопровода. Это термоэрозия, термокарстовые явления, оползни, заболачивание мест прохождения трассы [1].

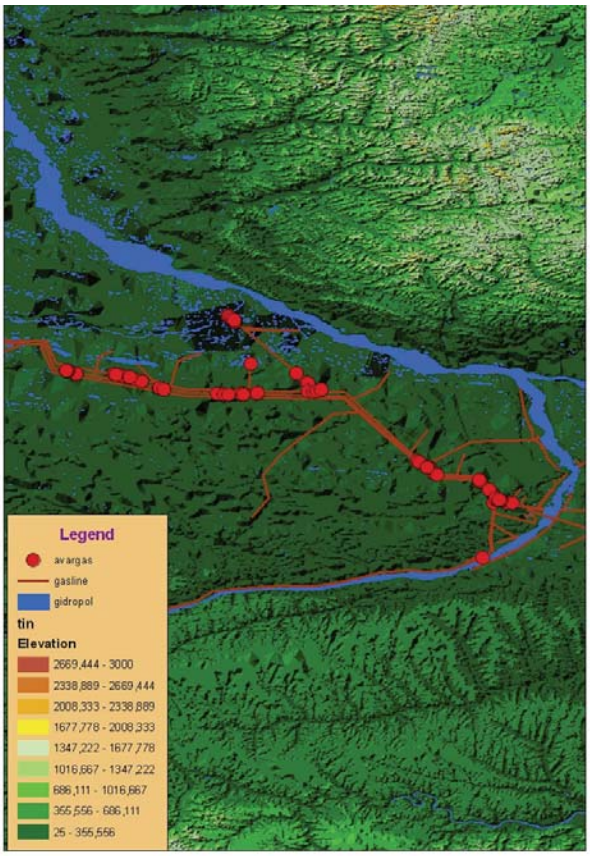


Рис. 1. Распределение отказов и аварий газопровода Мастаах-Берге-Якутск

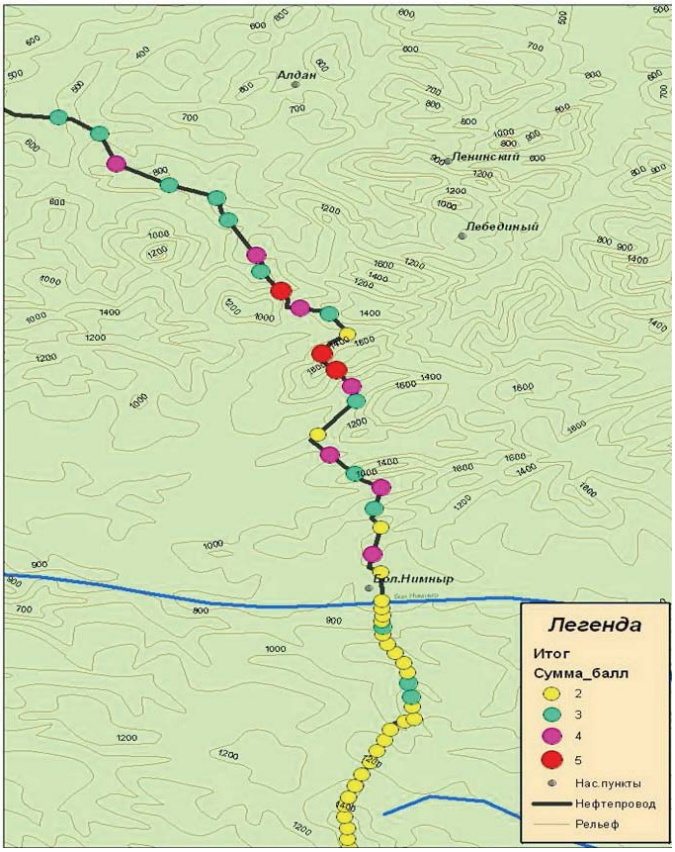


Рис. 2. Результаты зонирования территории прохождения магистрального трубопровода по уровню потенциального риска аварий, связанного с резким перепадом высот

Участки с многолетнемёрзлыми грунтами представляют наибольшую сложность при оценке их опасности для трубопровода из-за высокой динамичности и изменчивости геокриологических процессов, которые обусловлены внешними климатическими условиями и воздействием объектов нефтепровода на температурный режим горных пород. Перечисленные выше основные причины, обуславливающие возможность создания аварийных ситуаций на МГ Мастах - Берге - Якутск (включая газопроводы - отводы и газораспредели-тельные станции), создают следующие факторы воздействия на техническое состояние системы трубопроводов:

- создание напряжений в теле конструкции, связанное с механическим перемещением трубы из-за изменения профиля траншеи (протаивание и размыв грунтов, оголение участков трассы, промерзание водонасыщенных почв);

- циклические сезонные мерзлотные процессы: пучение грунтов при промерзании и осадки при оттаивании, что приводит к созданию сложно деформированного состояния конструкции и служит причиной ее возможного разрушения;

- одним из наиболее опасных факторов, влияющих на техническое состояние трубопровода, является наличие на некоторых участках трассы (участок Мастах - Берге) перевеваемых песков, лишенных растительности. Трасса на этих участках подвергается воздействию ряда неблагоприятных факторов, связанных с низкой прочностью смерзания грунтов с поверхностью трубы, возникновением усталостных напряжений и т.п.

Результаты оценки риска аварий трубопровода, связанные с влиянием одного фактора - локализации и протяженности участков прохождения трубопровода с неоднородностями рельефа (перепадов высот) получены при использовании ГИС. Резкие изменения рельефа являются одним из осложняющих факторов, влияющих на работу трубопровода. Так, при остановке перекачки статическое давление может быть значительным на одной стороне участка по отношению к другой за счёт большой разности высот.

Для участка ВСТО от Нерюнгри до Алдана проводились вычисления величин уклонов рельефа для линейных объектов при использовании SRTM. На рис. 2 представлены результаты зонирования территории прохождения магистрального трубопровода по уровню потенциального риска аварий, связанного с резким перепадом высот.

В свою очередь, величины вероятности возникновения аварийных ситуаций определенного типа не будут постоянными, а будут зависеть от характеристик интенсивности техногенного, антропогенного и природного воздействия. В результате для оценки экологического риска необходимо разработать достаточно сложные прогностические модели [2].

Литература

1. *Капитонова Т.А., Стручкова Г.П., Тарская Л.Е., Ефремов П.В.* Анализ факторов риска трубопроводов, проложенных в условиях криолитозоны с использованием ГИС-технологий. IV Всероссийская научно-практическая конференция «Информационные технологии в науке, образовании и экономике»

2. *Ефремов П.В., Стручкова Г.П., Капитонова Т.А., Тарская Л.Е.* Определение слабых мест участков линейной части магистральных трубопроводов с использованием ГИС. (в печати, конф. «Сварка и безопасность»)

ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЯКУТИИ В ЦЕЛЯХ НАУЧНОГО ТУРИЗМА

О.Н. Толстихин[1], Л.Д. Иванова[2], Н.А. Павлова[2]

[1]Филиал ФГБОУ ВПО «Байкальский государственный университет экономики и права»,
[2]Институт мерзлотоведения им. П.И Мельникова СО РАН,
ton_ykt@mail.ru, ldivanova@mpi.ysn.ru, pavlova@mpi.ysn.ru

THE POSSIBILITIES FOR GEOECOLOGICAL MAPPING OF YAKUTIYA FOR PURPOSES OF SCIENTIFIC TOURISM

O.N. Tolstikhin[1], L.D. Ivanova[2], N.A. Pavlova[2]

[1]Filial FGBOU VPO "Baikal State University of the Economy and Right", ton_ykt@mail.ru
[2]Melnikov Permafrost Institute SB RAS, ldivanova@mpi.ysn.ru, pavlova@mpi.ysn.ru

Научный туризм в последнее время становится одним из весомых экономических факторов развития территорий отдельных государств. С другой стороны, развитие научного туризма невозможно без учета общих туристских интересов путешественников, поскольку, когда человек ока-

зывается в новом неизвестном для него месте, он невольно стремится увидеть все, что отличает эту территорию от привычных «домашних» условий. Таким образом, информационные материалы, относящиеся к научному туризму всегда целесообразно сочетать с интересными данными, относящимися к туризму вообще. Рассматривая с этих позиций перспективы развития туризма на территории Республики Саха (Якутия) приходится констатировать явную недостаточность информационных материалов, относящихся к природе и культуре Республики. Возможным направлением преодоления этого обстоятельства является разработка картографических материалов, которые отражали бы природные, в первую очередь, геоэкологические и социальные факторы.

Для реализации этой идеи Институтом мерзлотоведения СО РАН и Байкальским университетом экономики и права начато составление туристской карты Якутии в программе Arc GIC 10 масштаба 1:1 500 000. Намечаемый масштаб карты был выбран в связи с ее обзорностью и детальностью с учетом имеющегося опубликованного картографического материала геологического, гидрогеологического, криогеологического и инженерного содержания [1, 2, 3, 4]. Планируется создание около десяти тематических слоев, которые будут отражать разнообразное содержание карты, включая текстовую, табличную и фотографическую информацию. Основные слои карты, представляющие интерес для туристов, предполагаются: ландшафтная основа, особо охраняемые природные территории, геологические, геокриологические, геоботанические, археологические, этнографические памятники, уникальные водные объекты, ореолы обитания редких видов животных. Помимо сказанного на карте будут показаны туристские маршруты и объекты обслуживания туристов. В таблице представлены предварительные разработки по информационным слоям карты.

В качестве эталонного объекта для разработки макета карты принята территория г. Якутска, которая войдет тематическим слоем в масштабе 1:100 000 (рис.). На рисунке показаны тематические слои геологического, криогеологического и экологического содержания, объекты инфраструктуры г. Якутска, представляющие интерес для туристов научного направления.

В заключение отметим, что по результатам разработки цифровой модели предлагаемой карты масштаба 1:1 500 000 возможно опубликование ее в виде атласа туристских карт Якутии с врезками более крупного масштаба.

Литература

1. Гидрогеология СССР. Том XX. Якутская АССР. М.: Недра, 1970. – 383 с.

2. Карта мерзлотно-гидрогеологического районирования Восточной Сибири. Масштаб 1:2 500 000 / под ред. П. И. Мельникова. – М.: ГУГК, 1984. – 4 печ. л.

3. *Гриненко В. С., Камалетдинов В. А. Сластенов Ю. Л.* и др. Геологическое строение Большого Якутска / Региональная геология Якутии. – Якутск: Изд. ЯГУ, 1995. – 155 с.

4. Настольная книга якутского экскурсовода: учебное пособие / Т.Г. Винокурова, О.Н. Толстихин, О.К. Шапошникова. – Иркутск, Изд-во БГУЭП, 2112, – 212 с.

Таблица

Информационные слои карты

№	Информационные слои карты		Объект векторизации
Каталог **Topo** – данные топографической основы в географических координатах			
1	Административное деление	Городские округа, районы	полигоны
2	Топографические объекты		полигоны, точки, линии
Каталог **Landshaft** – ландшафтно-индикационные слои (тематические данные)			
3	Типы ландшафтов	Зоны равнинных ландшафтов	полигоны
		Пояса горных ландшафтов	полигоны
		Азональные и интразональные ландшафты	полигоны
		Азональные и интразональные ландшафты	точки
4	Виды ландшафтов		полигоны
5	Ландшафтные провинции		полигоны
6	Экзогенные процессы		точки
7	Особо охраняемые природные территории	Заповедники, природные парки, ресурсные резерваты	полигоны
		Геологические, стратиграфические, геологоморфологические, геокриологические, гидрогеологические и комплексные многокомпонентные памятники природы	точки
		Памятники флоры и фауны, представленные уникальными ассоциациями растительного и животного мира	точки
		Археологические памятники	точки
8	Маршруты миграций перелетных птиц		линии
9	Ареалы обитания представителей флоры и фауны, внесенных в Красную Книгу		полигоны
10	Промышленно-хозяйственные объекты	Сельскохозяйственные, горнодобывающие и перерабатывающие предприятия	точки
		Территории нарушенные горными разработками отвалов горных пород и хвостохранилища	точки
		Посещаемые стойбища оленеводов	точки
11	Музейные комплексы, исторические объекты, этнографические комплексы		точки
12	Места лицензионной охоты и рыбалки		точки
13	Туристские маршруты	Пути экстремальных зимних маршрутов, сплавы по рекам различной категории сложности, горные маршруты, маршруты по следам экспедиций первопроходцев, маршруты к памятникам природы	линии
14	Места проведения национальных праздников		точки
15	Границы	разные	линии

