

## Литература

1. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200000 лист 0–40–X. Отчет пермской гидрогеологической партии по результатам гидрогеологической съемки за период 1966–1968 гг. – Пермь, 1968.
2. Имайкин А.К., Имайкин К.К. Гидрогеологические условия Кизеловского угольного бассейна во время и после окончания его эксплуатации, прогноз их изменений. – Перм. гос. нац. иссл. ун-т. – Пермь, 2013. – 112 с.
3. Максимович Н.Г., Черемных Н.В., Хайрулина Е.А. Экологические последствия ликвидации Кизеловского угольного бассейна // Географический вестник, 2006. – №2. – С. 128 – 134.
4. Осовецкий Б.М., Меньшикова Е.А. Природно-техногенные осадки. – Перм. ун-т. – Пермь, 2006. – 208 с.
5. Фетисов В.В., Фетисова Н.Ф. Физико-химическое моделирование взаимодействия подземных и шахтных вод Кизеловского угольного бассейна с минералами вмещающих пород / Отчет по научному проекту МИГ № С-26/208. – Пермь, 2013.
6. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е изд., исправл. и доп. – М.: Недра, 1998. – 366 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ  
ВОДНОГО БАЛАНСА Р. УЛУ-ЮЛ В СТВОРЕ П. АРГАТ-ЮЛ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ  
КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

**Ю.А. Моисеева**

Научный руководитель доцент М.В. Решетько

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия*

В последние десятилетия во всем мире, включая Западную Сибирь, наблюдается заметное повышение температуры приземных слоев воздуха. Статистически значимые изменения отмечены и в водном режиме. В частности, на территории Томской обл., расположенной в среднем течении р. Обь, выявлено увеличение меженной составляющей стока и уменьшение дисперсии среднегодовых расходов воды р. Обь и ее крупных притоков [1]. Выявлено, что изменения в режиме как поверхностных, так и подземных вод в значительной степени связаны не с изменениями общей водности, а со смещением границ сезонов гидрологического года и, соответственно, перераспределением водного стока внутри административного года. Согласно [1], наблюдается также тенденция увеличения средне-сезонных, а в ряде случаев среднегодовых температур подземных вод четвертичных и палеогеновых отложений на территории Томской области в ненарушенных хозяйственной деятельностью условиях, поэтому сделано предположение, что определенное увеличение температуры подземных вод связано с ростом температуры приземных слоев атмосферного воздуха, а увеличение уровней подземных вод – преимущественно с внутригодовым перераспределением атмосферного увлажнения, в результате которого наблюдается некоторое увеличение атмосферных осадков в летне-осенний период. Выявленное изменение режима подземных вод в условиях избыточного увлажнения не способствует улучшению геоэкологической ситуации в Томской области, 37 % территории которой занято болотами, а остальная часть в основном также мало пригодна для сельского хозяйства и размещения постоянных населенных пунктов без проведения мелиоративных работ. Кроме того, следует отметить, что заболачивание региона крайне негативно сказывается на качестве поверхностных и связанных с ними подземных вод [1]. Выявлено статистически значимое изменение гидрогеохимического на территории Томской области не нарушенных хозяйственной деятельностью подземных вод верхней гидродинамической зоны [2]. Основная причина изменений химического состава незагрязненных подземных вод в регионе – перемена времени и условий взаимодействий в системе вода-порода, однако в целом основными причинами изменений, как гидрогеохимических, так и гидрогеодинамических условий, в рассматриваемом регионе все же являются глобальные природные и природно-антропогенные процессы с неявно выраженным воздействием хозяйственной деятельности.

В связи с тем, что происходит изменение подземного и поверхностного режима вод в Западной Сибири, которое привело к усилению негативного воздействия вод, связанных с процессами береговой эрозии, овраго- и оползнеобразования и др., в особенности для Томской области, возникает необходимость исследования водного баланса р. Улу-Юл правого притока р. Чулым, в высокой степени подверженной негативному влиянию речных деформаций.

В работе проведен статистический анализ изменения параметров водного стока на основе опубликованных материалов (ежегодные данные), при моделировании элементов водного баланса были использованы данные о расходах и уровнях реки Улу-Юл в створе п. Аргат-Юл за период 1960-1985 гг., предоставленных Росгидрометом, а также данные об уровнях подземных вод за период 1971-1993 гг. предоставленных ОАО «Томскгеомониторинг».

Река Улу-Юл впадает в Чулым в его нижнем течении на территории Первомайского района. Длина реки 411 км, площадь бассейна 7720 км<sup>2</sup>. Среднегодовой расход воды в 70 км от устья равен 47,2 м<sup>3</sup>/сек. Питание смешанное, с преобладанием снегового. Замерзает во 2-й половине октября – 1-й половине ноября, вскрывается во 2-й половине апреля – 1-й половине мая.

На основе данных о расходах был вычислен среднемноголетний слой стока (171,6 мм) и его внутригодовое распределение. В результате статистического анализа временных изменений расходов р. Улу-Юл выявлено, что в августе и сентябре месяцах с 1960 по 1985 гг. наблюдается уменьшение величин (-10,9 и -15,6 м<sup>3</sup>/сут).

