

известняками, и обусловлен выщелачиванием последних подземными и поверхностными водами. На поверхности карст проявляется с образованием воронок, ниш и карров. Подземные формы карста представлены пещерами, гротами, понорами и карстовыми трещинами. Крутопадающие карстовые трещины часто переходят в карстовые каналы и трубы, которые служат началом образования карстовых полостей.

Из противокарстовых мероприятий при строительстве линейных сооружений наиболее перспективными могут оказаться высокопрочные георешетки с оптическими волокнами, которые позволяют зафиксировать время и место образования карстовых провалов заданных размеров в основании сооружений в комплексе с дренажными системами.

Таким образом, разработка геологического обоснования мероприятий инженерной защиты территории является чрезвычайно важной инженерно-геологической задачей, решение которой позволит обеспечить надежную эксплуатацию проектируемой железной дороги Адлер - Красная Поляна.

Автор выражает благодарность доценту Григорьевой И.Ю. за помощь в подготовке работы.

Литература:

1. Билеуш А.И. Инженерная подготовка территории. М:Будивельник, 1981. 207с.
2. Кригер Н.И. Инженерно–геологический анализ применения противооползневых мероприятий на Черноморском побережье Крыма и Кавказа. М.:Стройиздат, 1976. 233с.
3. Хмелева Н.В. Некоторые итоги стационарных исследований эрозионных форм СЗ Кавказа. М.:Недра, 2000, 215с.
4. Шеко А.И. Закономерности формирования и прогноз селей. М.:Недра, 1980. 296с.
5. www.road-market.ru/gabions

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ИНФИЛЬТРАЦИОННОЕ ПИТАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ ЮЗ ЧАСТИ МАБ)

Лыхина Анастасия Андреевна

Геологического ф-т МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва,

lychinanastena@mail.ru

В настоящее время актуален вопрос изменения климата и его воздействия на окружающую среду, и все чаще проводятся исследовательские работы и мониторинг для изучения данного явления. В данной работе рассматривается постановка и реализация численного модельного эксперимента по оценке

изменчивости приходной статьи баланса грунтовых вод, а именно, инфильтрационного питания, на основе моделирования влагопереноса в зоне аэрации от поверхности земли до уровня грунтовых вод при стационарных климатических условиях и в условиях потепления для выбранного ландшафта (лес или поле) и разреза тяжелых почв или легких почв.

В качестве исследуемого района была выбрана юго-западная часть Московского артезианского бассейна (МAB), территориально приуроченная к Калужской области. Данной территории присущи основные гидрогеологические особенности зоны активного водообмена характерные для бассейнов платформенного типа.

Модель для оценки изменчивости, инфильтрационного питания, рассматриваемую в данной работе, состоит из трех расчетных блоков. А именно: блок генерации метеоданных, блок расчета трансформации осадков на поверхности земли и блок влагопереноса в зоне аэрации. Эти блоки отвечают основным процессам определяющим трансформацию осадков на поверхности и баланс влаги в зоне аэрации. Результатом моделирования является питание подземных вод, то есть расход потока влаги через нижнюю границу зоны аэрации.

Первый расчетный блок модели необходим для генерирования входных рядов метеоданных для последующих расчетов. А именно, для создания рядов метеоданных (осадки, температура и солнечная радиация) со стационарным и измененным в будущем климатом. В качестве генератора метеоданных использовалась программа LARS-WG [2] позволяющая генерировать стационарную серию суточных метеоданных любой длины на основе анализа наблюдаемых метеоданных за несколько десятков лет. Другими словами, «обучившись» на наблюдаемых метеоданных, LARS-WG может имитировать статистически подобные им ряды. Также данная программа позволяет генерировать многолетние климатические ряды, которые учитывают моделируемые сценарии изменения климата. Сценарии вводятся на месячном уровне, то есть задается, как изменяются среднемесячные параметры генерируемых рядов относительно исходных параметров рядов, на которых проводилось «обучение» генератора.

Второй расчетный блок модели - трансформация осадков на поверхности земли. В качестве этого блока использовалась программа Surf_bal, разработанная на кафедре гидрогеологии МГУ. В результате прохождения этого блока получается суточный объем влаги, который впитывается в почву с поверхности и суточная величина потенциальной эвапотранспирации.