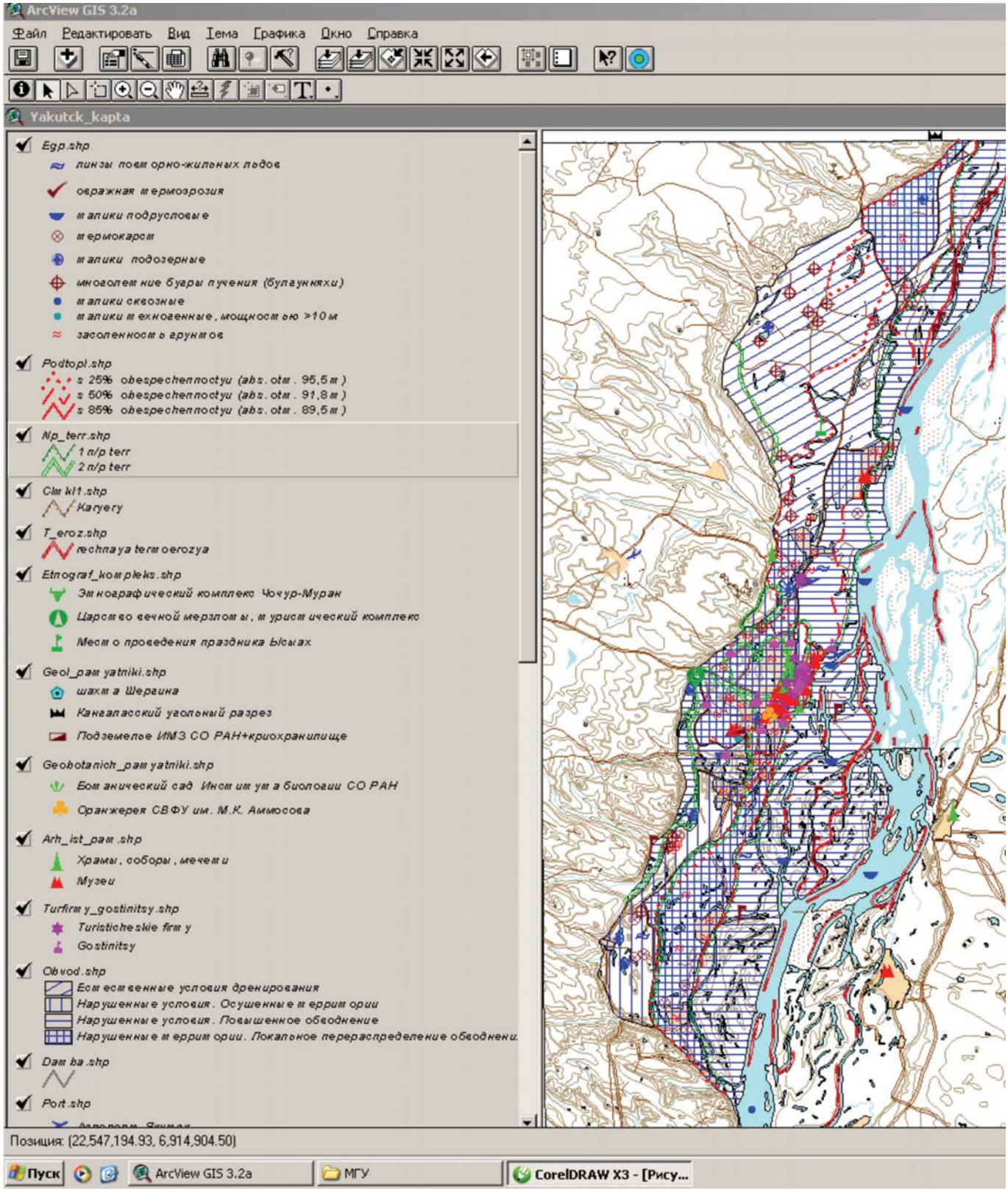


Рис. Территория г. Якутска, объект для разработки макета карты

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ

М.А. Харькина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет, Москва, 119992, Москва, Ленинские горы, д. 1, e-mail:kharkina@mail.ru

METODOLOGICAL ASPECTS OF GEOLOGICAL PROCESSES MAPPING UNDER ENGINEERING ECOLOGICAL SURVEY

M.A. Kharkina

Lomonosov Moscow State University, Moscow, e-mail:kharkina@mail.ru

1. Нормативные документы, разработанные на инженерно-экологические изыскания, содержат крайне скудную информацию по изучению природных и техногенных геологических процессов, особенно в криолитозоне (табл.). Они не регламентируют перечень и состав работ, масштабы картирования, виды мониторинга и список параметров для наблюдений за развитием процессов при инженерно-экологических изысканиях. В СНиПе 11-02-96 и СП 11-102-97, непосредственно разработанных на инженерно-экологические изыскания, предусмотрена лишь возможность изучения процессов в составе других видов изыскательских работ (инженерно-геологических и инженерно-гидрометеорологических).

2. Нормативные документы по оценке геологических процессов разработаны с антропоцентрических позиций. Необходимо разработать не только антропоцентрический подход, где в центре исследований стоит человек, но и биоцентрический подход, где главенствующее место занимают представители животного мира и растительность. Особенно это касается малообжитых районов криолитозоны , где инженерно-экологические условия исследуются на предпроектных этапах изысканий, в частности при прокладке трубопроводов в малодоступных районах с низкой плотностью населения.

Таблица

Достоинства и недостатки нормативных документов при изучении экологически значимых процессов (П), включая криолитозону

Документ	Информация о геокриологических П	Достоинства	Недостатки
СНиП 11-02-96 Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие положения	отсутствует	Предусмотрена возможность изучения П в составе других видов (инженерно-геологических и инженерно-гидрометеорологических) изысканий	Не содержат конкретных указаний по необходимости оценки экологических последствий проявления П. Не содержит перечня и состава работ по изучению П
СП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания	отсутствует		
СНиП 22-01-95 Геофизика опасных природных воздействий	Нормированы критерии оценки термоэрозии овражной, термокарста, пучения, солифлюкции, наледеобразования	Выделены категории опасности П; нормированы геологические (абиотические) показатели оценки П	Не предусмотрены биотические показатели оценки П

3. Существующие классификации отдельных геологических процессов составлены преимущественно по генетическому или морфологическому признакам. Только для оползней существует более 100 генетических классификаций. Известна систематика экзогенных геологических

процессов в криолитозоне по механизму и связи с теплообменом в породах [1], предложенная С.Л. Гарагуля. Она предоставляет информацию о механизме, причинах развития процессов, сопутствующих процессах и основных формах проявления в отложениях и в рельефе. Указанная систематика геокриологических процессов является хорошей методической основой для выявления зональных и региональных закономерностей распространения и проявления процессов, но мало информативны для целей инженерно-экологических изысканий.

4. Для инженерно-экологических изысканий необходимо разработать новые классификации геологических процессов, включая геокриологические, по принципу воздействия на биоту. С эколого-геологических позиций классифицирование процессов целесообразно проводить по последствиям проявления геологических процессов, причем отдельно для человека и других представителей биоты (растений, животных, микроорганизмов и т.д.). Основой для таких классификаций может служить или скорость (амплитуда, высота подъема, радиус действия) процессов, угрожающих жизни, или степень деградации почвенного покрова, определяющая состояние кормовой базы.

Основным принципом антропоцентрической систематики геологических процессов является сохранность жизни человека и комфортность его проживания, а биоцентрической – сохранность почвы и изменения в структуре биоты. В [3] предложены антропоцентрическая и фитоцентрическая экологически ориентированные систематики природных процессов, включая криогенные, с выделением четырех блоков: катастрофических, опасных, неблагоприятных и благоприятных процессов.

5. Оценка геологических экологически значимых процессов требует дифференцированного подхода к состоянию различных представителей биоты. Различия касаются не только длительности и интенсивности проявления процессов, но их перечня. В [4] намечены антропоцентрический и биоцентрический подходы к оценке эколого-геологических условий, обусловленных геодинамическими характеристиками литосферы. Определена интенсивность геологических и других природных процессов на территории России, имеющих экологическое значение для человека и растений.

6. При картографировании геологических процессов в рамках инженерно-экологических изысканий необходимо использовать не только традиционные геологические (абиотические) критерии оценки геологических процессов, но и биотические, к которым относятся медико-статистические, ботанические, зоологические, микробиологические и другие критерии [2]. Они позволяют качественно или количественно оценить состояние биоты и определить комфортность проживания людей.

Литература

1. Основы геокриологии. Динамическая геокриология / Под ред. Э.Д. Ершова. Ч.4. М.: Изд-во МГУ, 2001. 688 с.

2. *Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Харькина М.А., Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д.* Эколого-геологические карты. Теоретические основы и методика составления. М.: Высшая школа, 2007. С. 403.

3. *Трофимов В.Т., Харькина М.А., Григорьева И.Ю.* Экологическая геодинамика. М.: Книжный дом Университет, 2008. 473 с.

4. *Харькина М.А.* К вопросу об оценке эколого-геологических условий России, обусловленных современными геологическими и другими природными процессами // Бюл. моск. о-ва испытателей природы. Отд. Геол., т. 86, вып. 4, 2011. С.81-90.

К МЕТОДИКЕ ОБЗОРНОГО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ КРИОЛИТОЗОНЫ РОССИИ

А.Б. Чижов, А.В. Гаврилов, А.Ю. Деревягин, Е.И. Пижанкова
Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, геологический ф-т

TO THE METHODICS OF GENERAL GEOECOLOGICAL ZONING OF RUSSIAN CRYOLITHOZONE

A. Chizhov, A. Gavrilov, A. Dereviagin, E. Pizhankova
Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology

Геоэкологические условия криолитозоны определяются наличием в природных системах многолетнемерзлых пород (ММП) и специфических криогенных связей. Толщи ММП оказывают влияние на качество природной среды, ее естественную динамику и реакцию на антропогенные воздействия. Это обстоятельство определяет необходимость уделять геокриологическому фактору особое внимание в ходе геоэкологического картирования. В пределах криолитозоны выделяются две области: криолитозона континента (суши) и криолитозона шельфа. Различия природных систем этих областей, история развития, реакция на антропогенные воздействия и экологические риски отличны, что должно учитываться в разработке принципов геоэкологического картографирования.

Область континента

Для выделения территориальных природных систем предлагается использовать перекрестное районирование по зональным (геокриологические и геоботанические зоны, дополненные характеристикой индекса сухости по М.И. Будыко (1971)) и региональным (морфоструктура и высота рельефа) признакам. Пересечение этих признаков в виде клеток матрицы позволяет выделить типы природно-территориальных систем. Пересечение зональных и региональных границ на карте образует территориальные выделы (районы, подрайоны). Каждому выделу на карте придается свой индекс, что позволяет учесть индивидуальные особенности каждого. Таким образом, предлагаемое районирование является смешанным (индивидуальным типологическим).

Следующим этапом геоэкологического районирования является оценка территориальных выделов по степени остроты проблемных экологических ситуаций (ПЭС) и определяющим их факторам. Это экспертная оценка, задача которой предусмотреть экологические проблемы, связанные с особенностями природной среды криолитозоны, ухудшения ее качества при хозяйственном освоении, угрозу экологических бедствий и катастроф, вызванных природными процессами.

Геоэкологическая оценка районов проводилась по пяти группам факторов, формирующих ПЭС: экзогенные геологические процессы, Эндогенные процессы (сейсмичность), геохимические процессы, обеспеченность водными ресурсами, способность растительности к восстановлению. Для интегральной оценки геоэкологических условий каждого района использовалась четырехбалльная система оценок остроты ПЭС по каждой из пяти групп. Кроме того, экспертная оценка предполагает учет взаимодействия факторов риска, наличие особо охраняемых природных объектов и территорий, географическое положение района и др. В результате выделено четыре группы районов, различающиеся по степени геоэкологической сложности: относительно простые, сложные, очень сложные и особо сложные. Структура и острота ПЭС для каждого района может быть показана графически или в виде экспликации к карте районирования.

На заключительном этапе районирования выделяются территории, природные системы которых в той или иной степени подвержены антропогенным изменениям. Критерием их выделения является распространение антропогенных и природно-антропогенных ландшафтов, объемы перемещенных горных пород, наличие химического и механического загрязнения экосистем, плотность населения. В результате выделяются территории с высокой, умеренной и низкой степенью антропогенного изменения природной среды криолитозоны. При выделении и картографировании этих территорий предполагается широкое использование космоснимков. На карте районирования

следует показать и наиболее выраженные линейные зоны антропогенных воздействий, связанных с транспортными коридорами, выходящими за пределы территориальных выделов (федеральные авто-и железнодорожные магистрали и трубопроводы), а также главные источники поступления загрязняющих веществ. Все картографируемые элементы антропогенных воздействий должны подвергаться ревизии и обновлению не реже чем через 15-20 лет.

Область шельфа

Геоэкологические условия шельфа изучены совершенно недостаточно. Это касается прежде всего геокриологических условий и развития зоны гидратообразования, динамики береговой линии и донных отложений в результате интенсивной термоабразии.

Хозяйственное освоение шельфа в ближайшей перспективе связаны с добычей нефти и газа. Это делает особо актуальной угрозу химического (нефтяного) загрязнения окружающей среды, что в условиях низких температур представляет особую опасность. Наличие мерзлых пород и плавучих льдов являются дополнительными факторами риска аварий и экологических катастроф. Кроме того необходимо учитывать нарушение устойчивости зоны гидратов и выбросы большого количества горючих и парниковых газов. Геоэкологическая обстановка осложняется повышенной сейсмичностью ряда районов шельфа. Следует обратить особое внимание на повышенную чувствительность природных систем арктических морей к изменениям климата и охрану их уникального животного мира.

