



Зотова Л.И.

**Географический факультет МГУ
им. М.В. Ломоносова**

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОСТАВЛЕНИЯ ОЦЕНОЧНЫХ МЕРЗЛОТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ НА ЛАНДШАФТНОЙ ОСНОВЕ

***Methodical aspects of environmental
permafrost mapping based on the
landscapes***

Используемые методы

- Методы ландшафтной индикации,
- Методы дешифрирования материалов дистанционного зондирования
- методы экспертных оценок,
- расчетно-статистические методы
- методы пространственного ГИС-анализа

КАРТЫ УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ КРИОЛИТОЗОНЫ К АНТРОПОГЕННЫМ НАГРУЗКАМ

Масштабы 1:25 000 – 1:4 000 000

Устойчивость как способность противостоять техногенной активизации криогенных процессов наряду с изменениями природных комплексов

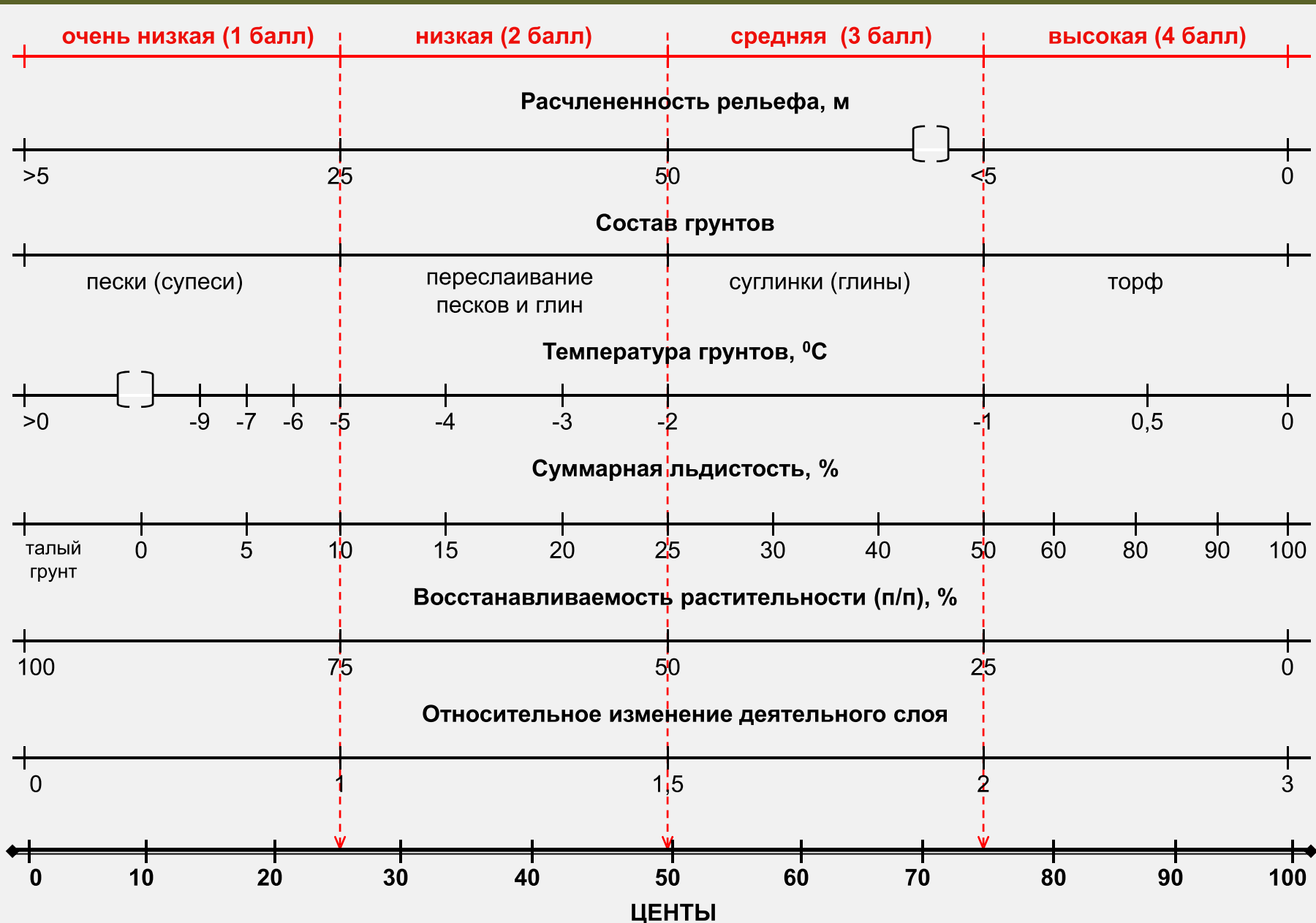
ВЕДУЩИЕ ФАКТОРЫ УСТОЙЧИВОСТИ

- ❖ Среднегодовая температура грунтов, град. С
- ❖ Льдистость грунтов, доли ед.
- ❖ Протекторные свойства растительного покрова
- ❖ Увеличение глубины СТС после нарушений
- ❖ Скорость восстановления растительности, лет

ШКАЛА ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА СНИЖЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ В КРИОЛИТОЗОНЕ

Природные факторы	Оценка влияния в баллах			
	1 балл (не влияет)	2 балла (слабо влияет)	3 балла (заметно влияет)	4 балла (нарушает)
Расчлененность рельефа (превышение водораздела над урезом рек, озер), м	5-25	25-30	50	5
Сосотав грунтов	пески (супеси)	переслаивание песков (супесей) и глин	суглинки (глины)	торф
Температура грунтов, град. С	ниже -5 или выше 0	от -2 до -5	от -1 до -2	от 0 до -1
Суммарная льдистость (влажность), %	10	10-35	35-50	50
Растительность (восстанавливаемость, проективное покрытие на 10-й год), %	75-100 быстро восстанавливается	50-75 средне восстанавливается	25-50 медленно восстанавли- вается	0-25 практически не восстанавли- вается
Глубина сезонного протаивания - промерзания. Увеличение ее после нарушений	не изменяется, уменьшается	увеличивается в 1,5 раза	увеличивается в 2 раза	увеличивается более чем в 2 раза

ОПАСНОСТЬ ПРОЯВЛЕНИЯ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ



Оценка устойчивости ландшафтов криолитозоны Западной Сибири

Распространение многолетнемерзлых пород	Природная зона и подзона	ТИП ЛАНДШАФТА (индекс по карте А.Г. Исаченко)	Расчлененность рельефа	Состав грунтов	Температура грунтов	Льдистость	Восстановимость растительности	Изменение глубины деятельного слоя	∑ баллов	Степень устойчивости ландшафта
									ср. геом. центов	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12
СПЛОШНОЕ	ТИПИЧНАЯ ТУНДРА	Низм. аллюв. и озерно-аллюв. равнины (4/3)	1	1	1	3	3	2	12	среднеустойчивые
			5	10	15	80	60	40	22,89	
		Долины рек (4/Пт)	4	4	1	4	1	2	16	слабоустойчивые
			90	85	20	85	5	35	36,27	
	ЛЕСОТУНДРА	Ледово-морск. и холм.-морен. возвыш. (9/11,18)	2	2	2	3	3	2	14	среднеустойчивые
			25	30	25	55	50	26	33,71	
		Долины крупных рек (9/Плт)	4	1	3	3	1	3	15	
			90	15	65	65	10	65	39,34	
ПРЕРЫВИСТОЕ И ОСТРОВНОЕ	ТАЙГА СЕВЕРНАЯ	Низменные моренные суглинистые равнины (14/11)	3	3	4	3	2	4	19	слабоустойчивые
			60	65	85	60	45	85	65,61	
		Пологохолмистые моренные песчаные возвышенности (14/19)	3	1	1	1	3	1	10	относит. устойчивые
			65	20	3	4	65	20	18,14	
		Надпойменные террасы рек (14/11а)	4	4	4	4	4	3	23	неустойчивые
			80	85	80	80	80	65	78,06	
		Долины мелких рек (14/15а)	4	4	1	1	2	2	14	среднеустойчивые
			80	80	9	10	30	35	29,08	

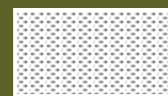
Градации устойчивости ландшафтов

	относит. устойчивые	среднеустойчивые	слабоустойчивые	неустойчивые
по ∑ баллов	7-10	11-14	15-19	20-23
по ср.геом. центов	10-20	21-34	35-64	65-80

Карта устойчивости ландшафтов криолитозоны Западной Сибири



ГРУППЫ УСТОЙЧИВОСТИ:



Относ. устойчивые
($\Sigma = 7-10$; $K_0 = 10-20$)



Средне устойчивые
($\Sigma = 11-14$; $K_0 = 21-34$)



Слабо устойчивые
($\Sigma = 15-19$; $K_0 = 35-64$)



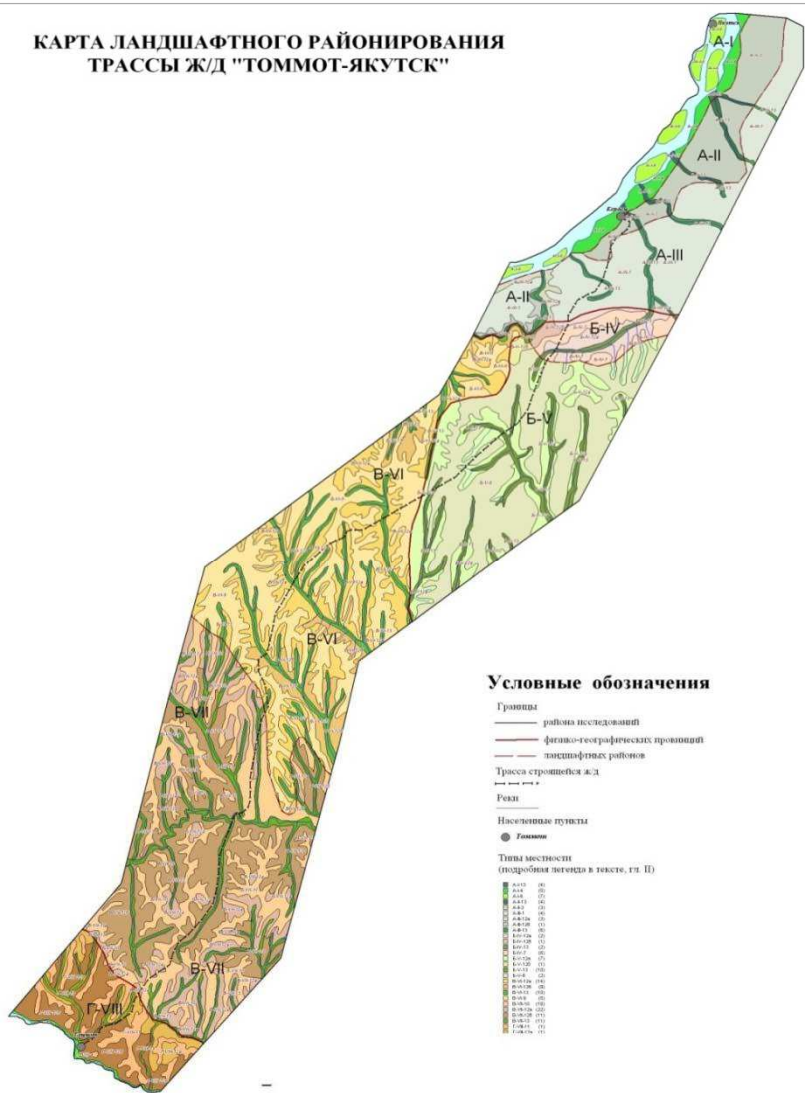
Неустойчивые
($\Sigma = 20-23$; $K_0 = 65-80$)