В пределах Томской области на реке Чулым и, соответственно, вблизи реки Улу-Юл в настоящее время единственная действующая метеостанция расположена в с. Первомайское. Ранее автором выявлено повышение

среднегодовой температуры воздуха. на 2,13 °С, увеличение среднегодовых значений упругости водяного пара на 1 гПа, а также повышение среднегодовой температуры почвогрунтов на глубине 160 см на 0,8°С за период 1965-2013 гг. Что является лишь подтверждением ранних исследований ученых [6, 7].

Для оценки влияния изменений климатических параметров на водный баланс р. Улу-Юл была использована структура математической модели водного баланса профессора каф. ГИГЭ О.Г. Савичева.

Математическая модель, представляющая собой схему расчёта формирования месячного и годового водного стока малой реки с сильно заболоченным водосбором, которая позволяет оценить среднемноголетние значения атмосферного увлажнения (включая дождевые осадки и водоотдачу из снегового покрова), суммарного испарения с поверхности водосбора и стока, его подземной составляющей и инфильтрации; внутригодовое распределение элементов водного баланса водосбора, включает в себя следующие блоки:

$$Y_t = X_t - E_t \pm U_t,$$

где  $Y_t$  – слой суммарного водного стока (поверхностного  $Y_{s,t}$  и подземного  $Y_{g,t}$ ) за период времени  $t$  (за месяц  $Y_m$  или год  $Y_y$ );  $X_t$  – слой атмосферного увлажнения;  $E_t$  – слой испарения с поверхности водосбора с учетом конденсации влаги (за месяц  $E_m$  или год  $E_y$ );  $\Delta U_t$  – изменение влагозапасов в водосборе (за месяц  $\Delta U_m$  или год  $\Delta U_y$ ). Более подробно описание структуры модели приведено в [3, 4, 5].

В результате моделирования автором оценены среднемноголетние значения атмосферного увлажнения, которое составило 454 мм, суммарного испарения – 268 мм, стока 176 мм и получено внутригодовое распределение элементов водного баланса (рис. 1) р. Улу-Юл в створе п. Аргат-Юл.

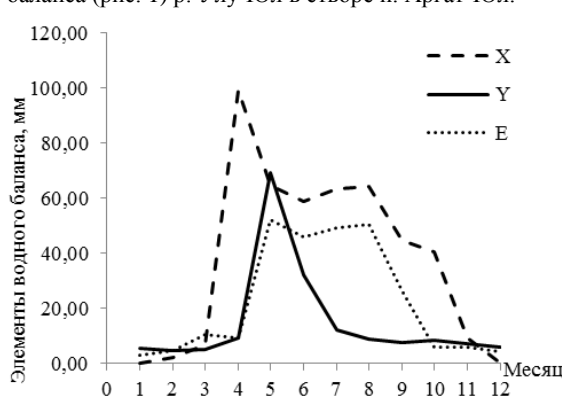


Рис. 1. Расчетные значения внутригодового распределения атмосферного увлажнения (X), стока и испарения с поверхности водосбора (E) р. Улу-Юл п. Аргат-Юл (Y)

В работе проведено сравнение внутригодового распределения осадков и испарения, рассчитанных по данным климатической нормы (1960-1990 гг.) и за период 1960-2013 гг.

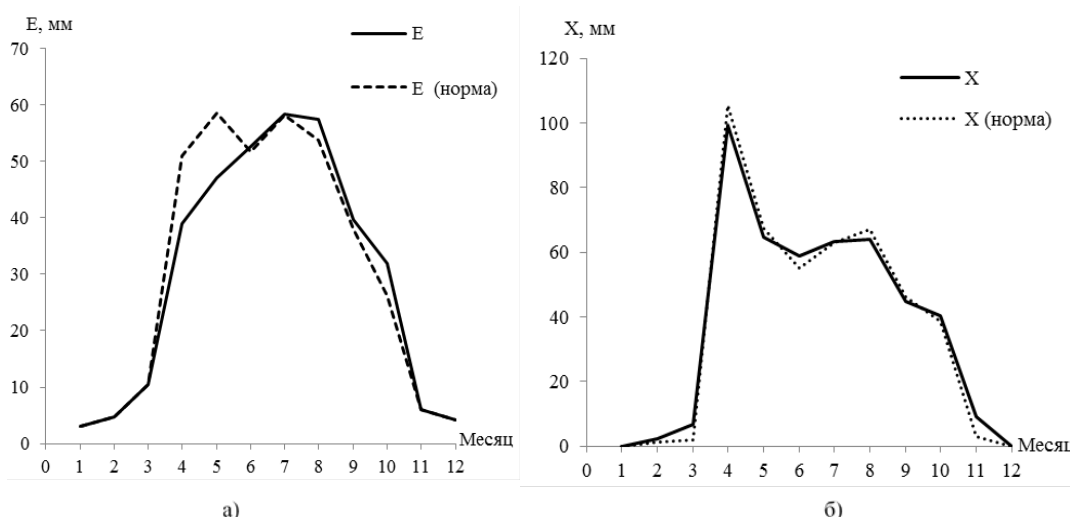


Рис. 2. Сравнение расчетного внутригодового распределения атмосферного увлажнения X (а) и испарения с поверхности водосбора E (б) со значениями, оцененными по климатической норме

Можно выделить следующее (см. рис. 2 а и б): полученные результаты количества атмосферных осадков больше климатической нормы преимущественно зимой и в июне месяце, а испарение превышает норму в теплый период времени и резко уменьшается по отношению к ней с марта по июнь.