На современном этапе наших знаний вся область арктического шельфа должна быть отнесена к особо сложным по геоэкологическим условиям и требующая проведения опережающих геоэкологичских исследований.

Представляется целесообразным проводить комплексное геоэкологическое районирование в масштабе 1:8 млн. Для решения этой задачи необходимо привлечение группы специалистов включающих в себя геокриологов, сейсмологов, гидрогеологов, геохимиков, широкого круга специалистов природоохранного профиля. Предполагается широкое использование космо- и аэрофотоснимков, имеющегося картографического материала.

КРИОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ДЕСТРУКТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПОСЁЛОК ГРУМАНТ (АРХИПЕЛАГ ШПИЦБЕРГЕН)

В.В. Шарин, А.С. Окунев

ФГУНПП "Полярная морская геологоразведочная экспедиция",
г. Санкт-Петербург, Ломоносов, Россия; sharin_v@mail.ru,;geoalex26@gmail.com

DESTRUCTING CRIOGENIC PROCESSES AT THE GRUMANT VILLAGE (SPITSBERGEN ARCHIPELAGO)

V.V. Sharin, A.S. Okunev

"Polar Marine Geological Research Expedition", Saint-Petersburg, Lomonosov, Russia;
sharin_v@mail.ru,;geoalex26@gmail.com

Поселок Грумант расположен на одном из крупнейших островов архипелага Шпицберген – острове Западный Шпицберген (рис. 1). Наряду с посёлками Баренцбург, Пирамида и Колсбей он является объектом, принадлежащим Российской Федерации.

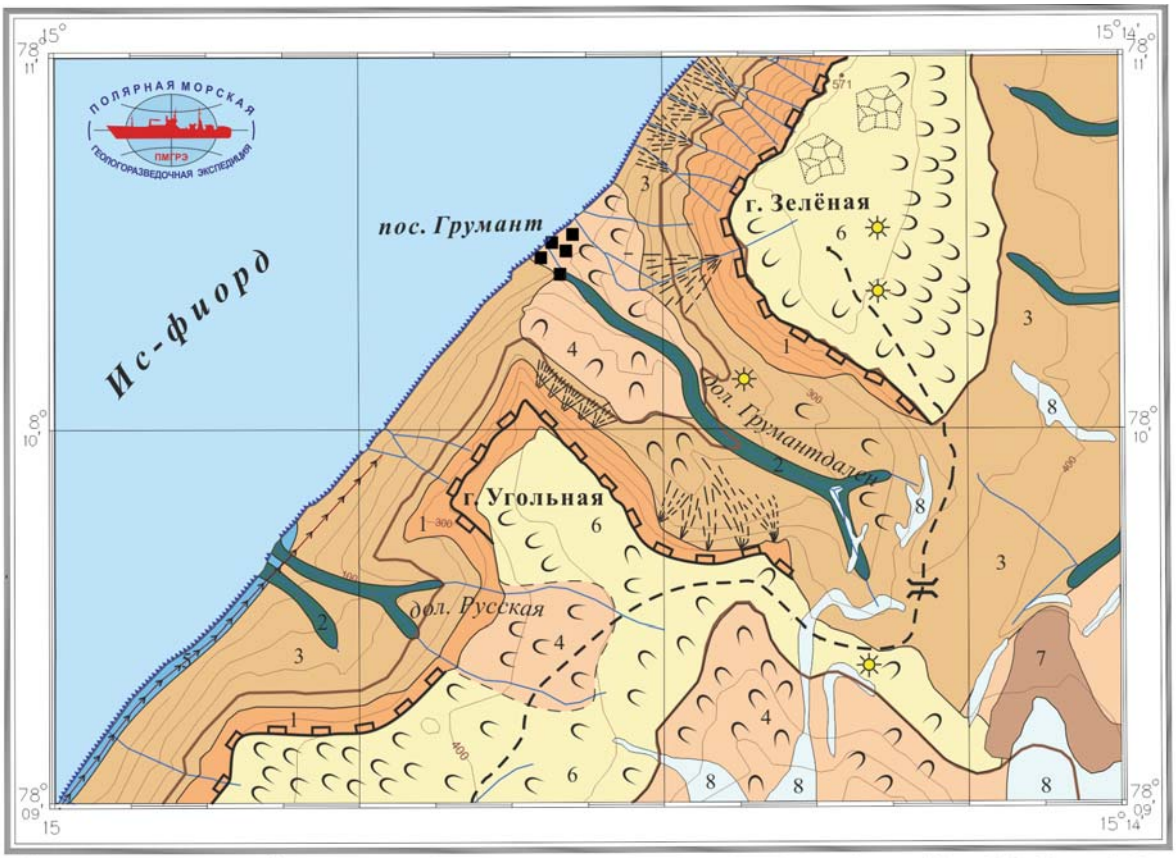
Его появление непосредственным образом связано с разработкой каменного угля. Начало работ на угольном месторождении «Грумант» относится к 1911-1913 годам прошлого века. До 1931 года на Грумантском месторождении разработки велись товариществом «Грумант» и акционерным обществом «Англо-Русский Грумант».

Рис. 1. Схема расположения российских и норвежских поселков на архипелаге Шпицберген

В июле 1931 года трестом «Северолес» был выкуплен весь пакет акций. Шахта и поселок полностью перешли во владение Советского государства. Существенно возрос и объем добычи угля с 2 000 тонн в 1931 году до 20 000 тонн в 1932 году [1]. Для увеличения объема добычи угля и организации его отгрузки на материк было принято решение о строительстве нового поселка и порта. Участок был выбран в 7,5 км от посёлка Грумант в Колес-бухте (пос. Колсбей). Уголь в посёлок Колсбей доставлялся по узкоколейной железной дороге, идущей вдоль побережья. До начала Второй мировой войны на руднике Грумант были полностью налажены инфраструктура, построены производственные и бытовые сооружения. Во время Второй мировой войны Грумант, также как и посёлки Лонгиер, Колсбей и Баренцбург были полностью разрушены огнём корабельной артиллерии немецкой эскадры во главе с линкором «Тирпиц» и рейдером «Шарнхорст». После войны, в 1947-1948 годах, горные выработки и инфраструктура были восстановлены. В пятидесятые годы среднегодовая добыча составляла 120 000 тонн, максимальная 144 000 тонн в 1953 году [2]. В 1961 году по экономическим и горногеологическим соображениям шахта и поселок были законсервированы.

В 2011 году геологами Шпицбергенской партии «Полярной морской геологоразведочной экспедиции», были проведены работы по изучению геоморфологического строения и четвертичных отложений в районе посёлков Грумант и Колсбей.

Одним из результатов работ по изучения геоморфологического строения района посёлка Грумант, является геоморфологическая карта (рис. 2).



Условные обозначения:

Рельеф денудационный: 1 - Склоны денудационно-эрозионные (> 35°), 2 - Склоны эрозионные (12- 45°), 3 - Склоны осыпные (15- 35°), 4 - Склоны делювиально-солюфлюкционные (< 15°), 5 - Морские террасы абразионные (2-20 м). Рельеф структурно-денудационный: 6 - Структурно-денудационные плато. Рельеф аккумулятивный: 7 - конечные и боковые морены позднеголоценового возраста (H_3), 8 - Ледники и многолетние снежники. Формы и элементы рельефа: 9 - Клиф, 10 - Структурно-денудационные уступы, 11 - Перевалы, 12 - Осыпные конусы. Наложенные формы: 13 - Площади развития криогенных трещинных жильных полигонов, 14 - Площади развития солифлюкционных террас, оплывин и каменных рек. Антропогенные формы: 15 - Постройки, 16 - Дороги, 17 - Узкоколейная ж/д, 18 - Скважины. Геоморфологические границы: 19 - а- четкие; б-предполагаемые. Прочие обозначения: 20 - Водотоки, 21 - • 571 Высотные отметки.

Посёлок Грумант расположен в долине Грумантдален, которая в геоморфологическом плане представляет собой реликтовый цирк. В районе поселка в основном преобладает денудационный и структурно-денудационный рельеф. К последнему можно отнести плато, расположенные на северо-востоке (гора Зеленая) и юго-западе (гора Угольная) района. Поверхности плато образуют полого-наклонные площадки, форма которых обусловлена бронирующими пластами осадочных пород палеогенового возраста. Максимальная высотная отметка в районе составляет 571 м (гора Зелёная). Плато с северо-востока и юго-востока обрамляют структурно-денудационные уступы,

которые переходят в крутые денудационно-эрозионные и обвально-осыпные склоны. Углы склонов часто превышают 45˚.

Денудационные формы рельефа представлены склонами различной крутизны, формирование которых связано с гравитационными процессами и эрозионной деятельностью водотоков. В верховьях долины берет начало крупный водоток, пересекающий всю её площадь и формирующий эрозионные склоны. Ширина русла составляет 10 м, а глубина вреза достигает 20 м. Рельеф долины Грумантдален во многом определяется залеганием коренных пород, выветривание и плоскостной смыв которых приводит к образованию делювиально-солифлюкционных склонов.

Среди аккумулятивных форм рельефа следует выделить сильно сократившиеся за последнее столетие ледники и многолетние снежники, а также ледниковые образования, представленные конечными, боковыми и срединными моренами. Аккумулятивные формы преобладают, главным образом, в предгорьях и днище долины.

Нами установлено, что одним из деструктивных процессов является солифлюкция. Наиболее четко этот процесс прослеживается в восточной части посёлка. На снимке (рис. 3) отчётливо видно как солифлюкционные потоки практически на треть погребли часть зданий. Этот процесс занял ровно 50 лет (посёлок законсервирован в 1961 году, а снимок сделан в 2011 г.), что по геологическим меркам время весьма незначительное. Солифлюкционное перемещение напрямую связно с переувлажнением рыхлых масс грунта (посёлок расположен на площадке абразионной морской террасы, покрытой щебёнкой с суглинистым заполнителем). Интенсивности этого процесса способствует сезонное оттаивание многолетнемёрзлых пород, так как весна и лето на Шпицбергене длится не более 4 месяцев. С северо-востока посёлок ограничен активным клифом высотой до 10 м. Оттаивание, которое усиливает абразия, приводит к изменению глубины сезонного протаивания грунтов под зданиями и инженерными сооружениями Груманта.

Рис. 3. Геоморфологические процессы, оказывающие деструктивное воздействие на инфраструктуру поселка Грумант. Фото В.В. Шарина, 2011 г

Процессы криогенного растрескивания и пучения рыхлых грунтов приводят к просадке зданий. В пределах посёлка отмечены многочисленные трещины преимущественно криогенного происхождения, причём некоторые из них расположены непосредственно под зданиями. Из-за просадки грунта и других факторов все здания в посёлке находятся в разрушенном состоянии (рис. 3).

Основные рельефообразующие процессы, разрушающие инфраструктуру поселка Грумант:

1. Солифлюкция;
2. Криогенное растрескивание;
3. Абразия;
4. Обваливание и осыпание.

Приведённые выше процессы необходимо учитывать при анализе возможных сценариев восстановления или же строительства новых объектов на архипелаге Шпицберген.

Для успешного решения инженерно-геологических задач должен изучаться не только суб-аэральный, но и подводный береговой рельеф этой территории.

Литература

1. *Гнилорыбов Н. А.* Угольные шахты на Шпицбергене. М.: Недра, 1988, 191 с.

2. Наука на Шпицбергене. История российских исследований. Изд.Дом «ГАМАС»,СПб, 2009, 384 с.

СЕКЦИЯ 6
КРИОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МАРСА

ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ КЛАССИФИКАТОРА К ЦИФРОВОЙ КРИОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЕ МАРСА

В.С. Исаев, О.Н. Абраменко, И.А. Комаров, В.В. Балмашева
МГУ им. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геокриологии,
tpomed@rambler.ru, vdgolden@mail.ru,ilya_komarov@mail.ru, balmasheva_v@mail.ru

THE BASEMENTS OF MAKING OF THE CLASSIFICATION TABLE TO THE DIGITAL CRYOLOGICAL MAP OF MARS

V. Isaev[1], O. Abramenko[2], I. Komarov[3], V. Balmasheva[4]
[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology, Geocryology Department,
tpomed@rambler.ru, vdgolden@mail.ru, ilya_komarov@mail.ru, balmasheva_v@mail.ru

Введение

Создание классификатора объектов картирования является первоначальной стадией разработки и заполнения слоев криологической карты Марса. Как и для земных объектов, основной задачей является структурирование фактического материала, создание связей между атрибутивными данными. Так, для создания геокриологической карты России, за основу берется фактический материал, полученный в ходе дистанционных и полевых исследований области изучения.

Легенда аналоговой геокриологической карты обычно строится по принципу матрицы, т.е. таблицы с сочетанием количественных и качественных характеристик для ячеек на пересечении вертикальных столбцов и горизонтальных строк. Это наглядно и достаточно информативно для работы с печатной версией карты. Но для задач векторизации и создания цифрового банка данных требуется преобразование ее структуры согласно структуре базы данных ГИС-проекта.