Масштаб 1:4 000 000

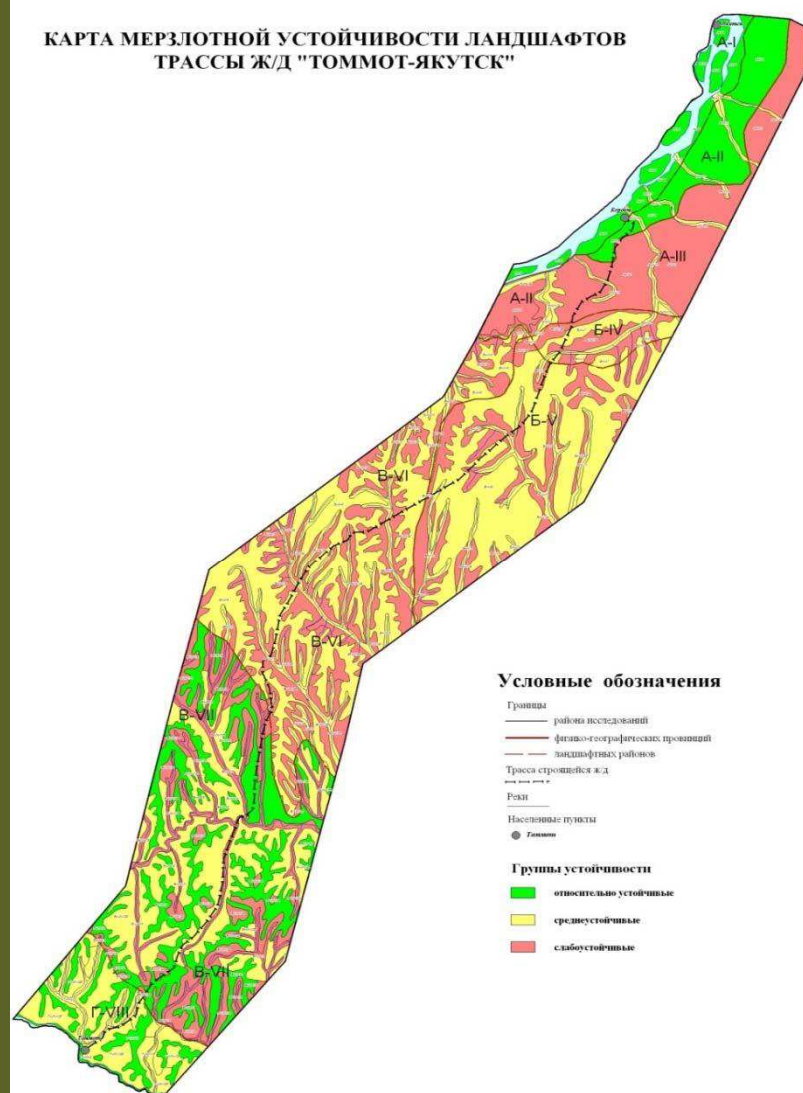
Авторы: Шполянская Н.А., Зотова Л.И.

Трасса ж/д «Томмот-Якутск»

КАРТА ЛАНДШАФТНОГО РАЙОНИРОВАНИЯ
ТРАССЫ Ж/Д "ТОММОТ-ЯКУТСК"

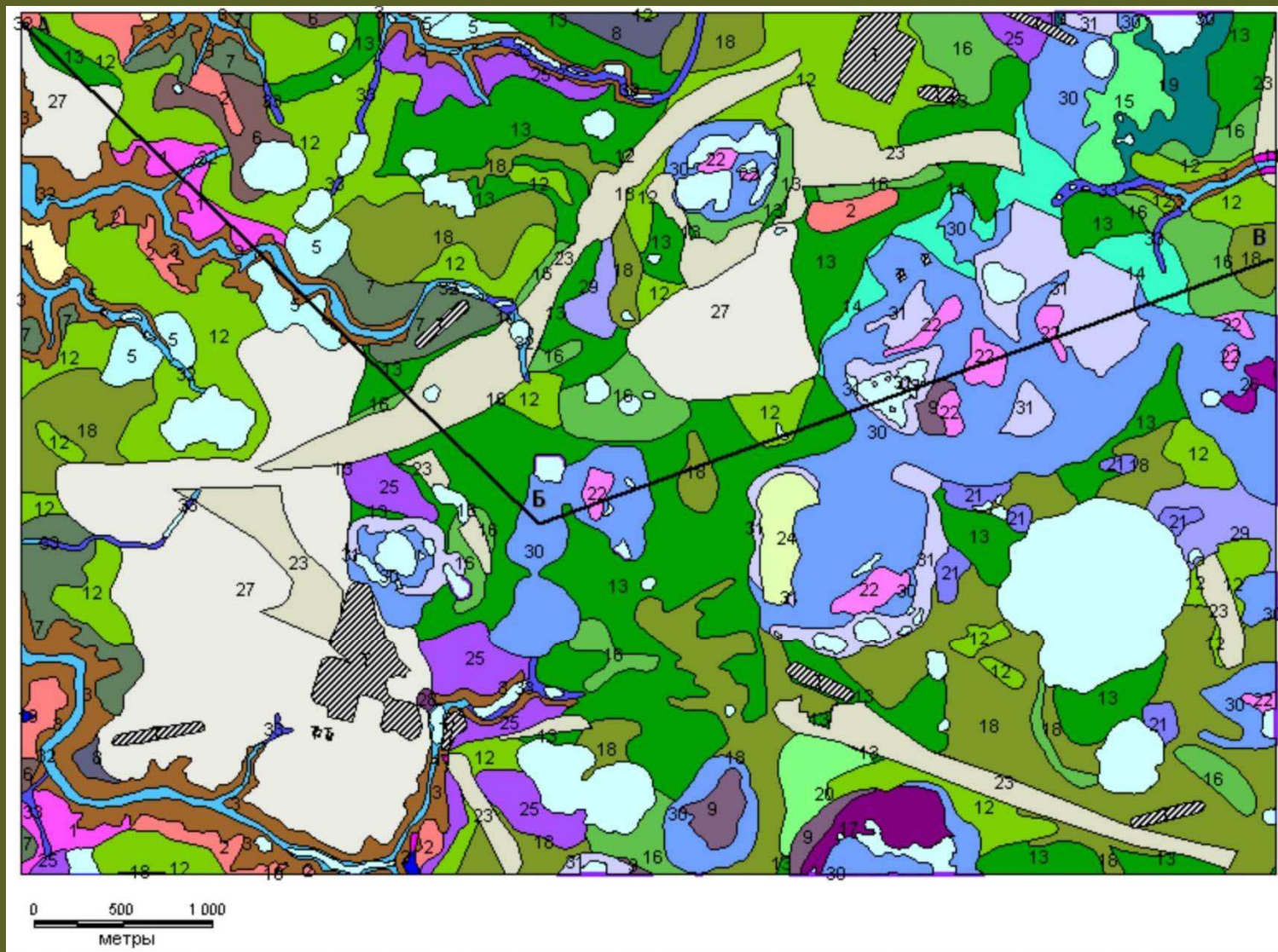


КАРТА МЕРЗЛОТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ
ТРАССЫ Ж/Д "ТОММОТ-ЯКУТСК"



Масштаб 1:500 000

Ямбург. Ландшафтная карта



масштаб 1:25 000

ЛЕГЕНДА К ЛАНДШАФТНОЙ КАРТЕ КЛЮЧЕВОГО УЧАСТКА «ЯМБУРГ»