Увеличение инфильтрации в ноябре (рис. 3) связано со смещением границ гидрологических сезонов и, соответственно, с повышением температуры атмосферного воздуха в этом месяце.

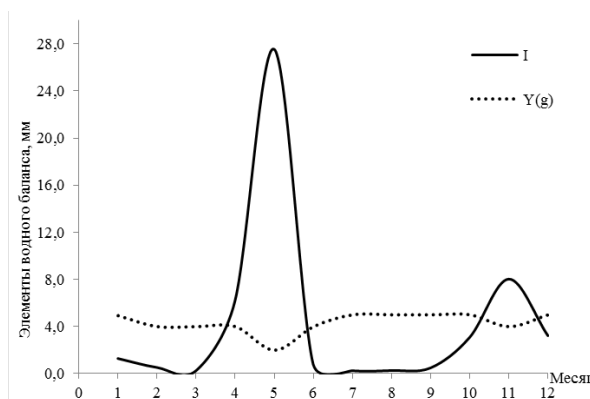


Рис. 3. Внутригодовое распределение подземной составляющей стока р. Улу-Юл п. Аргат-Юл  $Y(g)$  и инфильтрации вод I

В заключении, произведена оценка возможных изменений водного баланса в пределах исследуемой территории с помощью математической модели. Было установлено: уменьшение испарения в весенний период (с марта по июнь) и увеличение в летне-осенний (с июля по ноябрь) и увеличение инфильтрации в ноябре, связанное со смещением границ гидрологических сезонов и, соответственно, с повышением температуры атмосферного воздуха в этом месяце.

#### Литература

1. Льготин В.А., Савичев О.Г., Макушин Ю.В. Многолетние изменения среднесезонных и среднегодовых уровней и температуры подземных вод верхней гидродинамической зоны в Томской области // Геоэкология, 2010. – № 1. – С. 23 – 29.
2. Савичев О.Г., Камнева О.А. Пространственно-временные изменения минерализации подземных вод в бассейне Средней Оби // Разведка и охрана недр, 2010. – № 11. – С. 67–70.
3. Савичев О.Г., Базанов В.А., Скугарев А.А., Харанжевская Ю.А., Шмаков А.В. Водный и гидрохимический режим восточной части Васюганского болота (Западная Сибирь, Россия) // Известия ТПУ. – Томск 2010. – Т. 316, № 1. – С. 119–124.
4. Савичев С. М., Бернатонис П.В., Бернатонис В.К., 2002. Гидрологическое обоснование хозяйственного освоения торфяных болот (на примере водосбора реки ключ, западная сибирь) // Известия ТПУ. – Томск 2012. – Т. 321, № 3, – С. 155 – 162.
5. Савичев О.Г., Скугарев А.А., Базанов В.А., Харанжевская Ю.А. Водный баланс заболоченных водосборных территорий Западной Сибири (на примере малой реки Ключ, Томская область) // Геоинформатика. – Томск 2011. – № 3. – С. 39-46.
6. Семенов С.М. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. – Москва: Росгидромет, 2012. – 511 с.
7. Семенов С. М. Изменение годового хода среднесуточной температуры воздуха на территории России в XX веке // Доклады Академии наук. – Москва, 2002. – Т. 386, № 3. – С. 389–394.

### МИГРАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

**А.Е. Поскотинов, Д.И. Васильев, К.К. Кузеванов**

Научный руководитель профессор Е.М. Дутова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Одним из главных достижений в области гидрогеохимии за последние годы является открытие многообразных форм существования химических элементов в земной коре. Разные соединения одного и того же элемента имеют различные термодинамические, физико-химические и гидродинамические характеристики и параметры. Именно поэтому невозможно корректно интерпретировать и прогнозировать процессы миграции элементов, не зная их миграционных форм в подземных водах различного химического состава.

В разные годы исследованием форм миграции занимались отечественные и зарубежные исследователи, такие как: С.Л. Шварцев, С.Р. Крайнов, В.М. Швец, Р.М. Гаррелс, Ч.Л. Крайст. Их достижения позволяют решать новые задачи в области моделирования процессов формирования химического состава подземных вод.

Целью данной работы является выделение основных неорганических форм миграции макро- и микрокомпонентов в неогеновых и палеогеновых отложениях Томской области.