Принцип построения исходной легенды к карте

В ГИС-проекте каждому векторному объекту на карте присваивается одна основная характеристика (т.е. значение поля), а остальные характеристики являются дополнительными атрибутивными данными и представлены во вспомогательных таблицах. Предполагается, что классификатор (легенда) криологической карты должен содержать информацию по трем блокам: топографическому, геологическому и криологическому.

Топография

На рис.1. представлена аналоговая топографическая карта Марса, основанная на данных альтиметрии, предоставленных комплексом MOLA с борта the Mars Global Surveyor во время первичной и расширенной миссии. Минимум и максимум топографических наблюдений находится внутри диапазона от -8208 м (дно кратера Эллада 62,2E 32,9S) и 21300 м (южный край кратера горы Олимп 226,6E 17,36N). Данные в виде цифровых сеток в простой цилиндрической проекции свободно доступны через Planetary Data System . Их интерфейс находится на [10]. Набор данных называется The MOLA MEGDR (Mission Experiment Gridded Data Records). Непосредственно данные находятся на сайте НАСА по адресу [11]. Там директории meg004, meg016, ... meg128 содержат про интерполированную топографию в масштабе 4, 16, ...

128 пикселей на градус соответственно. Формальное описание формата находится файлах *.lbl, а словесное - в директориях «catalog» и «document». Эти данные составят основу блока топографических данных цифровой криологической карты Марса.

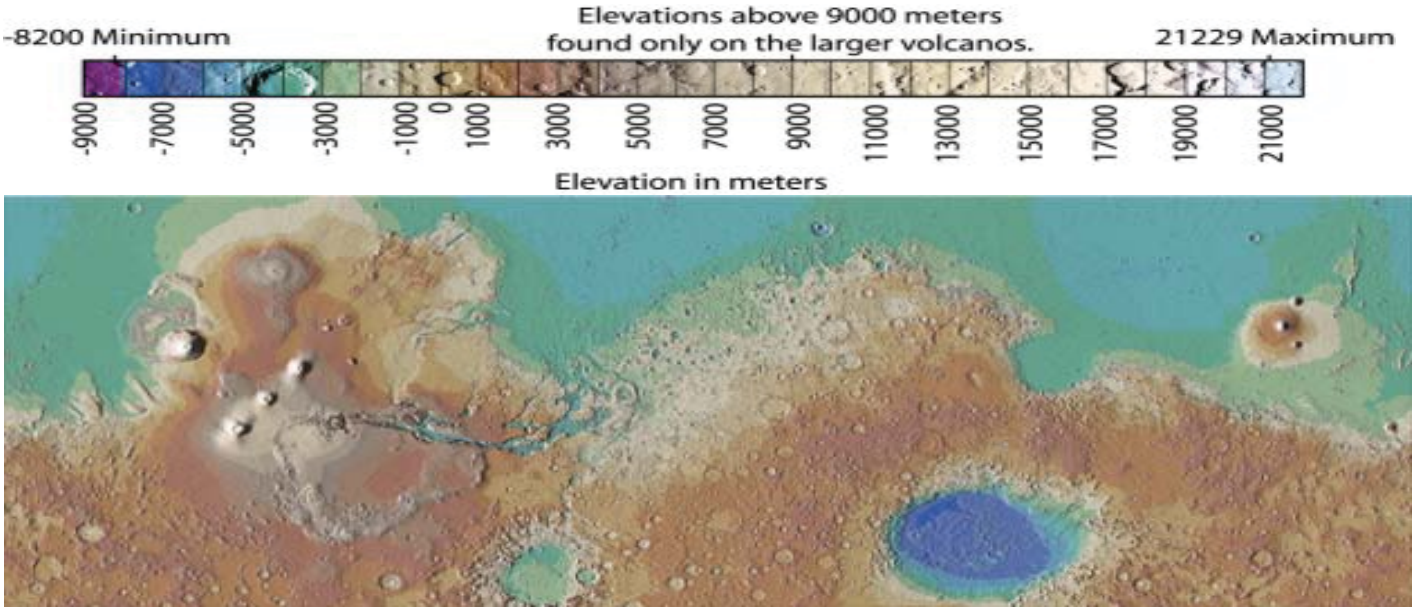


Рис. 1. Топографическая карта Марса с разрешением 0,015625 (1/64) на 0,015625 градус (USGS, [9]).

Геология

В качестве основы геологического блока взята геологическая карта, разработанная К. Танака [8], которая на сегодняшний день является общепринятой.

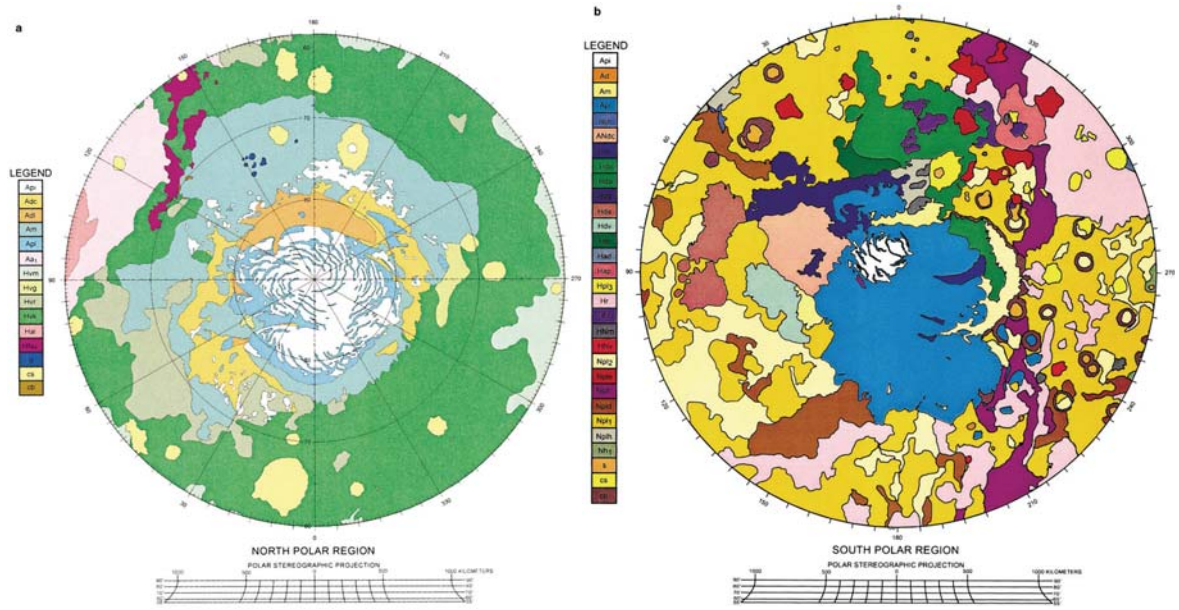


Рис. 2. Геологическая карта полярных регионов Марса выше широты 60 градусов Полярной стереоскопической проекции [8].

Заглавные буквы в названии выделенных элементов обозначают названия стратиграфических периодов, N – ноахидский (возраст 4,5–3,6 млрд. лет), H – гесперийский (возраст 3,6–2,8 млрд. лет), A – амазонийский (возраст 2,8 млрд. лет). Прописные буквы в названии выделенных элементов обозначают генезис слагающих пород например Api – амазонийские полярные ледяные отложения; Adc – серповидные дюнные амазонийские отложения и т.д. [8].

В отличие от традиционного подхода, применимого для земных объектов, для Марса существенным отличием является отсутствие возможности определения возраста пород поверхности методами характерными для Земли (споро-пыльцевой, по характерным остатком вымершей фауны, и т.д.) Вместо этого существует кратерный метод, позволяющий по степени кратерированности поверхности судить о возрасте данной области Марса. Другим отличием от земных условий является существенная разница в воздействии процессов выветривания на поверхность планеты благодаря отсутствию основных агентов выветривания, характерных для Земли. Благодаря суровому климату (средняя температура поверхности -64°С) и низкому атмосферному давлению (0,006 атм.) существование свободной (несвязанной) воды в виде жидкости на поверхности Марса возможно лишь при сочетании следующих факторов – 1) температуры поверхности (в летний период в Северном полушарии в приэкваториальных областях температура может подниматься до 20°С); 2) наличия в водоносном горизонте растворенных солей в достаточной концентрации, позволяющей опустить температуру замерзания рассола до -20°С, 3) расположения учетных площадок в областях с пониженным рельефом и, следовательно, более высоким атмосферным давлением. Таким образом, на сегодняшний день в блоке «Геология» мы можем выделить: а) генетические типы амазонийских отложений и дать их геокриологическую характеристику; б) формации доамазонийских пород и дать их геокриологическую характеристику.

Криология

Данные по криологии в основном укладываются в земные представления о мерзлотных условиях и проявлениях, однако есть и существенные отличия. Так, для Марса мы рассматриваем лишь многолетнемерзлые и сезонноталые породы. Причем распространение первых является глобальным, а вторых приурочено к локальным областям, о которых говорилось выше.

Атрибутивные данные для этого блока мы получаем следующим образом:

а) Распространение мерзлых и талых пород - по данным нейтронного детектора ХЭНД (High Energy Neutron Detector), дающего косвенную информацию о концентрации атомов водорода в поверхностном слое пород [2]. По данным ИК и видимого диапазона спектрометра Омега (OMEGA -Visible and Infrared Mineralogical Mapping Spectrometer) - минералогический состав поверхности Марса [2]. По характеру выбросов материала из импактов можно судить о льдистости пород и глубине залегания верхней границы многолетнемерзлых пород (ММП) [3]. Среднегодовую температуру мерзлых и талых пород получаем из данных Марсианской климатической базы данных МКБД (The Mars Climate Database [12]).

б) Мощность многолетнемерзлых пород можно определить исходя из значений ее верхней границы, определяемой по характеру кратеров, и нижней границы, определяемой расчетным методом [1];

в) Распространение и мощность пород с криопэгами также определяется расчетными методами, т.к. они, по-видимому, подстилают ММП [1];

г) Распространение криогенных явлений. Эти данные являются наиболее интересными, т.к. идентификация и распространение криогенных процессов является многофакторной задачей, включающей в себя сравнительный анализ геоморфологических элементов на космоснимках высокого разрешения High Resolution Imaging Science Experiment HiRISE [13] с аналогами на Земле, сопоставление с данными о наличии достаточных для развития данного процесса температурных условий и состава грунтов поверхности, а именно льда воды, участвующего в большинстве криогенных процессов в качестве основного агента. На сегодняшний день существуют разрозненные работы, связанные с картированием отдельных криогенных процессов: морозного пучения (пинго) [7] и полигонального морозного растрескивания [4]. Была решена задача выбора криогенных процессов, которые будут включены в легенду цифровой криологической карты и был решен вопрос о создании собственной базы данных криогенных процессов, начало которой было положено в совместной работе с Р.О.Кузьминым в 2003 г. [5]. Эта работа была связана с интерпретацией и анализом визуальной и расчетной информации. Нами были выбраны в качестве основных криогенных процессов – процессы морозного пучения (более 80 выявленных участков) и криогенного растрескивания (более 400 выделенных участков).

Вывод

Таким образом, для цифровой криологической карты Марса в рамках данной работы были определены основные блоки легенды и выбраны источники информации для наполнения атрибутивной базы данных.