тип рельефа морфология	формы и характер	состав грунтов	Водораздельная равнина абс.выс 18,8-43,6 Комплекс третьей (ат ² III) абс. выс. > 30 м и второй (ат ² III) абс. выс. <30 м аллювиально-морских террас							Денуационно-эрозионные склоны и уступы (dl III-IV)	Долины верхних звеньев гидрографической сети (fl III-IV)		Поля дефляции D(d IV)	
			Типы местностей								Крутые (>6°)	Долины малых рек		Ложбины стока
			Плакорные		Озерно-болотные			Хасырейные						
			пылеватые пески	пески, супеси	торф < 0,5м пески	торф 0,5-1,5м пески	торф до 3,5м пески	пески, супеси, иногда оторфованные	торф до 0,5 м супеси					
дренированные и относительно дренированные	Тундры лишайниковые и кустарничково-лишайниковые ленточные и полигональные на тундровых иллювиально-гумусовых почвах и примитивных почвах пятен	1	2											
	Тундры ивниково-ериковые травяно-моховые с фрагментами луговины и высоких кустарников на тундровых перегнойной глееватых мерзлотных почвах									3				
	Эрозийные травяные группировки на дефлированных и песчаных примитивных почвах												4	
слабодренированные	Тундры ериковые бугорчатые и полигональные кустарничково-лишайниково-моховые на тундр. иллювиально-гумусовых и перегнойно-глебовых мерзл. почвах	5	6											
	Тундры кустарничково-моховые мелкотравянистые и травяно-моховые кочкарные на тундровых торфянисто-глебовых и перегнойно-глебовых мерзлотных почвах	7	8				9							
	Антропогенно нарушенная тундровая растительность на редуцированных тундровых глееватых, иллювиально-гумусовых глеевых и перегнойно-глебовых почвах		10							11				
неравномерно дренированные	Торфяники плоские и плоскобугристые с кустарничково-мохово-лишайниковыми буграми и травяно-сфагновыми мочажинами на торфяно-глебовых и болотных верховых торфянисто-глебовых мерзлотных почвах			12	13			14	15					
	Торфяники трещиновато-полигональные кустарничково-мохово-лишайниковые на полигонах и осокоро-сфагновые в трещинах на торфяно-глебовых мерзл. почвах				16		17							
	Торфяники плоскобугристые кустарничково-мохово-лишайниковые с обводненными осокоро-сфагновыми мочажинами на торфяных и торфяно-глебовых почвах с болотн. верх. торфяно-глебовыми мерзл. почвами				18			19						
	Торфяники выпуклые бугристые с ПЖЛ кустарничково-мохово-лишайниковые с травяно-сфагновыми на болотных верховых торфяно-глебовых почвах					20								
	Крупные бугры пучения на тундровых торфяно-глебовых и тундровых торфяно-перегонно-глебовых почвах		21				22							
	Антропогенно нарушенные торфяники и болота на редуцированных торфяных и болотных почвах				23			24						
	Комплекс бугристых болот и тундр на болотных верховых торфянисто-глебовых и тундровых торфяно-глебовых почвах			25			26							
	Гари		27							28				
перушистые	Верховые болота кустарничково-травяно-сфагновые кочкарные на болотных верховых торфяно-глебовых мерзлотных почвах			29			30							
	Низинные болота травяные и травяно-сфагновые плоские на дерново-глебовых почвах в сочетании с болотными низинными торфянисто-глебовыми почвами						31							
периодической уважания	Комплекс кустарничковых моховых тундр, ивняков, ериков, реже ольховников на тундровых глеевых, дерновых глеевых и аллювиальных кислых почвах										32			
	Низинные и переходные болота осокоро-пушицево-моховые на болотных торфяно-глебовых ложковых и болотных переходных торфяно-глебовых мерзл. почвах											33		
Техногенные объекты (Т)														

Серия мерзлотных ГИС-карт

Среднегодовая температура грунтов



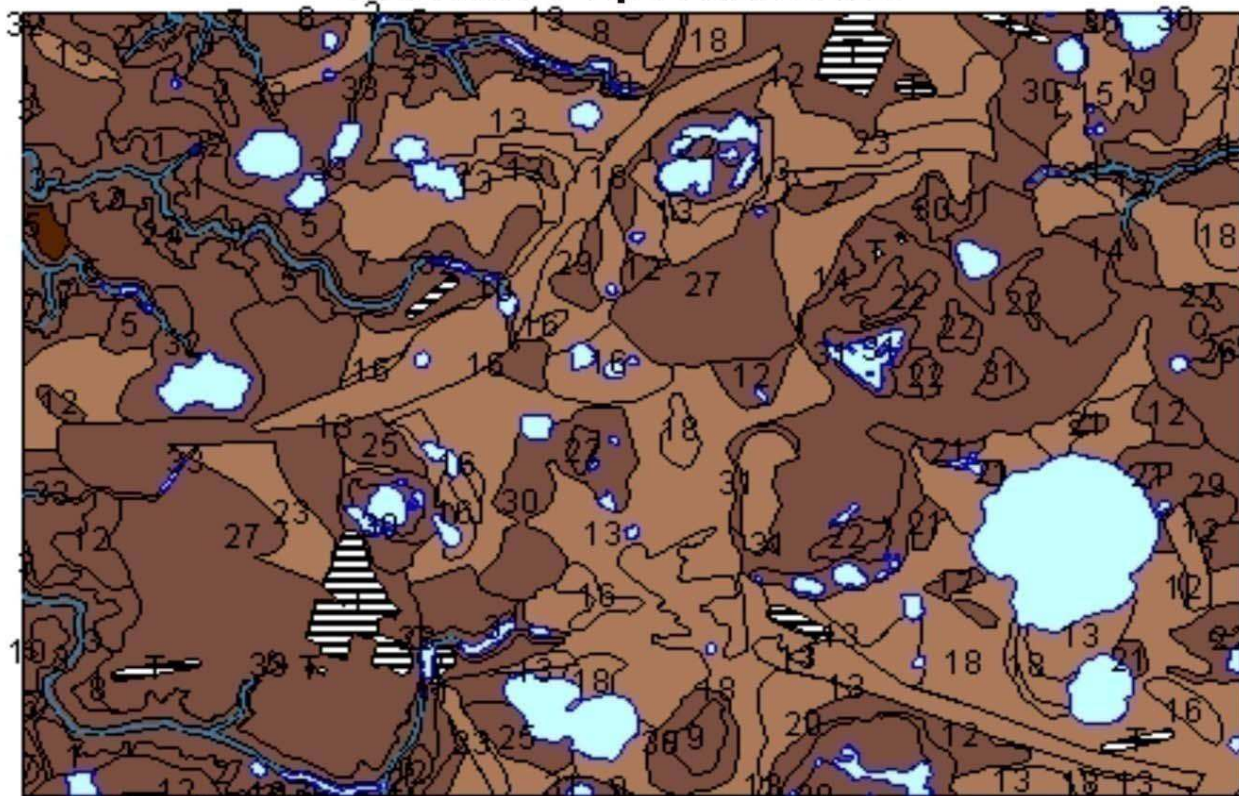
Льдистость грунтов



Протекторные свойства растительного покрова



Сезонное протаивание



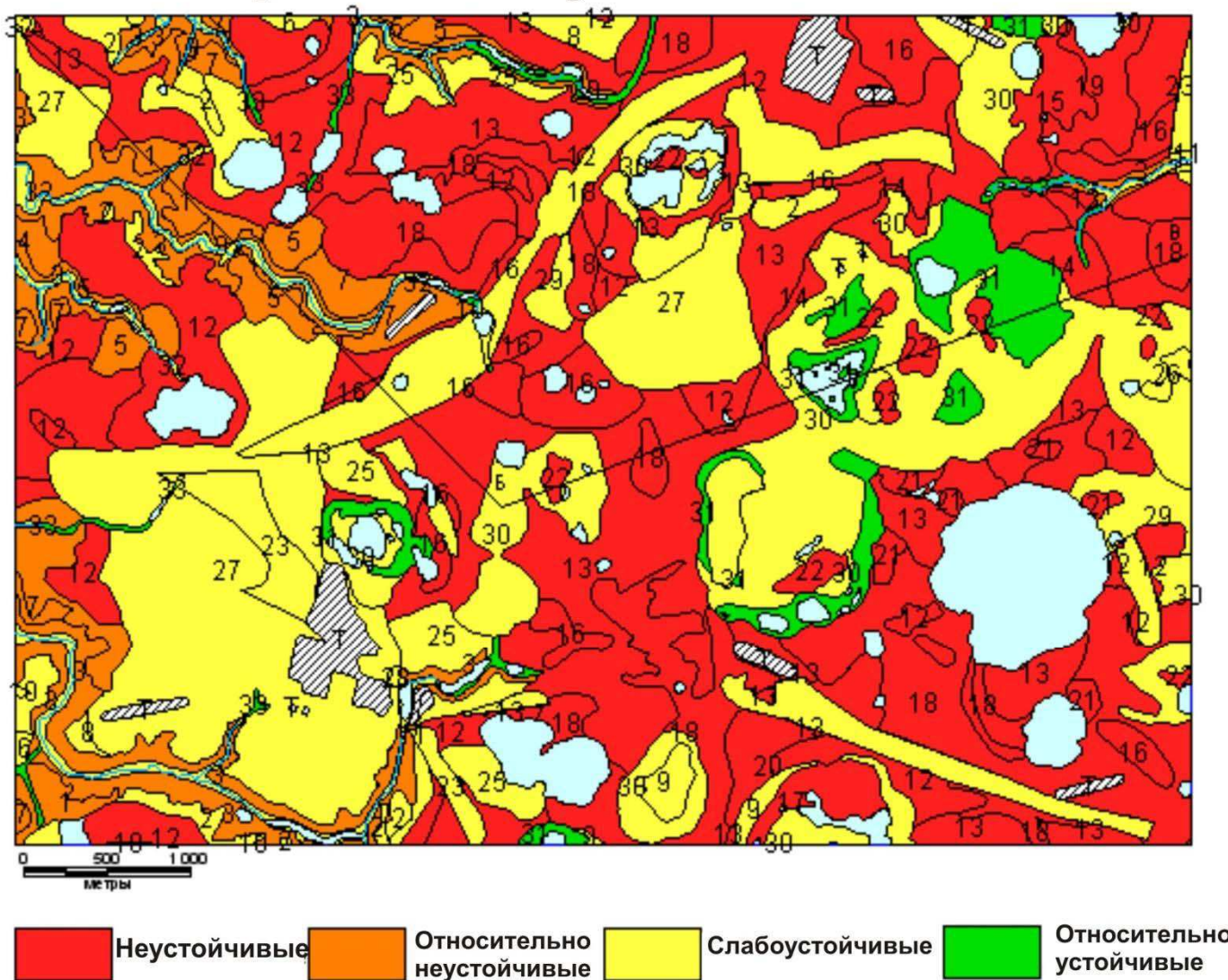
Интегральные индексы для расчета опасности хозяйственного освоения

- Сумма баллов; в т.ч. по матрице
 - Произведение баллов;
 - Среднеарифметическое баллов/центов;
 - Среднегеометрическое центов – K_o ;
-
- *Расчетно-статистические:*
 - Коэффициент мерзлотной устойчивости – $KМУ$;
 - Коэффициент экологической опасности – $KЭО$.