Моделирование влагопереноса в следующем блоке позволяет рассчитать по известным объемам впитывания и потенциальной эвапотранспирации ежесуточные значения реальной эвапотранспирации $E(t)$, баланса влаги в зоне аэрации и, как результат, питание подземных вод $W(t)$. Для моделирования влагопереноса использовалась программа Hydrus 1-D [1]. В работе

моделировалась одномерный вертикальный влагоперенос от поверхности земли до нижней границы, расположенной глубже зоны сезонных и многолетних колебаний влажности (выбранной на глубине 6 м от поверхности). При этом на нижней границе задавалась высота давления h , моделирующая заданную глубину УГВ, а на верхней границе задавалось атмосферное граничное условие с поверхностным стоком. В верхней части зоны аэрации также выделялась корнеобитаемая зона, из которой происходит отбор воды корнями растений.

Для оценки влияния изменения климата с использованием описанных блоков модели моделировался процесс влагопереноса в течение 100 лет при стационарных входных рядах (осадков $O(t)$, температур $T(t)$, солнечной радиации $R(t)$), а также, процесс влагопереноса для измененных с учетом прогноза изменения климата рядов. Разница потоков влагопереноса через нижнюю границу модели будет характеризовать изменение питания подземных вод.

Более чем 40 летний ряд суточных наблюдений по метеостанции Сухиничи применялся для “обучения” LARS WG моделированию стационарного ряда метеоданных в районе г. Сухиничи (далее этот стационарный ряд будет именоваться базовым).

На основе обобщенного доклада по изменению климата за 2001 год был составлен сценарий изменения климата. В качестве прогнозного сценария изменения климата использовалось следующее:

- за будущие сто лет среднегодовая температура вырастет на 4.5 градусов;
- летние температуры вырастут не более чем на 2 градуса, а основной рост температур будет в холодный период года;
- солнечная радиация не изменится;
- осадки увеличатся в зимний период примерно на 15 % и сократятся в летний период примерно на 5 %.

Основными факторами формирования водного баланса речного бассейна являются климатические, ландшафтные, гидрологические, почвенные и гидрогеологические. Согласно данным факторам влияния была произведена типизация природных условий Калужской области. При расчете моделировалась двухслойная зона аэрации, представленная почвенным слоем и непосредственно зоной аэрации для двух типов ландшафта (лес и поле). Рассматривались основные литологические типы пород зоны аэрации: глины, суглинки, супеси и пески, которые имеют различные ОГХ, пористость, объемный вес и др. Типизация условий была произведена доцентом кафедры гидрогеология Гриневским С.О.

Количество влаги, поступающее в зону аэрации V с поверхности, расходуется на эвапотранспирацию E , и отток вниз через нижнюю границу моделируемой колонки, то есть инфильтрацию W . Эвапотранспирация же складывается из реального испарения U и транспирации корнями растений T .

Для осредненных за весь моделируемый период упомянутых балансовых величин справедливо следующее уравнение (1):

$$V = T + U + W \quad (1)$$

Согласно результатам моделирования была определена каждая из перечисленных составляющих баланса для стационарного и измененного с учетом прогноза изменения климатов (нестационарного). О влиянии изменения климата на питание подземных вод можно судить по изменению элементов баланса (табл. 1).

Табл.1. Водный баланс зоны аэрации для случаев стационарного и нестационарного климатов

Элемент баланса	V мм/год	U мм/год	T мм/год	W мм/год
Стационарный климат	420	240	128	52
Нестационарный климат	460	220	150	90
Изменение элементов баланса. Δ-нестационарный- стационарный	40	-20	22	38

Из данной таблицы видно, что поступление влаги с поверхности в зону аэрации увеличивается в среднем на 40 мм в столетний период, испарение с поверхности уменьшается на 20 мм, а транспирация увеличивается на 22 мм. Таким образом, увеличение транспирации практически компенсируется уменьшением испарения. А увеличение поступления влаги с поверхности в зону аэрации увеличивает питание. Увеличение питания составило 38 мм/год. Основным механизмом увеличения питания в рассмотренной модели, является увеличение числа дней с положительной температурой в зимний период, приводящее к увеличению впитывания влаги в почву, и, как следствие, сокращение поверхностного талого стока и увеличение питания.

Настоящая работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 08-05-0072-а. Автор выражает благодарность своему научному руководителю, ведущему научному сотруднику кафедры гидрогеология Позднякову С.П., за терпение и чуткое руководство в процессе работы.

Литература:

1. Simunek J., Seyna M., van Genuchten M.Th. "The Hydrus-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat and Multiple Solutes in Variably Saturated Media"- U.S. Salinity Laboratory, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture Riverside, California, 1998
2. LARS-WG: A Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies (Semenov M. 2002).