Литература

1. *Комаров И.А., Исаев В. С.* «Криология Марса и других планет Солнечной системы» – М.: Научный мир, 2010 г., 232 с.
2. *Кузьмин Р.О., Евдокимова Н.А., Родин А.В., Федорова А.А., Бибринг Ж-П.* и команда проекта Омега, Картирование адсорбированной и связанной воды в реголите Марса по материалам Марс Экспресс / Омега, 2005, 42 микросимпозиум Брауна-Вернадского по сравнительной планетологии, Москва, m42_16.
3. *Кузьмин Р.О,* Распределение подземного льда на Марсе., Материалы международной конференции «Криосфера нефтегазоносных провинций». 22-29 мая 2004, Институт криосферы Земли СО РАН , г. Тюмень, с. 162.
4. *Joseph S. Levy, David R. Marchant, James W. Head.* Thermal contraction crack polygons on Mars: A synthesis from HiRISE, Phoenix, and terrestrial analog studies Original Research Article // Icarus, Volume 206, Issue 1, 2010, pp 229-252.
5. *Kuzmin R.O., Komarow I.A., Kozlov A.N., Abramenko O.N., Isaev V.S.,* The map of polygonal forms of microrelief on Mars // Proceedings of Earth Cryosphere as a medium of life support, Pushino, Russia, 2003, p.195.
6. *Mitrofanov I. G., Litvak M.L., Kozyrev A.S., Sanin A.B., Boynton W., Shinohara C., Hamara D., Saunders R. S.,* First results of Mars mapping of neutron flux by High Energy Neutron Detector, Mars Odissey. // Vernadsky-Brown microsymposium 36. Abstract # ms 069, CD-ROM. Moscow. 2002.
7. *Miguel Ángel de Pablo, Goro Komatsu.* Possible pingo fields in the Utopia basin, Mars: Geological and climatical implications // Icarus, Volume 199, Issue 1, January 2009, Pages 49–74
8. *Tanaka K.L., Kolb E.J.,* Geological history of Polar Regions of Mars based on Mars Global Surveyor Data. Icarus. 2001, v.154, pp.3-21.
9. http://www.mapaplanet.org/explorer/mars.html
10. http://pds-geosciences.wustl.edu/
11. http://pds-geosciences.wustl.edu/mgs/mgs-sampler/
12. http://www-mars.lmd.jussieu.fr
13. http://hirise.lpl.arizona.edu/

СОСТАВЛЕНИЕ СРАВНИТЕЛЬНО-ПЛАНЕТОЛОГИЧЕСКОГО ТЕМАТИЧЕСКОГО АТЛАСА «РЕЛЬЕФ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ И ИХ СПУТНИКОВ»

М.С. Лазарева[1], Е.Н.Лазарев[1,2], Ж.Ф.Родионова[2]
[1]Географический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова
[2]Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ им. М.В.Ломоносова,
zhecka@inbox.ru

COMPILING OF THEMATIC ATLAS ON COMPARATIVE PLANETOLOGY "RELIEF OF THE TERRESTRIAL PLANETS AND THEIR SATELLITES"

M.S. Lazareva[1], E.N. Lazarev[1,2], J.F. Rodionova[2]
[1]Geography Faculty Lomonosov Moscow State University,
[2]Sternberg State Astronomical Institute Lomonosov Moscow State University, zhecka@inbox.ru

В работе представлена программа сравнительно-планетологического атласа «Рельеф планет Земной группы и их спутников» и описана методика составления гипсометрических карт для раздела атласа «Марс и его спутники».

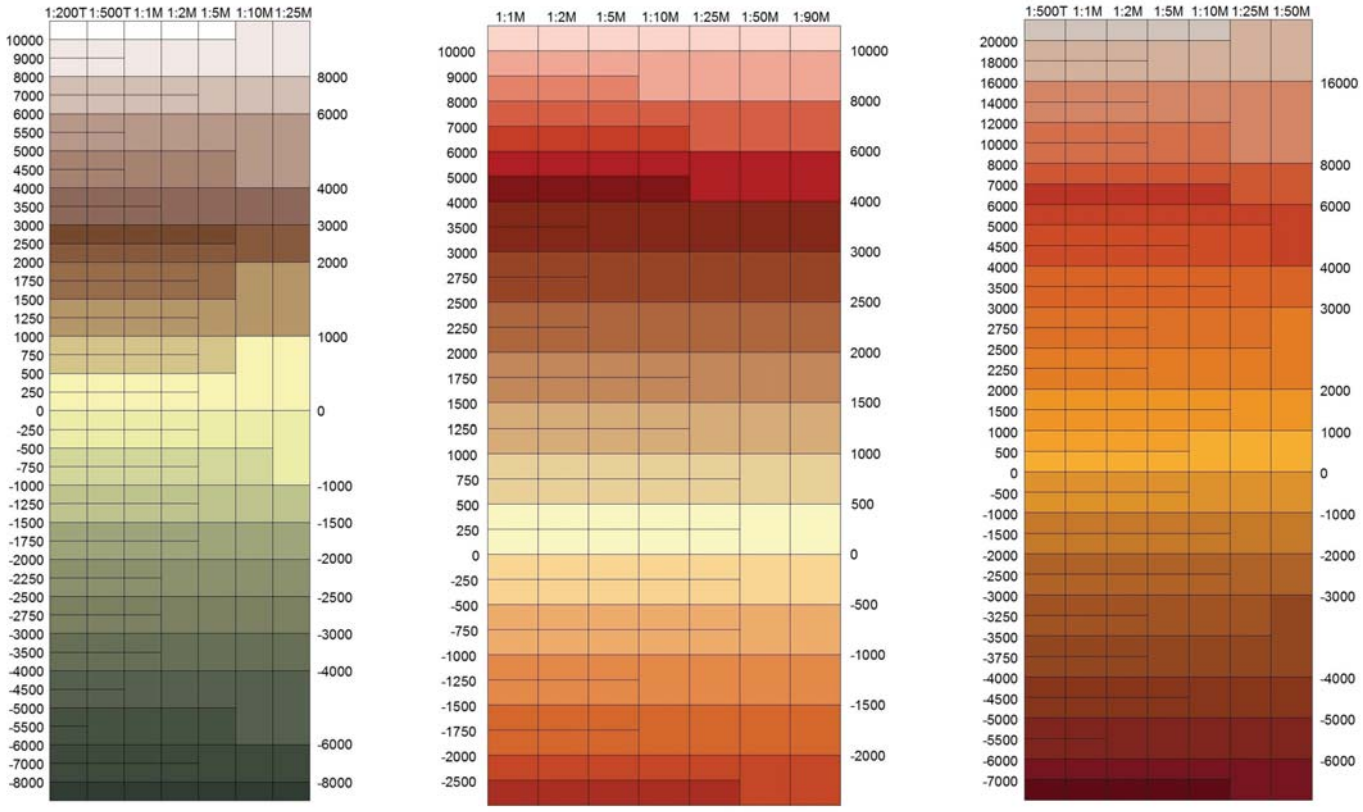


Рис. 1. Мультимасштабные гипсометрические шкалы для (слева направо) Луны, Венеры и Марса

В настоящее время основным объектом изучения на планетах является рельеф поверхности. Поэтому гипсометрические карты представляют собой один из важнейших аспектов тематического картографирования планет. На основе карт рельефа создаются многие другие тематические карты, в которых заинтересованы планетная геодезия и планетная астрономия [1].

Гипсометрические карты могут использоваться не только при планировании космических миссий, включающих посадку на небесное тело, но также и при изучении различных геологических процессов на поверхности планет. В то же время изучение геологии и геоморфологии планет необходимо для понимания истории их происхождения и развития. Системное тематическое картографирование является необходимой составляющей планетной географии, геологии, физики, химии и других наук о планетах. Кроме того, картографирование небесных тел занимает важное место в популяризации науки – все картографические материалы могут быть использованы в учебной деятельности.

В атласе предполагается использование минимального количества преимущественно кратных масштабов и минимальное количество проекций. Обзорные карты создаются в следующих масштабах: 1:30 000 000 – Меркурий, 1:90 000 000 – Венера и Земля, 1:25 000 000 – Луна, 1:50 000 000 – Марс и 1:120 000 – Фобос и Деймос. Используются следующие проекции: для обзорных карт – равновеликая азимутальная Ламберта, полярная стереографическая, ортографическая (Фобос и Деймос). Для карт отдельных форм рельефа используются азимутальные проекции. Помимо масштабов и проекций, выбранных для определенных форм рельефа, были разработаны световые шкалы для всех масштабов (рис. 1). При выборе высотных интервалов шкал за основу была взята гистограмма распределения высот. Чем чаще встречался на планете тот или иной высотный уровень, тем более дробным было деление шкалы. При разработке цветового решения шкал учитывалась реальная цветовая гамма поверхности небесных тел и тот факт, что человеческий глаз плохо различает градации цветовой шкалы, если их количество больше 16 [5].

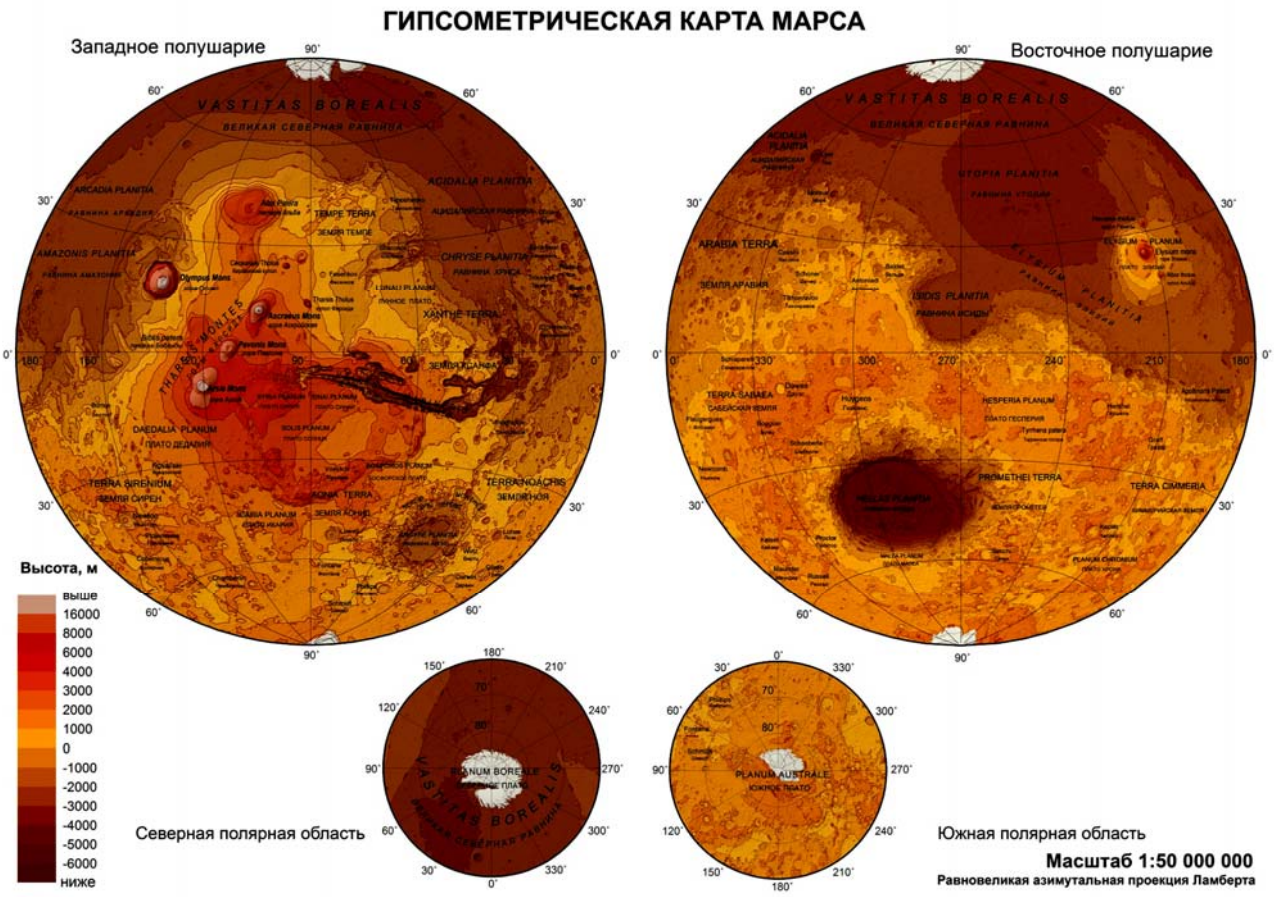


Рис. 2. Гипсометрическая карта Марса

При составлении раздела атласа «Марс и его спутники» были использованы цифровые модели рельефа и изображения, полученные космическими аппаратами *Mars Global Surveyor* (для Марса), *Mars Express* (для Фобоса) и *Viking* (для Деймоса). ЦМР для Марса представляет собой

растровую ЦМР, т.е. множество пикселов, каждый из которых содержит высотные данные. Всего ЦМР содержит более 600 млн. пикселов. Все высоты отсчитаны от сферы радиуса 3396190 м. Ячейки, полученного растра имеют размер 0,015625 на 0,015625 градуса. Перепад высот по модели составляет от -8200 м до 21229 м. Если говорить о спутниках Марса, то за все время их изучения было создано несколько моделей поверхности, но в основу данной работы легли две наиболее современные из них. Это модель поверхности Уилнера (2010) [3] для Фобоса и модель поверхности Томаса (1989) [2] для Деймоса.

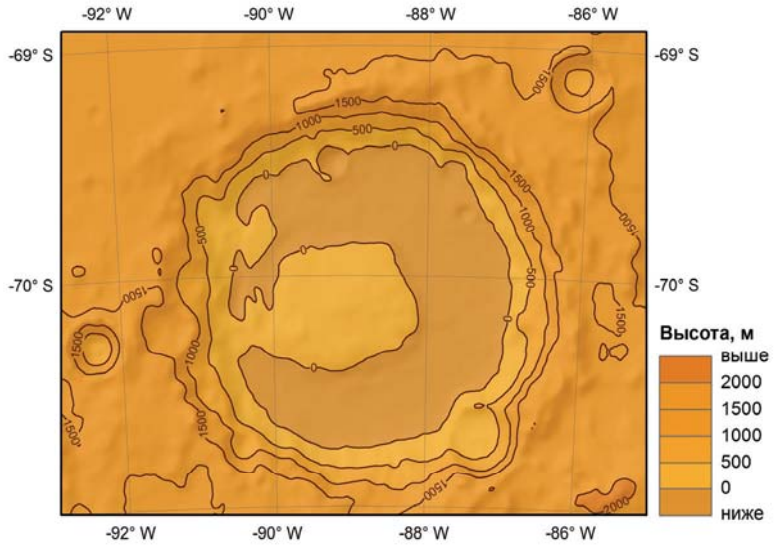


Рис. 3. Кратер Агассис / Agassiz (-69,9°Ю.Ш., 271°В.Д.)