Пример ранжирования ПТК с учетом градаций расчетных индексов

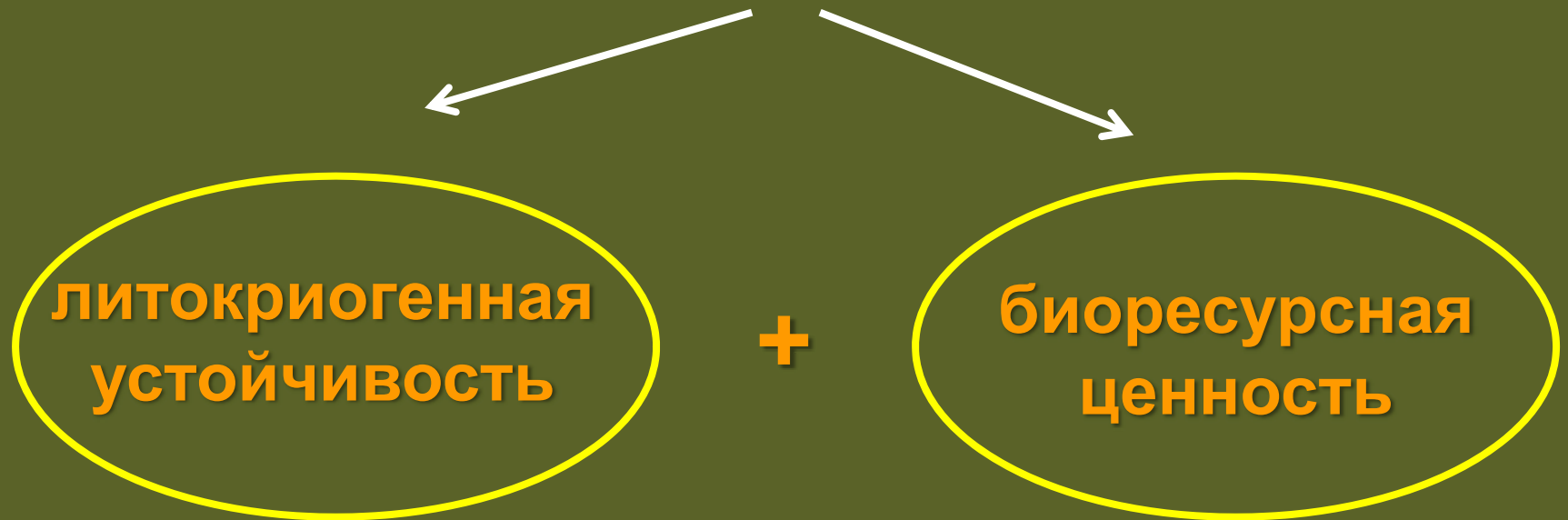
Индекс	ПТК	Критерии						Пояснения	Потенциально опасные экзогенные процесс	КМУ эксп.ед	КМУ расчет нед.	Степень устойчивости ПТК
		T	W	P	V	R	D					
20	Торфяники выпуклые бугристые с ПЖЛ, сложенные торфом >3,5м	1	3	3	3	2	3	Максимальная льдистость, высокие протекторные свойства торфяного покрова, очень слабое восстановление растительности	Глубокий термокарст по ПЖЛ, вытаивание жильных льдов, интенсивная термоэрозия по трещинам	1.000	0.980	неустойчивые
17	Хасыреи, занятые торфяниками трещиновато-полигональными на минеральных грунтах	1	2	3	3	2	3	Средняя льдистость, большая теплоизолирующая роль торфа, очень слабое восстановление растительности	Термокарст, сезонное пучение, заболачивание	0.900	0.899	
5	Слабодренированные плакоры на пылеватых песках, занятые ерниковой тундрой	2	2	2	2	3	2	Средняя льдистость, хорошие теплоизолирующие свойства ерника, среднее восстановление растительности, высокая размываемость почвогрунтов	Интенсивное заболачивание, сезонное пучение, термоэрозия	0.700	0.695	отн. неустойчивые
1	Дренированные плакоры на пылеватых песках, занятые лишайниковыми тундрами	1	2	1	2	3	1	Средняя льдистость, маломощный растительный покров, среднее восстановление растительности, высокая размываемость почвогрунтов	Активная дефляция, термоэрозия, вытаивание льдистых песков, сезонное пучение	0.600	0.631	
32	Закустаренные долины малых рек	3	2	2	2	2	2	Средняя льдистость, закрепляющая и снегозадерживающая роль кустарников, среднее восстановление растительности	Активизация термоэрозии, термокарст, оврагообразование, оплывание, пучение	0.450	0.474	Слабоустойчивые
29, 30	Верховые болота на оторфованных песках	3	2	1	2	2	3	Высокая обводненность, средняя льдистость, малая теплоизоляция покровов, среднее восстановление растительности	Термокарст, активное площадное пучение, заболачивание,	0.400	0.407	
31	Низинные болота в хасыреях на оторфованных супесях и минеральных отложениях	3	2	1	2	2	3	Обводненность, средняя льдистость, малая теплоизоляция покровов, наиболее быстрое	Сезонное пучение	0.200	0.172	отн. устойчивые
33	Заболоченные ложбины стока	3	2	1	1	2	2	Средняя льдистость, маломощный растительный покров, быстрая восстанавливаемость растительности	Сезонное пучение	0.150	0.152	

Мерзлотная устойчивость



$$KМУ = -0.608 - 0.042T + 0.084W + 0.085P + 0.236V + 0.179R + 0.019D$$

КАРТЫ МЕРЗЛОТНО- БИОТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

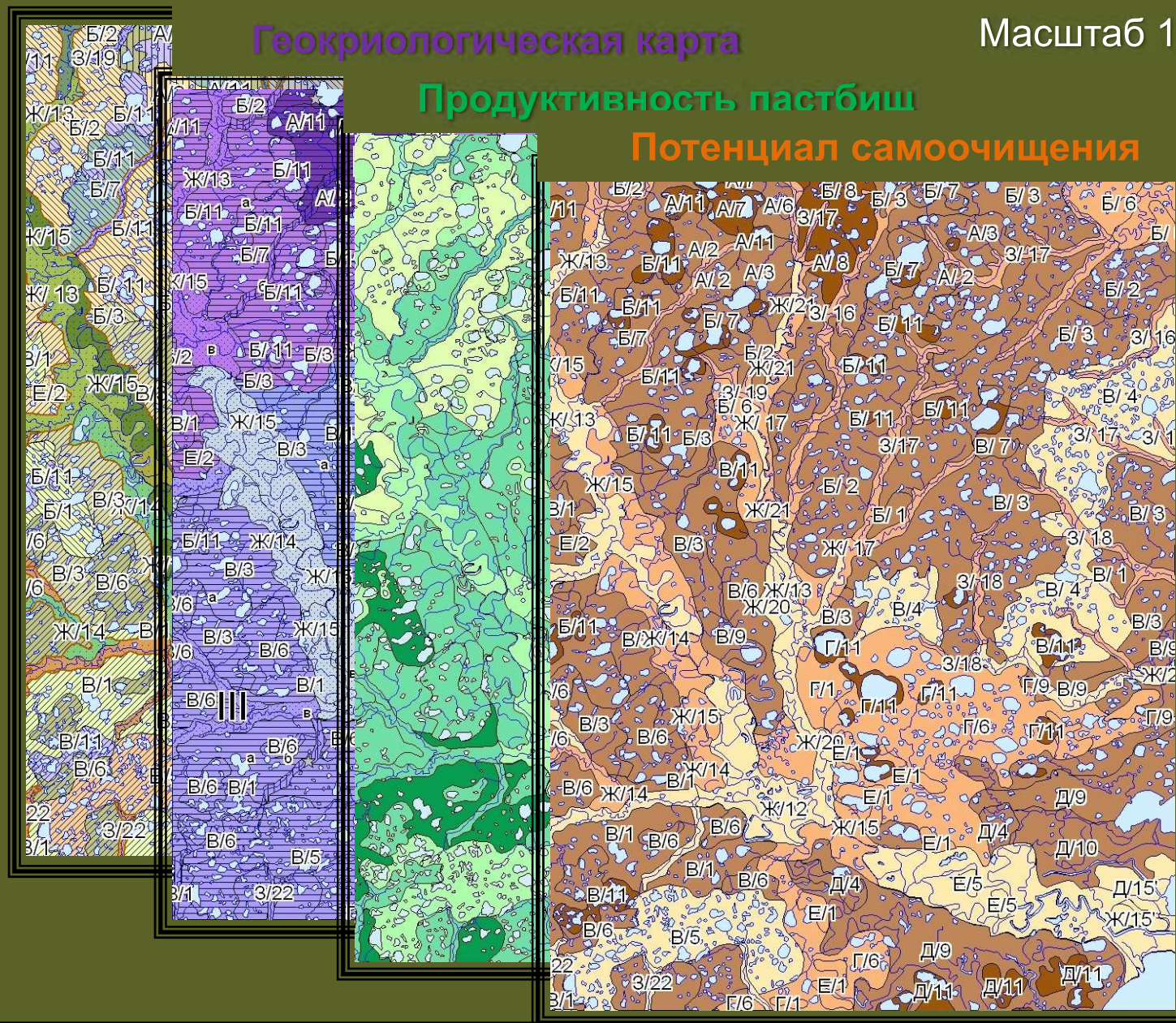


Масштабы 1:25 000 – 1:500 000

Ландшафтная карта

Масштаб 1:200 000

Потенциал самоочищения



Яр-Сале. Серия оценочных ГИС-карт

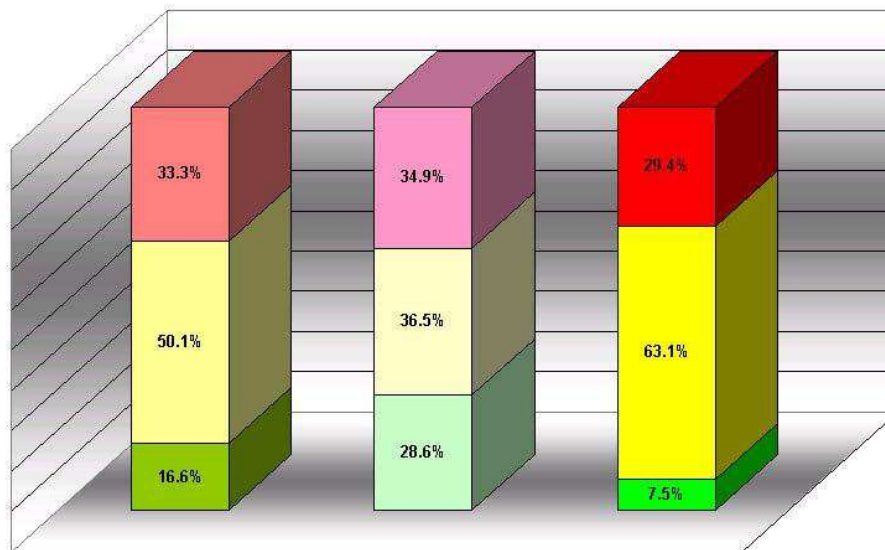
Эколого-биотическая ценность



Мерзлотная устойчивость

Опасность хозяйств. освоения

Сравнительный анализ мерзлотной, биотической и комплексной устойчивости



Мерзлотная устойчивость
(КМУ)

Биотическая устойчивость
(КБУ)