Гипсометрическая карта Марса (рис. 2) создавалась в программном пакете ArcGIS в равновеликой азимутальной проекции Ламберта (Lambert Azimuthal Equal Area). Выбор такой проекции обусловлен тем, что, во-первых, нам необходимо было построить карту полушарий, а, во-вторых, гипсометрические карты часто используются для морфометрических исследований, когда требуется измерение площадей высотных уровней и различных форм рельефа планеты. В качестве горизонтальной системы координат использовался марсианский эллипсоид со следующими значениями осей: 3396190 м и 3376200 м, которые рекомендованы Международным астрономическим союзом [1]. Помимо мелкомасштабной карты Марса, были составлены среднемасштабные карты отдельных форм рельефа (рис. 3). При составлении карт использовались различные инструменты программного продукта ArcGIS, позволяющие выполнять генерализацию полигонов, сглаживание растровых ЦМР, создавать отмывку рельефа, наносить названия и др.

Литература

1. *Archinal B.A. et al.* Report of the IAU Working Group on cartographic coordinates and rotational elements: 2009 // Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy. Vol. 109, № 2. 2011. P.101–135.

2. *Thomas P.* The shapes of small satellites // Icarus. Vol. 77. 1989. P.248–274.

3. *Willner K., Oberst J. et al. Phobos control point network, rotation, and shape // Earth and Planetary Science Letters, 2010. P.541-546.*

4. *Берлянт А.М.* Тематическое картографирование планет: состояние и перспективы // Вестн. Моск. Уни-та, №6, 1987. С. 60-67.

5. *Берлянт А.М., Востокова А.В., Кравцова В.И. и др.* Картоведение. М.: Аспект Пресс, 2003. 447 с.

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МАРСА

Ж.Ф. Родионова[1], Ю.А. Бреховских[2], Е.Н. Лазарев[1,3], М.С. Лазарева[3], В.В. Шевченко[1]
[1]Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В.Ломоносова, jeanna@sai.msu.ru , zhecka@inbox.ru
[2]Институт космических исследований РАН
[3]Географический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова

MAPPING OF MARS

J.F. Rodionova[1], J.A. Brekhovskikh[2], E.N. Lazarev[1,3], M.S. Lazareva[3], V.V. Shevchenko[1]
[1]Sternberg State Astronomical Institute Lomonosov Moscow State University, jeanna@sai.msu.ru
[2]Space Research Institute
[3]Geography Faculty Lomonosov Moscow State University, zhecka@inbox.ru

Карты и глобусы Марса, изготовленные до космической эры, отражали возможности наблюдения небесных тел в телескоп. Даже в эпохи великих противостояний Марс расположен в 160 раз дальше Луны, поэтому на его поверхности астрономы не различали деталей мельче 200 км. На старых картах и глобусах Марса изображены только детали альбедо (показателя отражения поверхности), т.е. темные и светлые области поверхности размером не менее 200 км. На самых старых зарисовках Марса, выполненных в Нидерландах Х.Гюйгенсом в 1659—1672 гг., в Англии В.Гершелем в 1777—1783 гг. и в Германии И.Шрётером в 1783—1805 гг., темным и светлым деталям поверхности Марса не были присвоены названия. Только в 1830 г. В.Бер и Г.Мёдлер (Германия) использовали для обозначения деталей альбедо буквы латинского алфавита [16]. Потом на марсианских картах появились наименования, причем разные авторы давали имена несогласованно [3]. Первые глобусы Марса изготавливались в единичных экземплярах, обычно из гипса, и разрисовывались вручную. Например, в кембриджском Музее истории науки хранится глобус Х.Баска диаметром 23 см, сделанный в марте 1873 г. Указанные на нем названия темных и светлых деталей предложил английский астроном Р.Э.Проктор. В 1867 г. он составил карту поверхности Марса и довольно точно для своего времени определил период вращения планеты. Известный французский астроном К.Фламмарион систематизировал все известные наблюдения планеты начиная с 1636 г. Фламмарион в 1876 г., обратил внимание на изменение внешнего вида темных областей на Марсе, которое он счел свидетельством сезонной смены растительного покрова. Именно это вдохновило выдающегося итальянского астронома Дж.Скиапарелли на тщательное изучение планеты.

Скиапарелли в 1859—1860 гг. работал в Пулковской обсерватории под руководством ее директора О.В.Струве, а в 1874 г. был избран членом-корреспондентом Санкт-Петербургской академии наук. Во время противостояний 1877 и 1879 гг. он обнаружил прямые линии на поверхности Марса, которые назвал итальянским словом canali, что означает «протоки естественного или искусственного происхождения». Многие астрономы вообще не видели каналов, как например, Н.Грин или ученик Фламмариона Э.Антониади, создавший очень подробные карты Марса [16]. Зато на картах П.Ловелла, можно видеть более 600 каналов (у Скиапарелли их было 113). Ловелл был уверен, что именно на Марсе можно обнаружить еще один очаг разумной жизни в Солнечной системе [12]. Но когда зонд «Маринер-9» в 1971—1972 гг. передал снимки всей поверхности Марса, стало ясно, что лишь небольшая часть этих каналов совпадает с долинами, хребтами, цепочками кратеров и линейными альбедными деталями, а большая их часть не соответствует ни топографическим, ни альбедным особенностям поверхности планеты [18]. На всех картах и глобусах Марса до космического периода северный полюс планеты располагался внизу, а южный — наверху: такой вид планета имеет в окуляре телескопа.

Темные и светлые детали поверхности Марса Скиапарелли обозначил разными терминами: *море*, *залив*, *озеро*, *болото*, *низина*, *мыс*, *пролив*, *источник*, *область*, а названия для них были взяты с древних карт Земли или из мифологии. Частично эти названия используются и на

современных картах [3]. Из опубликованной недавно В.К.Абалакиным [1] переписки Струве и Скиапарелли выяснилось, что Отто Васильевич Струве принимал непосредственное участие в создании номенклатуры Марса. Исторический обзор карт и глобусов Марса можно найти в [16].

Большинство современных карт Марса составлены американской геологической службой США (USGS) [12]. Это карты в масштабах: 1:25 000 000, 1:15 000 000, 1:5 000 000, 1:2 000 000 и 1:500 000. В соответствии с разграфкой карт масштаба 1:5 000 000 вся поверхность планеты разделена на 30 участков. Каждый участок включает в себя от 4 до 5 листов фотокарты масштаба 1:2 000 000. Для различных серий карт используются специальные обозначения:

1. Сокращенное обозначение планеты, например «М» - Марс
2. Масштаб карты:
   - 5М – 1:5 000 000
   - 2М – 1:2 000 000
   - 500К – 1:500 000
3. Координаты центра листа (широта и долгота)
4. Издание карты (1-е, 2-е …)
5. Тип карты
   - SM – фотоплан
   - CM – уточненный фотоплан
   - SMS – фотоплан с горизонталями
   - CMC – уточненный фотоплан с горизонталями
   - RM – карта с отмывкой рельефа и альбедо
   - К – карта с отмывкой рельефа
   - RN – карта с отмывкой рельефа и названиями
   - RMC – карта с отмывкой рельефа, альбедо и горизонталями
   - OMT – ортофотоплан с названиями и горизонталями
   - AT – карта с отмывкой рельефа, горизонталями и названиями
   - Т – топографическая карта с названиями или без названий, с горизонталями.

Карты Марса масштаба 1:5 000 000 составлены в проекции Меркатора для области ±25°, в равнопромежуточной проекции Ламберта для области от ±30° до ±65° и полярной стереографической проекции для приполярных участков. На этих картах поверхность представлена
с помощью светотеневой отмывки рельефа. Карта Марса масштаба 1:2 000 000 состоит из 140 карт в тех же проекциях, что и карта масштаба 1:5 000 000. Для составления карт использовалась мозаика снимков с космических аппаратов «Викинг 1, 2». Большая часть этих карт постепенно обновляются на основе новых съемок поверхности планеты КА « Марс Глобал Сервейер», «Марс Одиссей», «Марс Экспресс», «Марс Реконнеисенс Орбитер». В интернете на сайте http://jmars.mars.asu.edu/maps размещена подробная карта всей поверхности Марса с пространственным разрешением – 100 м на пиксель. Там же можно найти карты рельефа Марса, шероховатости его поверхности, элементного состава пород и другие карты.

Картографирование поверхности Марса проводилось и в нашей стране. По материалам фототелевизионной съемки с автоматических станций «Марс-4» и «Марс-5» в 1976 году была составлена Карта участка Марса в нормальной конической равноугольной проекции Ламберта-Гаусса в масштабе 1:5 000 000 [12]. Коллективом геологов МГУ, ГЕОХИ АН СССР, ВНИИзарубежгеология, ВНПО «Аэрогеология» в 1976-1978 гг. были составлены Геоморфологическая и Тектоническая карты Марса [7, 11]. В качестве географической основы использована Топографическая карта Марса масштаба 1:25 000 000 (USGS). Используя методику проектирования картографических изображений на сферический экран, разработанную в Государственном астрономическом институте им. П.К.Штернберга (ГАИШ) МГУ, удалось перепроектировать в глобусную проекцию топографическую карту Марса масштаба 1:15 000 000, изданную USGS. Оригиналы карты сегментов для этого глобуса подготовили в ПКО

«Картография». В 1989 году была выпущена небольшая серия глобусов Марса диаметром 34 см, а позже тиражом 10 000 экземпляров - серия глобусов диаметром 26 см [5,15]. ЦНИИГАиК в 1990 г. выпустил глобус Марса с подсветкой. В «Атласе планет земной группы и их спутников» [2] приведены разнообразные мелкомасштабные карты Марса. В 2004 г. в ГАИШ МГУ совместно с кафедрой картографии и геоинформатики Географического факультета МГУ была составлена Гипсометрическая карта Марса в масштабе 1:26 000 000 [6,14] в равновеликой азимутальной проекции по данным КА «Марс Глобал Сервейер» [19]. Для данной карты были использованы осредненные измерения высот, полученные альтиметром MOLA с шагом 1 градус на весь Марс (64 800 определений высот). Оригинальная шкала высот содержала 12 ступеней. В 2012 г. на основе этой карты был создан Гипсометрический глобус Марса [4] диаметром 21 см. Виртуальные глобусы Марса представлены в работе венгерских картогафов [17].

Тематическое картографирование Марса представлено разнообразными картами, отражающими геологическое строение и физические характеристики поверхности планеты и ее атмосферы [http://selena.sai.msu.ru/Rod/Publications/Map_mars/Map_mars.htm]. Карты плотности распределения кратеров различных размеров и разного возраста, построены в ГАИШ МГУ [http://selena.sai.msu.ru] на основе Морфологического каталога кратеров Марса. Много тематических карт Марса публикуется в научных изданиях, например: карта значений альбедо, температуры поверхности, карта распространения полигонального рельефа, карты строения атмосферы Марса, ее температуры на разных высотах, давления, плотности, распределения скоростей ветра [8].

Особый интерес представляет криолитосфера Марса [8, 9,10, 13]. Карта содержания водяного льда построена на основе обработки данных измерений прибора HEND, созданного в России и установленного на американском космическом аппарате "Марс Одиссей" [13].

Литература

1. *Абалакин В.К.* О.В.Струве – Дж.В.Скиапарелли. Переписка 1859–1904. СПб., 2005.

2. Атлас планет земной группы и их спутников. М. МИИГАиК. 1992.

3. *Бурба Г.Н.* Номенклатура деталей рельефа Марса. М., 1981.

4. Гипсометрический глобус Марса 1:32 000 000. Глобусный мир. 2012. Составитель Бреховских Ю.А., редактор Родионова Ж.Ф.

5. Глобус Марса 1:19 500, 1:26 300 000. ГАИШ МГУ, ПКО «Картография» ГУГК. 1989, 1993 / Сост. В.И.Стушнова, ред. Ж.Ф.Родионова, научн. рук. В.В.Шевченко.

6. *Илюхина Ю.А., Родионова Ж.Ф.* Гипсометрическая карта Марса. 1:26 000 000. М., 2004.

7. *Кац Я.Г., Козлов В.В., Сулиди-Кондратьев* и др. Объяснительная записка к тектонической карте Марса масштаба 1:20 000 000 М, ВНИИзарубежгеология, 1981. 39 с.

8. *Комаров И.А., Исаев В.С.* Криология Марса и других планет Солнечной системы. М. 2010.

9. *Кузьмин Р.О.* Криолитосфера Марса. М., 1983.

10. *Кузьмин Р.О., Бобина Н.Н., Забалуева Е.В., Шашкина В. П.* // Астрономический вестник. - 1988. -Т. 22.--№ 3. - С. 195.;

11. *Макарова Н.В.,Кац Я.Г., Козлов В.В.* и др. Объяснительная записка к Геоморфологической карте Марса масштаба 1:20 000 000. М, ВНИИзарубежгеология, 1981. 38 с.

12. Марс: великое противостояние / Ред.-сост. В.Г.Сурдин. М., 2004.

13. *Митрофанов И. Г.* Поиски воды на Марсе// Природа. 2005. № 9. С. 24-42.

14. *Родионова Ж.Ф., Илюхина Ю.А*. Новая карта Марса // Земля и Вселенная. 2005. №2. С.38-48.

15. *Шевченко В.В., Родионова Ж.Ф.* Глобус Марса — еще одна «планета» у вас на столе. М., 1993.

16. *Blunck J., Zögner J., Jöns H.-P.* Der Rote Planet im Karten Bild: 200 Jahre Marskartographie von Herschel, Beer und Mädler bis zur CD. Gotha, 1993.

17. *Hargitai H., Gede M.* Three virtual globes of Mars: topographic, albedo and a historic globe. Abstracts, 2009. V.4. EPSC 2009-47.

18. *Sagan C., Fox P.* The canals of Mars: an assessment after Mariner 9 // Icarus. 1975. V.25. P.602—612.

19. *Smith D.E., Zuber M.T., Solomon S.C.* et al. The global topography of Mars and implications for surface evolution // Science. 1999. V.284. P.1495—1503.

СОДЕРЖАНИЕ

Программа конференции (на русском языке) 3

Программа конференции (на английском языке) 15

ТЕЗИСЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Секция 1
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ. ОПЫТ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ КРИОЛИТОЗОНЫ

Баду Ю.Б. Карты мощности криогенной толщи газоносных структур 29

Брушков А.В. Геокриологическая карта СССР 1:2500000 и перспективы геокриологического картографирования 32

Горбунов А.П. Каменные, земляные глетчеры и мобильные криогенные покровы Монголии 35

Дворников Ю.А., Лейбман М.О. Оценка поступления органического вещества в термокарстовые озера Ямала с использованием дистанционных и наземных наблюдений 38

Дроздов Д.С., Украинцева Н.Г., Коростелев Ю.В, Попов К.А. Тепловое состояние пород на Уренгойском месторождении: постоянно действующая картографическая модель 41

Ёжиков И.С., Анисимов М.А., Веркулич С.Р. Динамика изменения площади снежников и локальных ледников в антарктических оазисах 44

Зенгина Т.Ю., Осадчая Г.Г., Королева А.М. Использование среднемасштабных топографических карт и данных дистанционного зондирования при геокриологическом зонировании Большеземельской тундры 46

Качурина Н.В., Серов Е.К. Подлёдный рельеф архипелага Земля Франца-Иосифа 50

Крицук Л.Н., Дубровин В.А., Ястреба Н.В. Принципы и методика составления карт геокриологического районирования 52

Лурье И.К., Анапольский Ю.М. Создание и использование базы геоданных «Геокриология» 55

МакКэйг Ш., Ружанский В.Э. Использование программы PurVIEW™ для картирования мерзлотных геологических явлений на Аляске и Севере Канады 59

Матюхин А.Г., Стрелецкая И.Д. Карта засоленности криогенных четвертичных отложений Енисейского Севера 62

Медведев А.А. Интеграция пространственных данных на территорию Арктики и геомоделирование границ криолитозоны 65

Пономарева О.Е., Бердников Н.М., Гравис А.Г. Картографирование термокарстовых форм рельефа в зоне массивно-островной криолитозоны Западной Сибири 67

Северский Э. В. Особенности геокриологического картографирования высоких гор Центральной Азии 70

Седов Б.М. Картирование поверхностных таликов по материалам зимней сейсморазведки 73

Спектор В.Б., Чжан Р.В., Торговкин Я.И., Шестакова А.А., Спектор В.В. Особенности инженерно-геокриологического картографирования Северо-Востока России 76

Стюарт А. Харрис. Геокриологическое картографирование температур грунтов и распространения многолетней мерзлоты 79

Трофимова И.Е., Балыбина А.С. Принципы районирования Западно-Сибирской равнины по мерзлотно-термическому состоянию почвенно-грунтовой толщи 86

Тумель Н.В., Королева Н.А. Геоинформационный анализ мерзлотно-ландшафтных взаимосвязей в криолитозоне России 89

Хомутов А.В., Лейбман М.О., Андреева М.В. Ландшафтная индикация пластовых льдов Центрального Ямала 92

Шарый П.А., Шарая Л.С., Пастухов А.В., Каверин Д.А. Расчет карты запасов углерода для криолитозоны бассейна реки Усы 96

Секция 2
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ

Вергун А.П., Кузнецов Д.Е., Огородов С.А. Применение разновременных космических снимков в целях изучения динамики берегов арктических морей 100

Зимин М.В. Дистанционные данные в картографировании криолитозоны 102

Капралова В.Н. Исследование расположения и размеров термокарстовых озер с помощью данных дистанционного зондирования и методов математической морфологии ландшафта 105

Кизяков А.И., Зимин М.В., Лейбман М.О., Правикова Н.В. Применение космической съемки высокого разрешения для определения скорости термоденудации и термоабразии на западном побережье острова Колгуев 108

Корниенко С.Г. Использование данных космической съемки для картографирования и мониторинга природных ландшафтов криолитозоны в районах освоения нефтегазовых месторождений 111

Ларин Н.В., Ларин В.Н., Згонник В.А., Родина С.Н. Дистанционные данные и прямые наблюдения за водородной дегазацией земных недр как обоснование механизма возникновения ориентированных озер на территории Яно-Индигирской низменности 114

Погорелов А. В., Головань К. Р. Картографирование малых форм оледенения Лагонакского нагорья 118

Прасолова А.И., Пижанкова Е.И., Яковенко Е.Д. Разработка методики дешифрирования космоснимков для обновления слоя наледей цифровой геокриологической карты России 121

Сизов О.С., Абросимов А.В. Направления использования дистанционных данных при изучении эолового рельефа высоких широт 124

Смирнова И.О., Сухачева Л.Л., Русанова А.А. Изучение динамики термокарстовых озер и береговой линии моря на северо-востоке европейской части России по материалам разновременных космических съемок 128

Тарасенко Т.В. Оценка возможностей использования снимков со спутника Landsat для изучения динамики термокарстовых озер 132

Тарасенко Т.В., Кравцова В.И., Пижанкова Е.И., Гаврилов А.В. Динамика термокарстовых озер приморской части Яно-Индигирской низменности по дистанционным данным 135

Югин В.В., Агачев В.А., Мясников И.Ф. Возможности использования космической тепловизионной информации для терморазведки криолитозоны 139

Секция 3
КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОЛЯРНЫХ ШЕЛЬФОВ

Васильев А.А., Рекант П.В., Стрелецкая И.Д. Картографирование субаквальной криолитозоны Ямальского шельфа 142

Гаврилов А.В. История развития арктического шельфа и картографирование субмаринной криолитозоны России – основа изучения разнообразных природных процессов 144

Зинченко А.Г. Новое поколение геоморфологических карт арктического шельфа России – основа изучения разнообразных природных процессов 147

Кузнецов Д.Е., Бирюков В.Ю., Кокин О.В., Огородов С.А. Опыт создания тематических карт на ключевые участки нефтегазового освоения Приямальского шельфа 149

Шполянская Н.А., Королева Н.А. Карта подземных льдов криолитозоны России в системе Шельф-Суша 153

Секция 4
КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА В КРИОЛИТОЗОНЕ

Дорофеев И.В., Литовко А.В. Районирование экзогенных геологических процессов в транспортном коридоре «Лена - Амур» 158

Кондратьев В.Г. Опыт составления обзорной мерзлотно-геоморфологической карты с крупномасштабными врезками по трассе федеральной автодороги «Амур» Чита – Хабаровск 161

Лашин В.В., Лашина Г.Е. Геотехнический мониторинг газотранспортных объектов Севера 165

Подгорная Т.И. Проблемы картографирования многолетней мерзлоты для строительства промышленных комплексов и магистральных трубопроводов на Дальнем Востоке 168

Тарская Л.Е., Ефремов П.В., Стручкова Г.П., Капитонова Т.А. О возможностях прогнозирования аварийных ситуаций на магистральном трубопроводе с применением ГИС 171

Трегубов О.Д. Опыт опережающего геокриологического районирования трассы магистрального газопровода Западно-Озерное – Анадырь 173

Шестернев Д.М. Карты районирования криолитозоны – основа эффективности строительства и эксплуатации инженерных сооружений 176

Секция 5
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КРИОЛИТОЗОНЫ

Верхотуров А.Г., Верхотуров Г.Г. Особенности геоэкологического картографирования криолитозоны в Забайкалье 180

Гугалинская Л. А., Алифанов В.М. Влияние палеокриогенеза на современный почвенный покров центра Восточно-Европейской равнины 183

Джурик В.И., Серебренников С.П., Батсайхан Ц., Ескин А.Ю., Брыжак Е.В. К методике построения прогнозных карт сейсмического риска крупных геологических структур с учетом частичной или полной деградации мерзлоты 186

Зотова Л.И. Методические аспекты составления оценочных мерзлотно-экологических карт на ландшафтной основе 188

Коркин С.Е., Кайль Е.К. Картографирование промерзания и протаивания пород на территории природного парка «Сибирские Увалы» 191

Корс-Ольтхоф Р.И., Ружанский В.Э. Создание мерзлотной карты района поселка Цигехтчик, Северо-Западные территории, Канада 195

Малкова Г.В., Павлов А.В., Коростелев Ю.В. Картографирование климатических изменений на севере России для оценки геокриологических и геоэкологических последствий 198

Маслаков А.А., Краев Г.Н. Применение различных картографических материалов для изучения динамики арктических берегов на освоенных территориях 201

Михайлова Т.А., Украинцева Н.Г. Ландшафтное картографирование как основа для оценки динамики геокриологических и геоэкологических условий на полуострове Ямал 204

Москаленко Н.Г., Устинова Е.В., Рудь М.И. Крупномасштабное геоэкологическое картографирование полосы трассы газопровода Надым-Пунга 207

Серебренников С.П., Джурик В.И., Усынин Л.А., Щагун А.Н. Сравнительный анализ районирования сейсмической опасности территорий строительства, расположенных в различных климатических зонах Сибири 210

Тарская Л.Е., Ефремов П.В., Стручкова Г.П., Капитонова Т.А. Оценки геоэкологической безопасности трубопроводов в условиях Севера 212

Толстихин О.Н., Иванова Л.Д., Павлова Н.А. Перспективы геоэкологического картографирования Якутии в целях научного туризма 214

Харькина М.А. Методические аспекты картографирования геологических процессов при инженерно-экологических изысканиях 218

Чижов А.Б., Гаврилов А.В., Деревягин. А.Ю., Пижанкова Е.И. К методике обзорного геоэкологического картографирования криолитозоны России 220

Шарин В.В., Окунев А.С. Криогенные процессы, оказывающие деструктивное воздействие на посёлок Грумант (архипелаг Шпицберген) 221

Секция 6
КРИОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МАРСА

Исаев В.С., Абраменко О.Н., Комаров И.А., Балмашева В.В. Основы создания классификатора к цифровой криологической карте Марса 226

Лазарева М.С., Лазарев Е.Н., Родионова Ж.Ф. Составление сравнительно-планетологического тематического атласа "Рельеф планет Земной группы и их спутников" 230

Родионова Ж.Ф., Бреховских Ю.А., Лазарев Е.Н., Лазарева М.С., Шевченко В.В. Картографирование Марса 233

CONTENT

Conference program (in Russian) 3

Conference program (in English) 15

CONFERENCE ABSTRACTS

SECTION 1

GEOINFORMATION SUPPORT FOR GEOCRYOLOGICAL MAPPING. EXPERIENCE OF GEOCRYOLOGICAL MAPPING IN DIFFERENT REGIONS OF CRYOLITHOZONE

Yu.Badu. MAPS OF THICKNESS OF PERMAFROST GAS-BEARING STRUCTURES 29

A. Brouchkov. PERMAFROST MAP OF THE USSR 1:2,500,000 SCALE AND PERSPECTIVES OF GEOCRYOLOGICAL MAPPING 32

A. Gorbunov. ROCK, GROUND GLACIERS AND MOBILE CRYOGENIC COVERS OF MONGOLIA 35

Yu. Dvornikov, M. Leibman. TRANSPORT ASSESSMENT OF ORGANIC MATTER TO THERMOKARST LAKES IN YAMAL USING REMOTE AND FIELD OBSERVATIONS 38

D. Drozdov, N. Ukraintseva, Yu. Korostelev, K. Popov. THE THERMAL STATE OF PERMAFROST AT THE URENGOY GAS-FIELD: PERENNIALLY WORKING CARTOGRAPHIC MODEL 41