Опасность освоения
(КЭО)

$$КБЦ = -0,099 + 0,075G + 0,038V + 0,192R - 0,049N$$

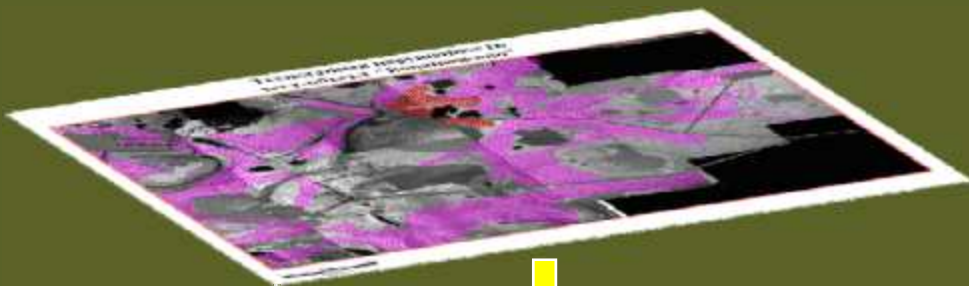
$$КМУ = 0,350 - 0,012T + 0,093W - 0,0364S + 0,037P$$

$$КЭО = 0,440 - 0,03T + 0,055W - 0,032P - 0,023S + 0,045V + 0,072R + 0,016G$$

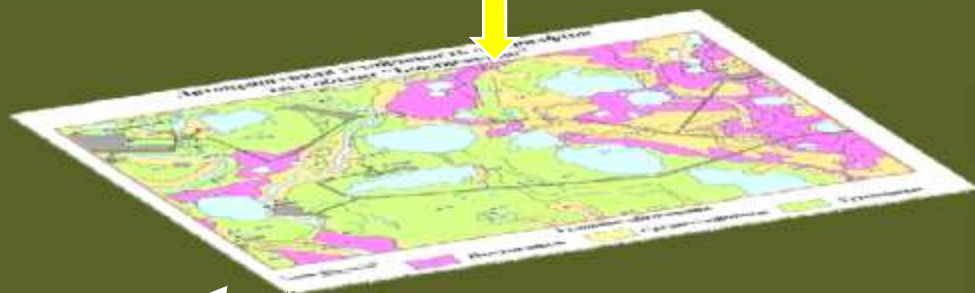
Карты геоэкологических ситуаций

Масштабы 1:25 000 – 1:100 000

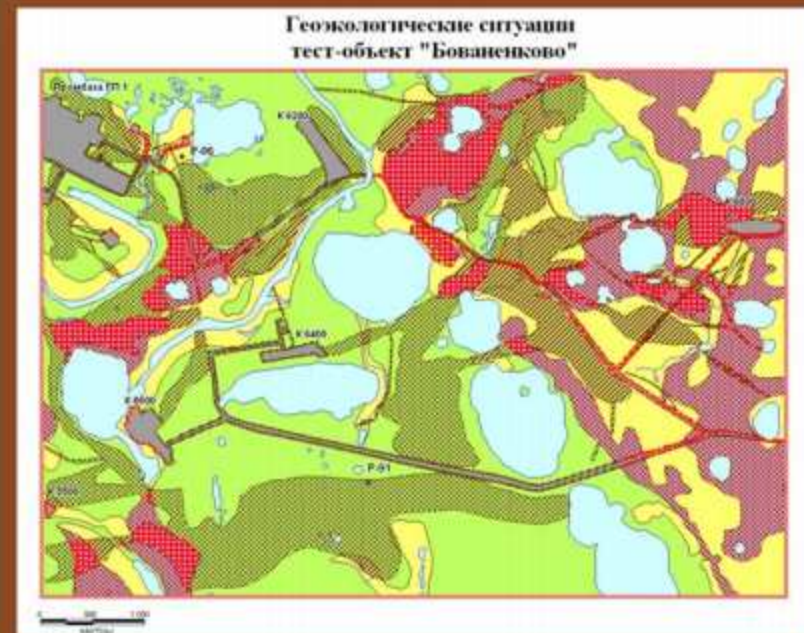
Принцип создания карт геоэкологических ситуаций



← Техногенная
нагрузка



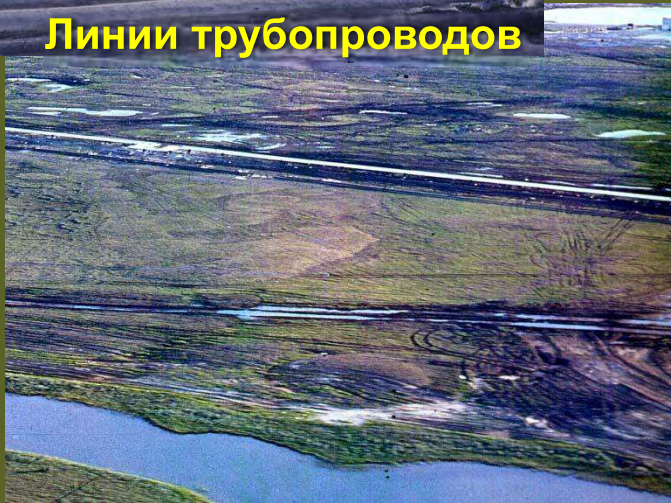
↑ Литокриогенная
устойчивость
ландшафтов



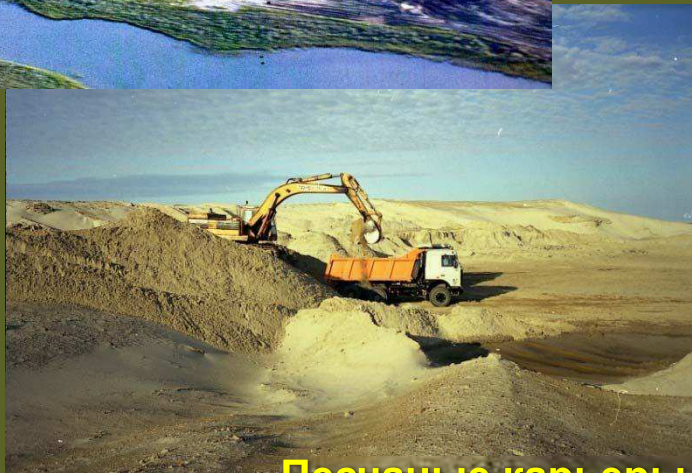
Антропогенные нарушения



Линии трубопроводов

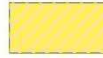


Пастбищная дигрессия



Песчаные карьеры

Оценка формирования геоэкологических ситуаций

← степень воздействия ←	→ активизация экзогенных процессов →					
	Группы мерзлотной устойчивости		относительно устойчивые	слабо-устойчивые	относительно неустойчивые	неустойчивые
	Антропогенное воздействие (механическая нарушенность, %% от площади зоны)	КМУ	<0,35	0,4-0,55	0,6-0,7	>0,8
			1	2	3	4
			БАЛЛ			
слабое (5%)	1	 сумма баллов 2	 сумма баллов 3	 сумма баллов 4	 сумма баллов 5	
умеренное (10%)	2	 сумма баллов 3	 сумма баллов 4	 сумма баллов 5	 сумма баллов 6	
значительное (20%)	3	 сумма баллов 4	 сумма баллов 5	 сумма баллов 6	 сумма баллов 7	
сильное (50%)	4	 сумма баллов 5	 сумма баллов 6	 сумма баллов 7	 сумма баллов 8	

Сумма баллов:

7-8



6



4-5



2-3



Тип ситуаций:

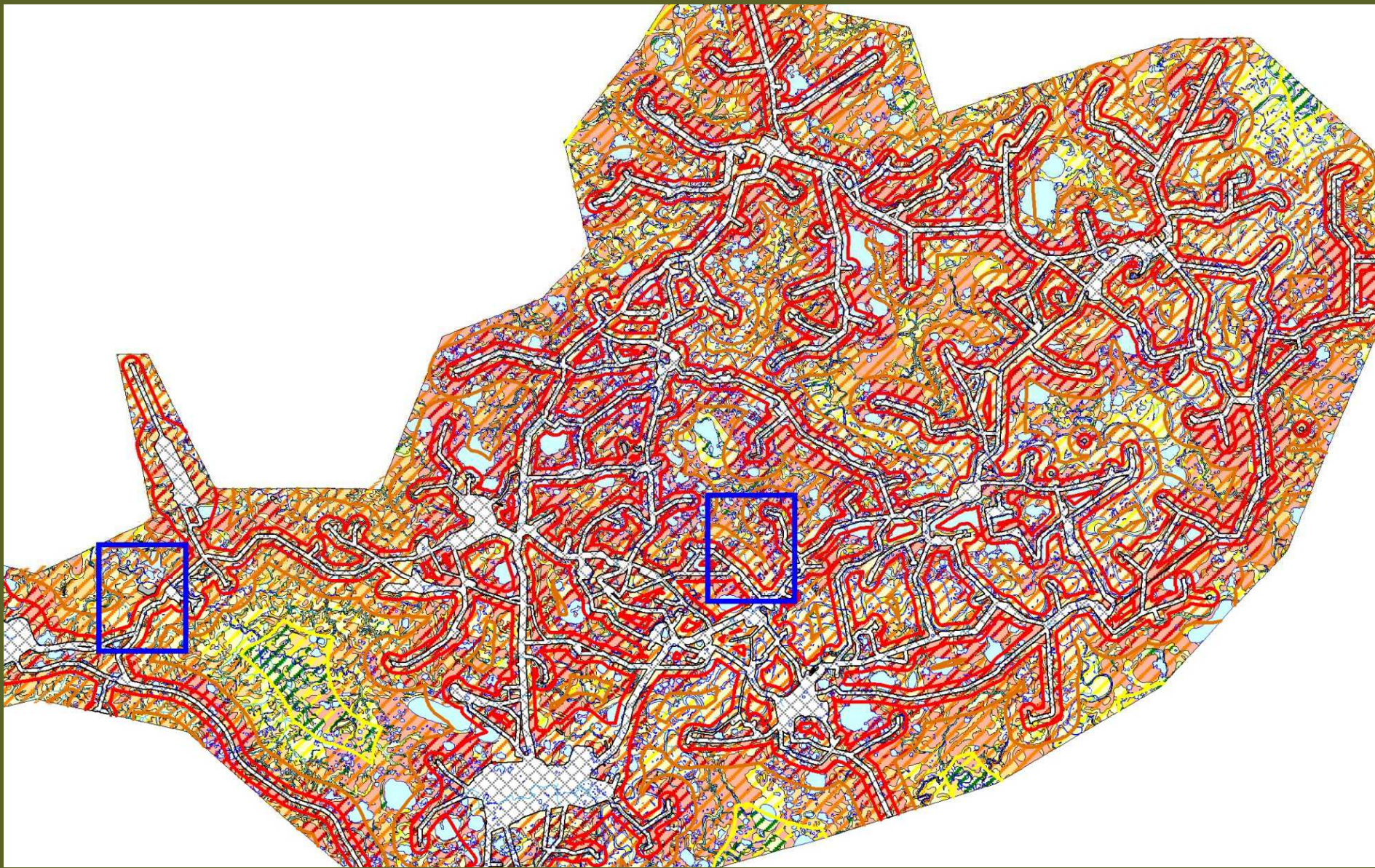
кризисная

критическая

напряженная

удовлетворительная

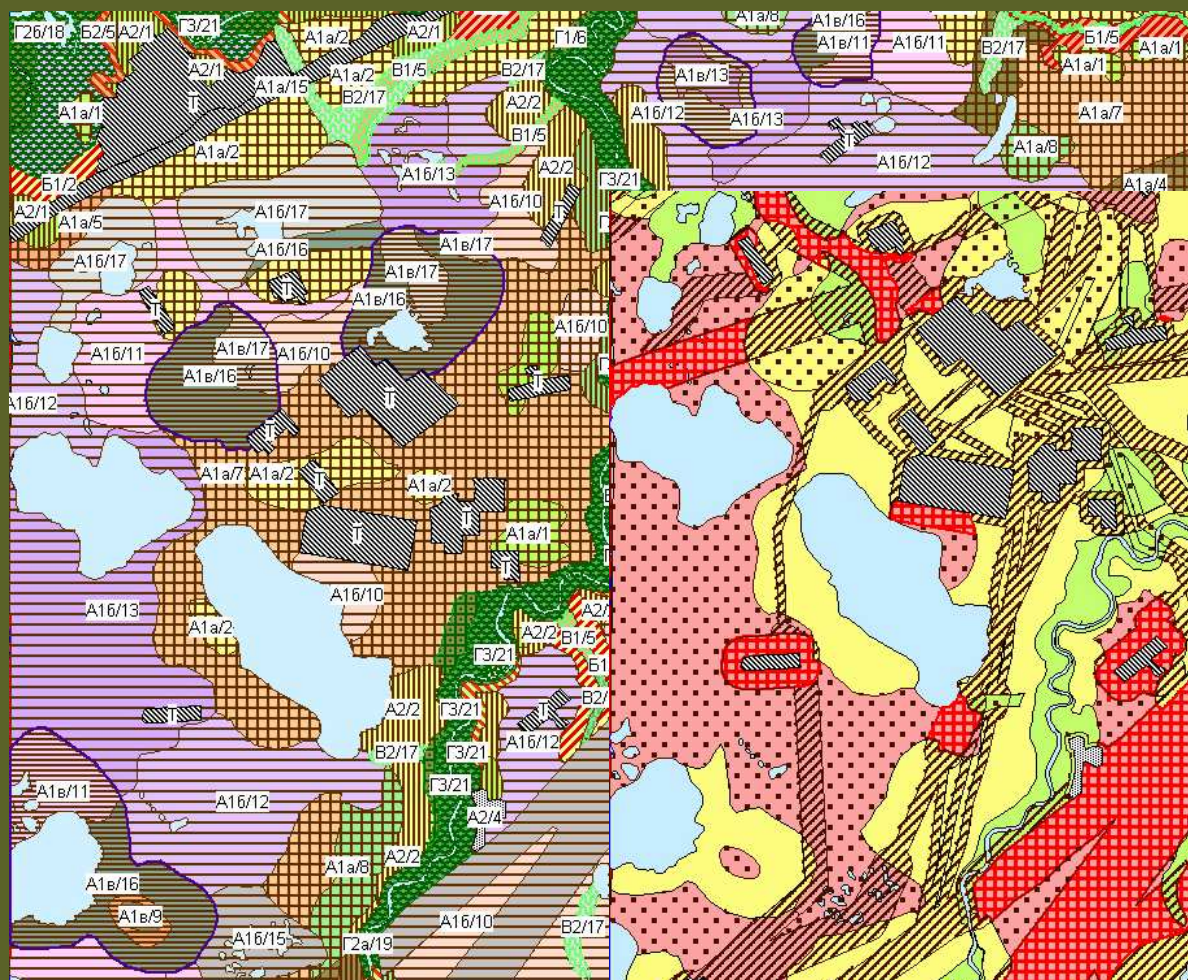
Карта геоэкологических ситуаций Ямбургского месторождения