I. Jozhikov, M. Anisimov, S. Verkulich. DYNAMICS OF SNOW PATCHE AND LOCAL GLACIER CHANGES IN THE ANTARCTIC OASES 44

T. Zengina, G. Osadtchaya, A. Koroleva. USE OF MEDIUM-SCALE TOPOGRAPHICAL MAPS AND REMOTE SENSING DATA FOR GEOCRYOLOGICAL ZONING OF BOLSHEZEMELSKAYA TUNDRA 46

N. Kachurina, E. Serov. SUBGLACIAL LANDSCAPE OF THE FRANZ-JOSEF LAND ARCHIPELAGO 50

L. Kritsuk, V. Dubrovin, N. Yastreba. PRINCIPLES AND METHODS OF GEOCRYOLOGICAL ZONATION MAPPING 52

I. Lourie, Yu. Anapolsky. DEVELOPMENT AND USING THE DATABASE "GEOCRYOLOGY" 55

S. McCuaig, V. Roujanski. USING PurVIEW™ TO MAP PERMAFROST FEATURES IN ALASKA AND NORTHERN CANADA 59

A. Matyukhin, I. Streletskaya. SALINITY MAP OF CRYOGENIC QUATERNARY DEPOSITS OF THE YENISEI NORTH 62

A. Medvedev. SPATIAL DATA INTEGRATION FOR THE ARCTIC TERRITORY AND GEOMODELING OF CRYOLITHOZONE BORDERS 65

O. Ponomareva, N.Berdnikov, A.Gravis. MAPPING OF THERMOKARST FORMS IN WEST SIBERIA SPORADIC PERMAFROST ZONE 67

E. Severskiy. FEATURES OF GEOCRYOLOGICAL MAPPING OF CENTRAL ASIA HIGH-MOUNTAIN 70

B. Sedov. MAPING THE SURFACE TALIKS BY MATERIALS OF WINTER SEISMIC SURVEY 73

V. Spektor, R. Zhang, Ya. Torgovkin, A. Shestakova, V. Spektor. CEOTECHNICAL MAPPING OF NE RUSSIAN PERMAFROST REGIONS 76

Stuart A. Harris. GEOCRYOLOGICAL MAPPING OF GROUND TEMPERATURES AND PERMAFROST DISTRIBUTION 79

I. Trofimova and A. Balybina. PRINCIPLES OF ZONING OF THE WEST SIBERIAN PLAIN ACCORDING TO THE CRYOSOLIC-THERMAL STATE OF THE SOIL AND GROUND LAYER 86

N. Tumel, N. Koroleva. GEOINFORMATION ANALYSIS OF CORRELATIONS BETWEEN PERMAFROST AND LANDSCAPE IN RUSSIA CRYOLITHOZONE 89

A. Khomutov, M. Leibman, M. Andreeva. LANDSCAPE INDICATION OF TABULAR GROUND ICE ON THE CENTRAL YAMAL 92

P. Shary, L. Sharaya, A. Pastukhov, D. Kaverin. CALCULATIONS OF SOIL CARBON STORAGE FOR CRYOLITHOZONE OF THE USA RIVER BASIN 96

SECTION 2

APPLICATION OF REMOTE SENSING DATA FOR GEOCRYOLOGICAL MAPPING

A. Vergun, D. Kuznetsov, S. Ogorodov. IMPLEMENTATION OF REMOTE SENSING DATA IN RESEARCH OF COASTAL DYNAMYCS AT THE RUSSIAN ARCTIC 100

M. Zimin. REMOTE SENSING DATA AT CRYOLITHOZONE MAPPING 102

V. Kapralova. STUDY OF THERMOKARST LAKES LOCATION AND SIZES BY MEANS OF REMOTE SENSING DATA AND METHODS OF MATHEMATICAL MORPHOLOGY OF THE LANDSCAPE 105

A. Kizyakov, M. Zimin, M. Leibman, N. Pravikova. THE APPLICATION OF HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES TO DETERMINE THE RATE OF THERMAL DENUDATION AND THERMAL ABRASION ON THE WESTERN COAST OF KOLGUEV ISLAND 108

S. Kornienko. USE OF SATELLITE DATA IMAGERY FOR MAPPING AND MONITORING OF NATURAL LANDSCAPES OF THE PERMAFROST IN THE AREAS OF OIL AND GAS DEVELOPMENT 111

N.Larin, V.Larin, V.Zgonnik, S.Rodina. REMOTE DATA AND DIRECT OBSERVATION OF HYDROGEN DEGASSING OF EARTH'S INTERIOR AS SUBSTANTIATION OF THE ORIENTED LAKE FORMATION MECHANISM ON THE YANA-INDIGIRKA LOWLAND 114

A. Pogorelov, K. Golovan. MAPPING OF SMALL GLACIATION FORMS OF THE LAGONAKI HIGHLAND 118

A.Prasolova, E. Pizhankova, E. Yakovenko. DEVELOPMENT OF IMAGERY INTERPRETATION METHODS OF FRAZILS FOR THE DIGITAL GEOCRYOLOGIC MAP OF RUSSIA 121

O. Sizov, A. Abrosimov. USING OF REMOTE SENSING DATA WHEN STUDYING AEOLIAN RELIEF HIGH LATITUDES 124

I. Smirnova, L. Sukhacheva, A. Rusanova. STUDYING OF THERMOKARST LAKES AND THE SEA COASTLINE DYNAMICS IN THE NORTH EAST OF EUROPEAN PART OF RUSSIA USING MULTITEMPORAL SATELLITE IMAGES 128

T. Tarasenko. THE POSSIBILITY OF USING LANDSAT SATELLITE IMAGES TO STUDY THERMOKARST LAKE DYNAMICS 132

T. Tarasenko, V. Kravtsova, E. Pizhankova, A. Gavrilov. THERMOKARST LAKE DYNAMICS IN THE COASTAL PART OF THE YANA-INDIGIRKA LOWLAND USING REMOTE SENSING DATA 135

V. Yugin, V. Agachev, I. Myasnikov. APPLICATION OF COSMIC THERMOVISION INFORMATION FOR THERMAL EXPLORATION OF CRYOLITHOZONE 139

SECTION 3
MAPPING OF THE POLAR SHELF

A.Vasiliev, P.Rekant, I.Streletskaya. SUBMARINE PERMAFROST MAPPING OF YAMAL PENINSULA CONTINENTAL SHELF 142

A. Gavrilov. THE HISTORY OF ARCTIC SHELF DEVELOPMENT AND MAPPING OF SUBMARINE CRYOLITHOZONE 144

A. Zinchenko. NEW GENERATION OF GEOMORPHOLOGICAL MAPS OF THE ARCTIC SHELF OF RUSSIA AS A BASIS FOR STUDYING OF VARIOUS NATURAL PROCESSES 147

D.Kuznetsov, V.Biryukov, O.Kokin, S.Ogorodov. THEMATIC MAPPING OF KEY SITES OF PETROLEUM DEVELOPMENT IN OFFSHORE AREAS OF YAMAL PENINSULA 149

N. Shpolyanskaya, N.Koroleva. THE MAP OF GROUND ICES IN RUSSIAN CRYOLITHOZONE IN THE SHELF-CONTINENT SYSTEM 153

SECTION 4
MAPPING FOR THE DESIGN AND CONSTRUCTION ON CRYOLITHOZONE

I. Dorofeev, A. Litovko. ZONATION MAPPING OF EXOGENOUS GEOLOGICAL PROCESSES IN THE LENA-AMUR TRANSPORTATION CORIDOR 158

V. Kondratiev. EXPERIENCE IN DRAFTING REVIEW GEOCRYOLOGCAL-GEOMORPHOLOGICAL MAP WITH LARGE-SCALE INSERTIONS ON THE TRACK "AMUR" FEDERAL ROAD CHITA-KHABAROVSK 161

V. Lashin, G. Lashina. GEOTECHNICAL MONITORING OF GAS TRANSPORTATION FACILITIES ON THE NORTH 165

T. Podgornaya. PROBLEMS OF PERMAFROST MAPPING FOR CONSTRUCTION OF INDUSTRIAL COMPLEXES AND THE MAIN PIPELINES ON THE FAR EAST 168

L. Tarskaya, P. Efremov, G. Struchkova, T. Kapitonova. ON POSSIBILITIES OF EMERGENCY PREDICTION ON THE MAIN PIPELINE USING GIS 171

O. Tregubov. EXPERIENCE OF OUTRUNNING GEOCRYOLOGICAL ZONATION MAPPING OF THE WEST-LAKE – ANADYR MAIN GAS PIPELINE 173

D. Shesternev. MAPS OF CRIOLITHOZONE CLASSIFICATION – THE BASIS FOR EFFECTIVE BUILDING AND EXPLOITATION OF ENGINEERING CONSTRUCTIONS 176

SECTION 5
GEOECOLOGICAL MAPPING OF CRYOLITHOZONE

A. Verkhoturov, G. Verkhoturov. FEATURES GEOECOLOGICAL MAPPING CRYOLITHOZONE IN TRANSBAIKALIA 180

L. Gugalinskaya, V. Alifanov. PALEOCRYOGENESIS EFFECT ON THE MODERN SOIL COVER IN THE CENTER OF THE EAST EUROPEAN PLAIN 183

V. Dzhurik, S. Serebrennikov, Ts. Batsaihan, A. Eskin, E. Bryzhak. TO THE TECHNIQUE FOR SEISMIC RISK FORCAST MAPPING OF LARGE GEOLOGICAL STRUCTURES WITH REGARD TO PARTIAL OR COMPLETE PERMAFROST DEGRADATION 186

L. Zotova. METHODICAL ASPECTS OF ENVIRONMENTAL PERMAFROST MAPPING BASED ON THE LANDSCAPES 188

S. Korkin, E.Kayl. MAPPING OF THE GROUND FREEZING AND THAWING IN THE TERRITORY OF NATURAL PARK «SIBIRSKIE UVALY» 191

R. Kors-Olthof, V. Roujanski. CREATING A COMMUNITY PERMAFROST MAP, TSIIGEHTCHIC, NORTHWEST TERRITORIES, CANADA 195

G. Malkova, A. Pavlov, Yu. Korostelev. CLIMATIC CHANGES MAPPING ON THE NORTH OF RUSSIA FOR ESTIMATION OF GEOCRYOLOGICAL AND GEOECOLOGICAL CONSEQUENCES 198

A. Maslakov, G. Kraev. APPLICATION OF VARIOUS CARTOGRAPHICAL FEATURES FOR ARCTIC COAST DYNAMICS STUDYING WITHIN DEVELOPED TERRITORIES 201

T. Mikhaylova, N. Ukraintseva. LANDSCAPE MAPPING AS A BASIS FOR ASSESSING THE DYNAMICS OF GEOCRYOLOGICAL AND GEOECOLOGICAL CONDITIONS ON THE YAMAL PENINSULA 204

N. Moskalenko, E. Ustinova, M.Rud. LARGE SCALE GEOECOLOGICAL MAPPING OF NADYM-PUNGA GAS PIPELINE ROUTE 207

S. Serebrennikov, V. Dzhurik, L.Usynin, A. Shagun. COMPARATIVE ANALYSIS OF HAZARD SEISMIC ZONING FOR THE SITES LOCATED IN DIFFERENT CLIMATE ZONES OF SIBERIA 210

L. Tarskaya, P. Efremov, G. Struchkova, T. Kapitonova. ESTIMATION OF PIPELINE GEOECOLOGICAL SAFETY UNDER CONDITIONS OF THE NORTH 212

O. Tolstikhin, L. Ivanova, N. Pavlova. THE POSSIBILITIES FOR GEOECOLOGICAL MAPPING OF YAKUTIYA FOR PURPOSES OF SCIENTIFIC TOURISM 214

M. Kharkina. METODOLOGICAL ASPECTS OF GEOLOGICAL PROCESSES MAPPING UNDER ENGINEERING ECOLOGICAL SURVEY 218

A.Chizhov, A. Gavrilov, A.Dereviagin, E. Pizhankova. TO THE METHODS OF GENERAL GEOECOLOGICAL ZONING OF RUSSIAN CRYOLITHOZONE 220

V. Sharin, A. Okunev. DESTRUCTING CRIOGENIC PROCESSES AT THE GRUMANT VILLAGE (SPITSBERGEN ARCHIPELAGO) 221

SECTION 6
CRYOLOGICAL MAPPING OF MARS

V. Isaev, O. Abramenko, I. Komarov, V. Balmasheva. THE BASEMENTS OF MAKING OF THE CLASSIFICATION TABLE TO THE DIGITAL CRYOLOGICAL MAP OF MARS 226

M. Lazareva, E. Lazarev, J. Rodionova. COMPILING OF THEMATIC ATLAS ON COMPARATIVE PLANETOLOGY "RELIEF OF THE TERRESTRIAL PLANETS AND THEIR SATELLITES" 230

J. Rodionova, J. Brekhovskikh , E. Lazarev, M. Lazareva, V.Shevchenko. MAPPING OF MARS 233

Научное издание

ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

ТЕЗИСЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Москва

5-6 июня 2013 г.

115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3
Тел. (495) 952-04-41
E-mail: rudn-ipk@mail.ru
http://www.rudn.ru//
© Российский университет дружбы народов, Издательство