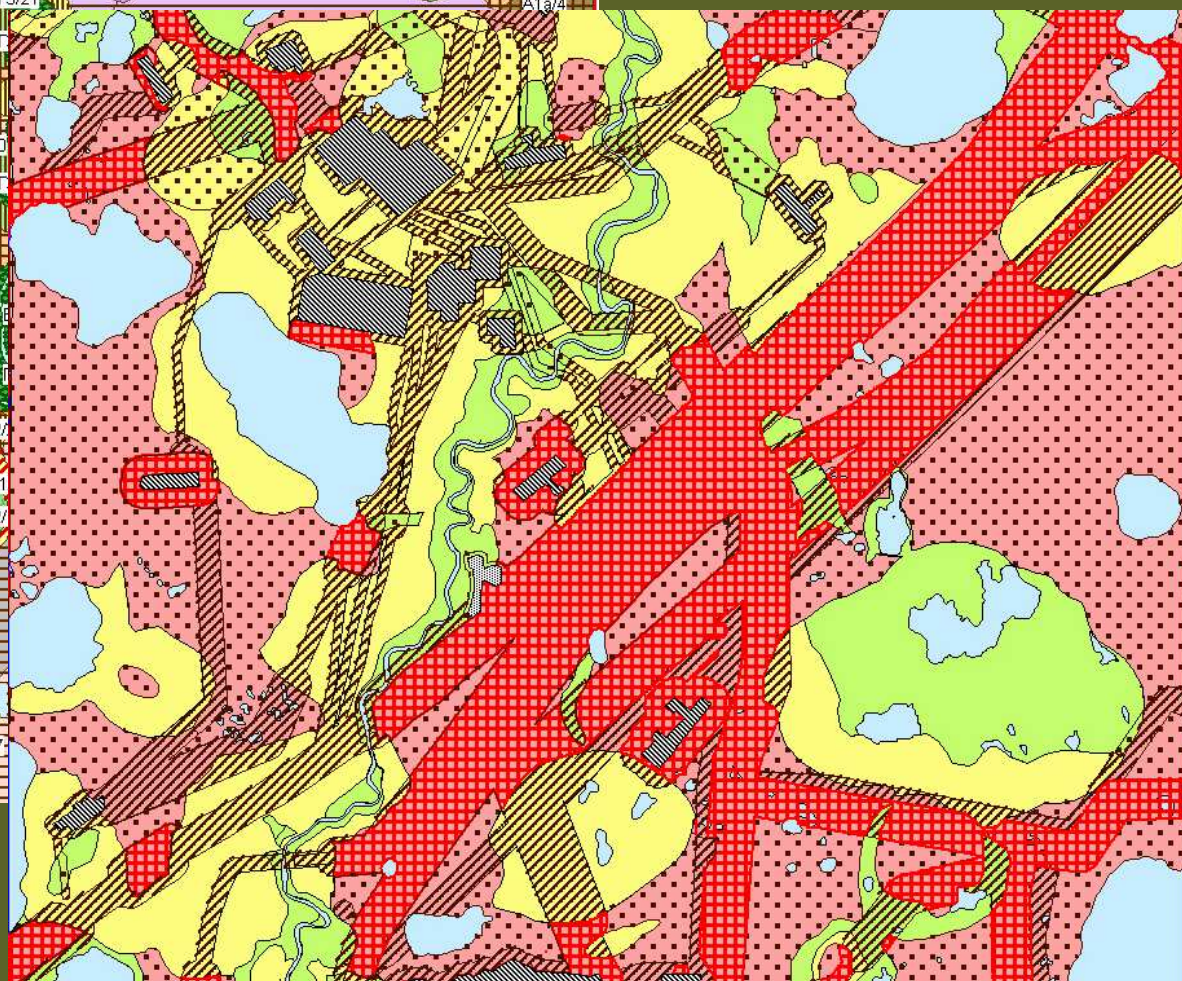
Масштаб 1:100 000

Месторождение Юбилейное

Ландшафтная карта

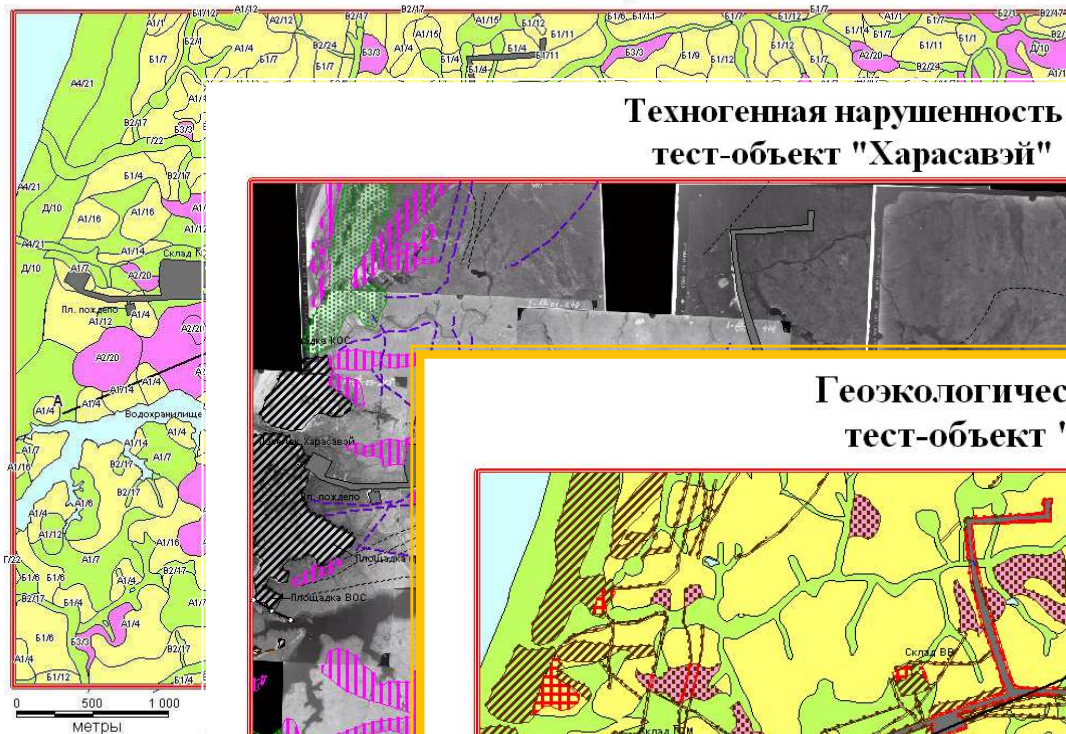


Карта геоэкологических ситуаций

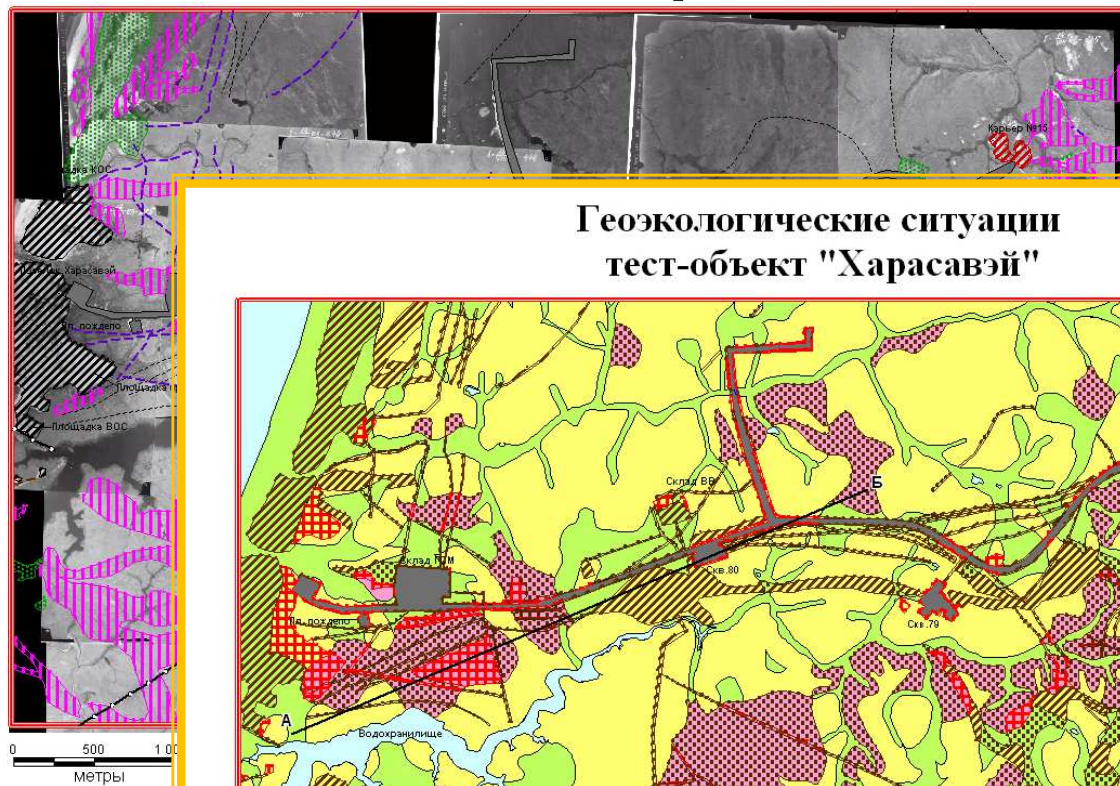


Масштаб 1:25 000

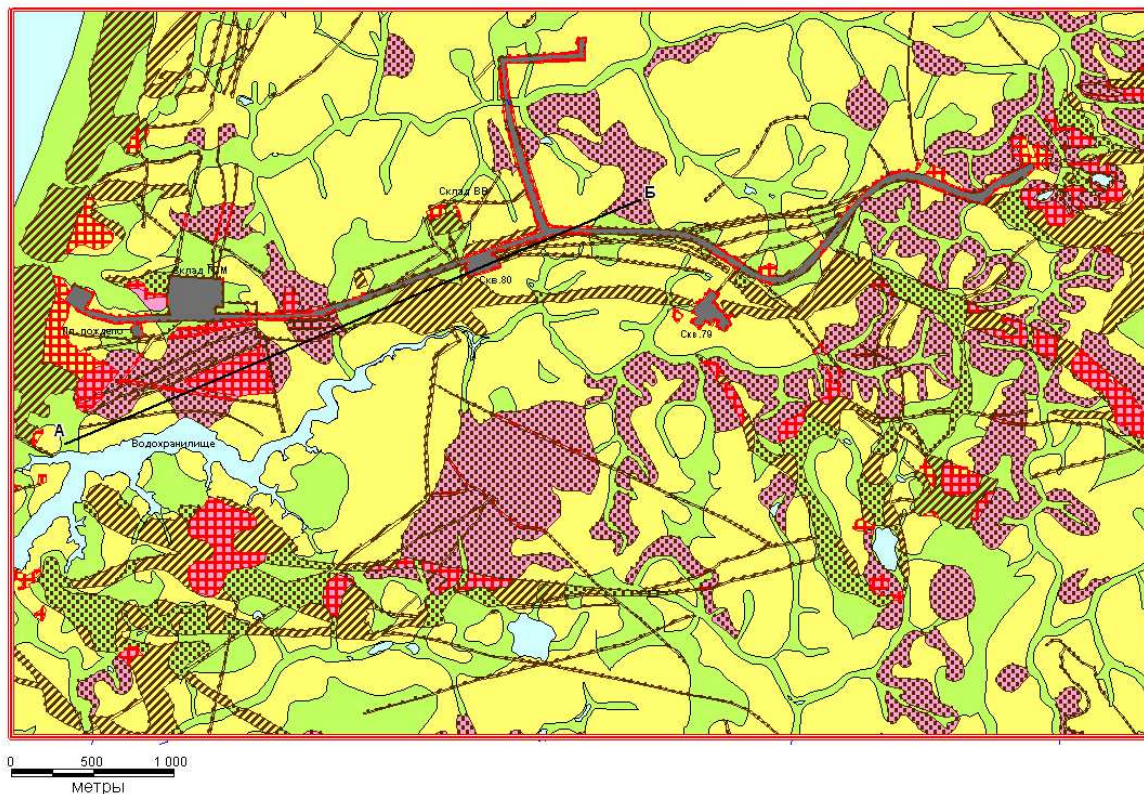
Литокриогенная устойчивость ландшафтов
тест-объект "Харасавэй"



Техногенная нарушенность
тест-объект "Харасавэй"



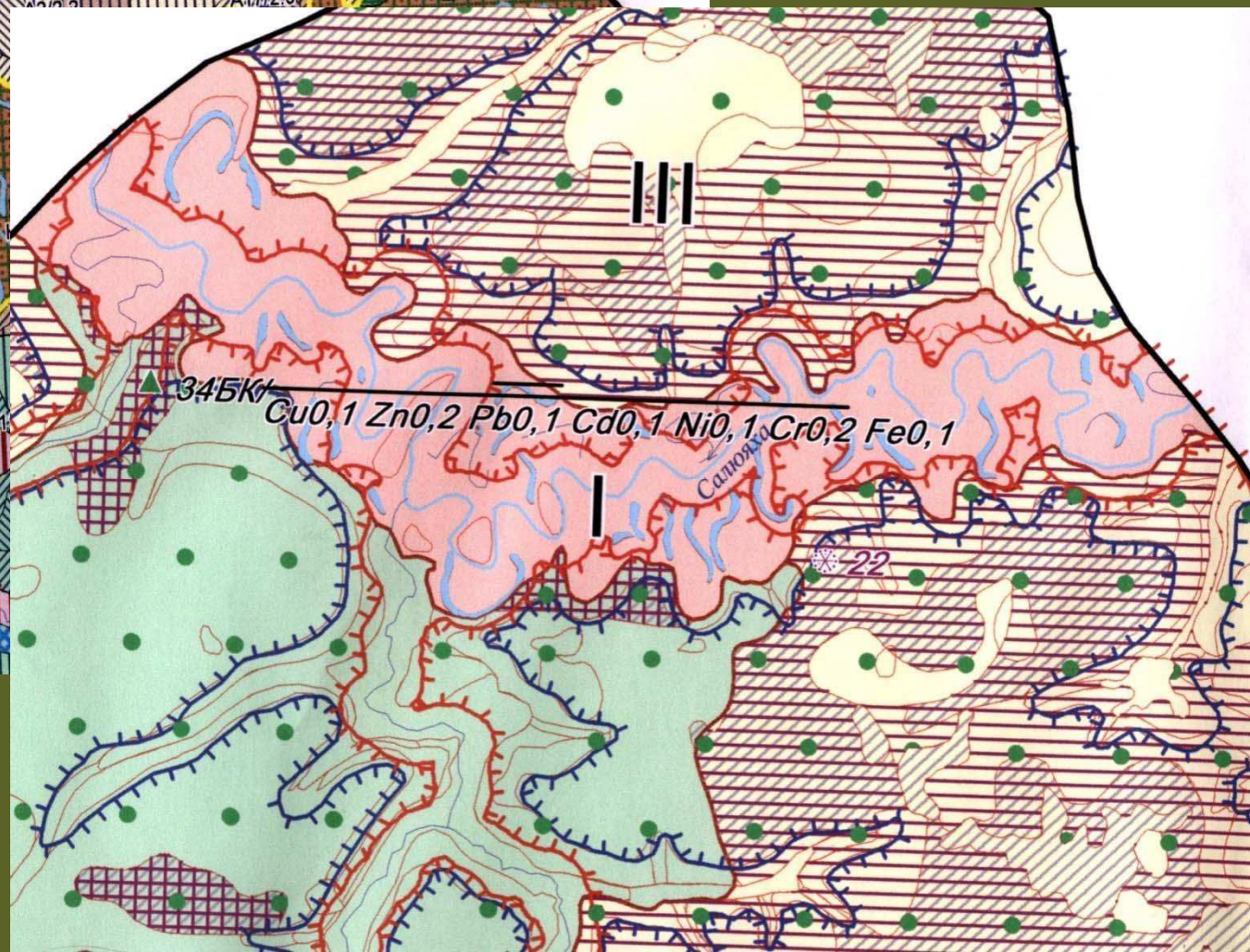
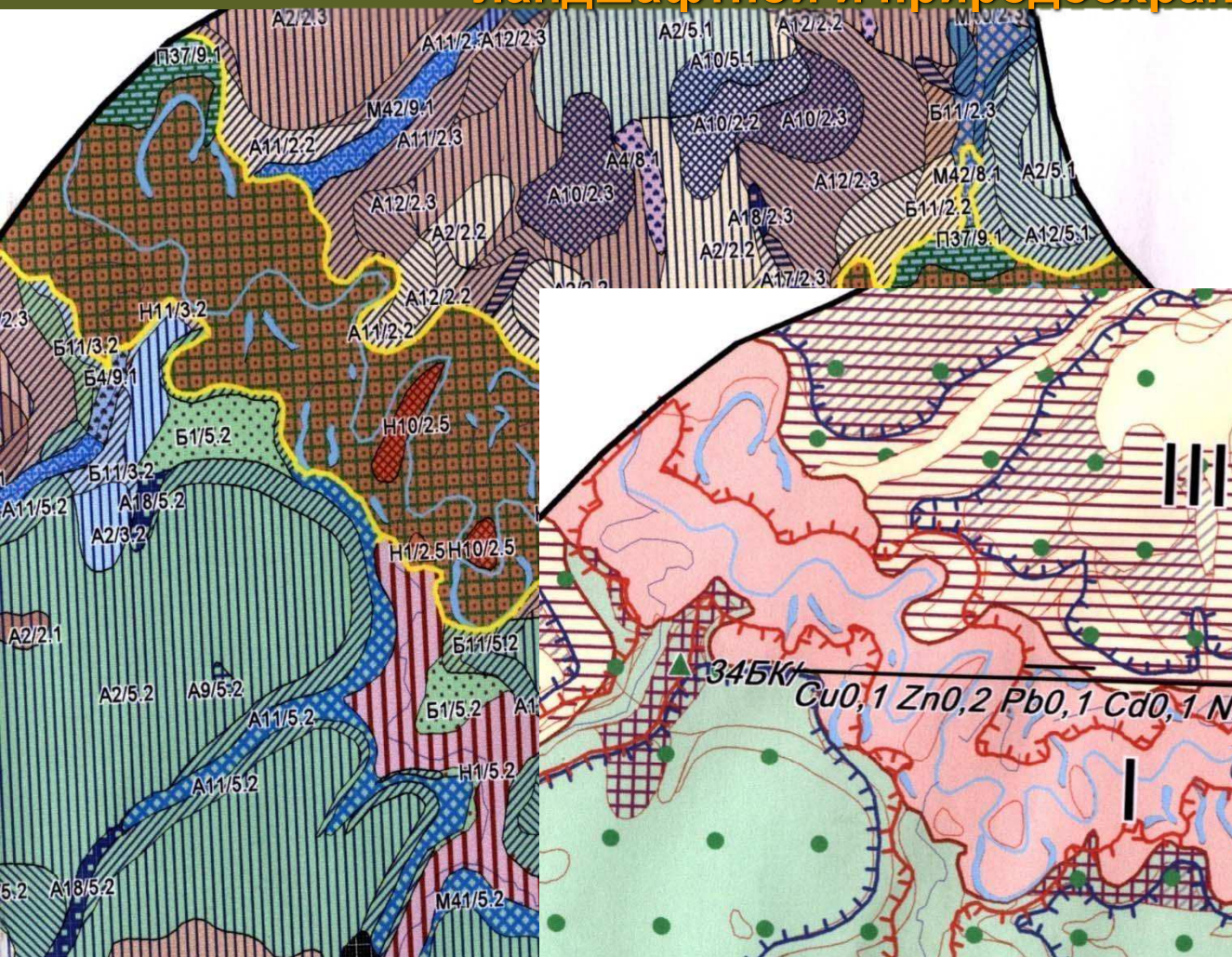
Геоэкологические ситуации
тест-объект "Харасавэй"

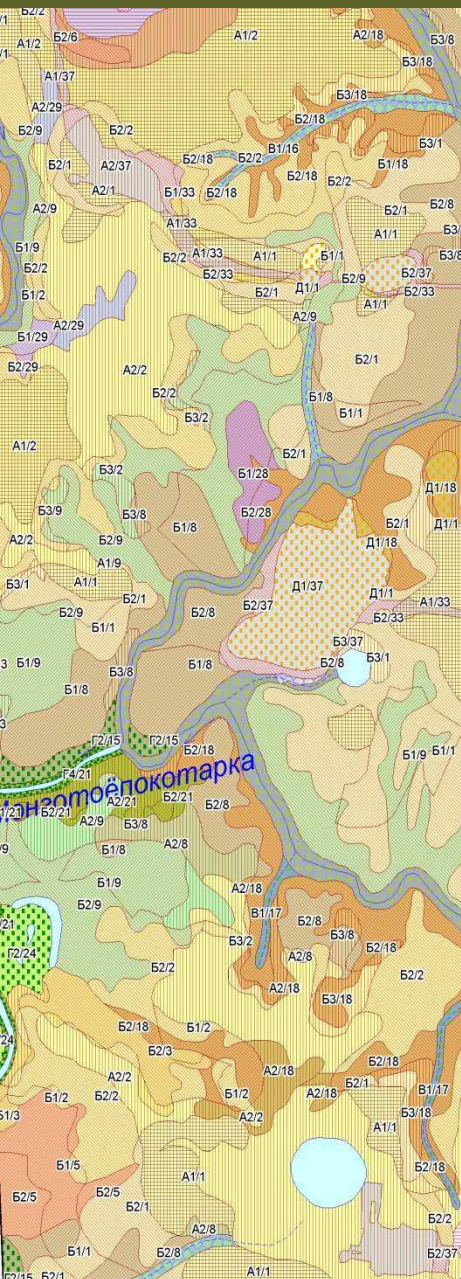


Ресурсно-экологические карты и карты природоохранного районирования

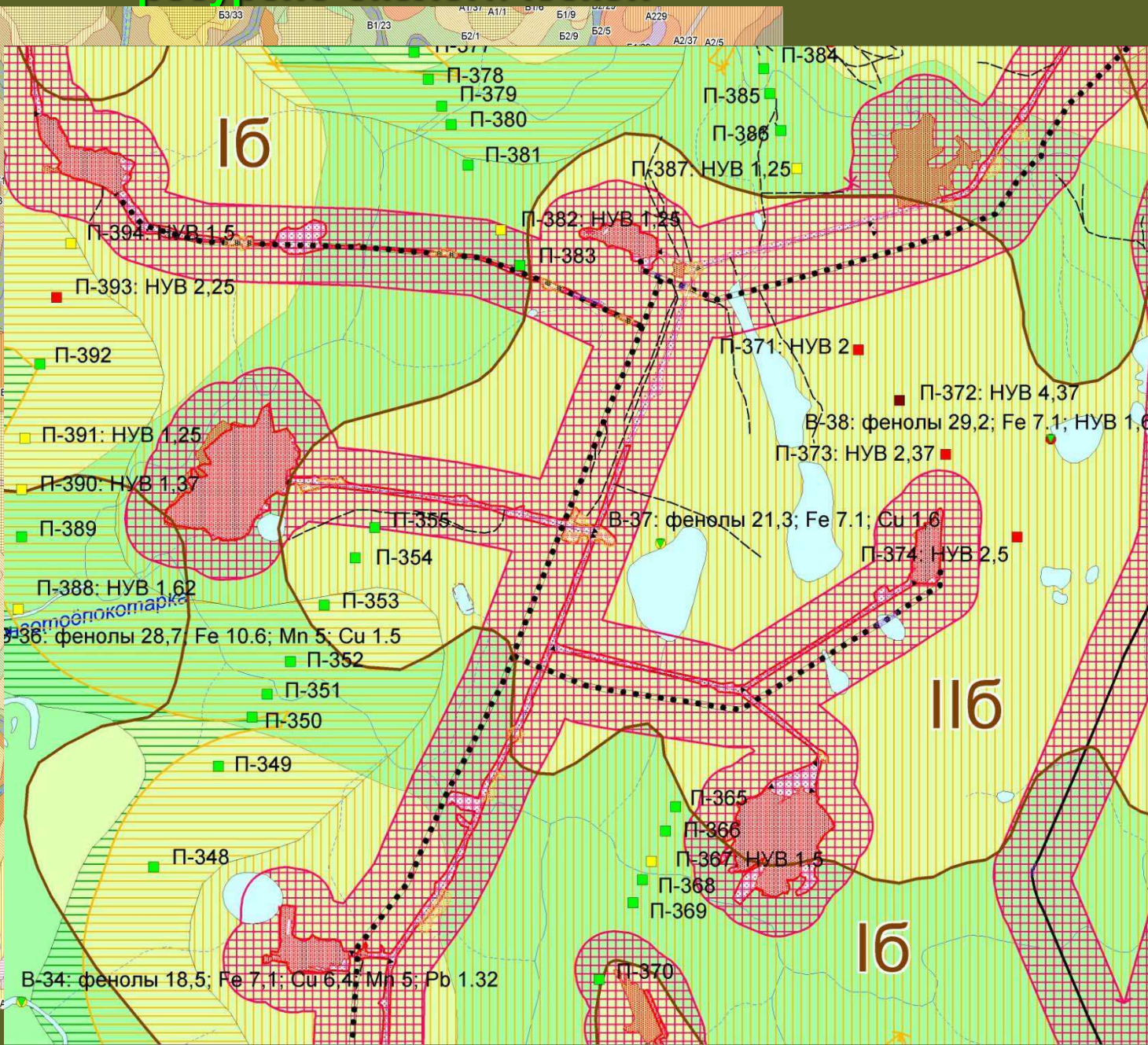
Масштаб 1:25 000

Береговое месторождение. Фрагменты ГИС-карт: ландшафтной и природоохранной





1:25 000



ОЦЕНОЧНЫЕ КАРТЫ МЕРЗЛОТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО И РЕСУРСНОГО СОДЕРЖАНИЯ

- карты потенциальной устойчивости ландшафтов к механическим нарушениям;
- карты мерзотно-биотического состояния;
- карты геоэкологических ситуаций;
- карты природоохранного районирования и природно-ресурсного состояния

ЛИТЕРАТУРА

- 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.
- Тумель Н.В., Зотова Л.И., Гребенец В.И. Концепция устойчивости криогенных ландшафтов / Географические научные школы Московского университета. М., 2008, с.139-144.
- 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.

Спасибо за внимание!

