

Техногенные трансформации гидрогеосферы Кыргызской Республики

Лидия Эргешевна ОРОЛБАЕВА*

Институт горного дела и горных технологий им. акад. У. Асаналиева, Кыргызская Республика, Бишкек

Актуальность работы. Разработка месторождений урана и золота в горных районах, отбор подземных вод и интенсивное орошение в предгорных и равнинных территориях приводят к изменениям водной составляющей экосистем территории Кыргызстана. Особенно это касается подземных вод. С трансформацией процессов геофильтрации и химического состава подземных вод на территории Кыргызской республики связаны геоэкологические изменения, требующие анализа и оценки.

Цель работы: анализ воздействия техногенных процессов различного типа на изменение свойств геологической среды и трансформацию гидрогеосферы горных геосистем в пределах территории Кыргызской Республики.

Методология исследования. В работе обобщены сведения о техногенных процессах и трансформации гидрогеосферы при разработке месторождений урана и золота в горных условиях, сопряженных с проявлением рисков опасных процессов синергетического характера. Проанализировано проявление техногенных процессов различного типа.

Результаты. Выделены факторы, влияющие на формирование водных ресурсов межгорных бассейнов. Охарактеризованы геолого-гидрогеологические, гидродинамические особенности межгорных артезианских бассейнов; дана характеристика техногенных факторов. Описаны особенности формирования и характеристика техногенеза горнодобывающего, мелиоративного и градопромышленного типа, локальные и площадные изменения наземной и подземной гидросферы. Рассмотрены проблемы техногенного загрязнения пресных подземных вод, анализ типов загрязнения, формирования процессов подпора грунтовых вод, подтопления, вторичного засоления, активизации экзогенных геологических процессов.

Выводы. Рассмотрены основные типы техногенеза по условиям негативного воздействия на свойства геологической среды и трансформацию геофильтрационных процессов и химического состава подземных вод. Техногенные трансформации гидрогеосферы гидромелиоративного типа связаны со строительством водохранилищ, ирригационной сети и орошением. Приведены примеры сейсмической активности в районе Токтогульского водохранилища, развития подтопления, просадки, приращений сейсмической бальности в Ош-Карасуйском оазисе. Техногенные процессы градопромышленного типа формируются на территории крупных городов Кыргызской Республики. Рассмотрены процессы загрязнения подземных вод и трансформации потоков подземных вод на территории городов Бишкек, Ош, Кара-Суу. Под действием техногенных процессов горнодобывающего, мелиоративного и градостроительного типов на территории Кыргызстана происходит трансформация химического состава подземных и поверхностных вод, процессов геофильтрации.

Ключевые слова: трансформация гидрогеосферы, геориски, техногенные процессы, подземные воды, загрязнение, подтопление.

Введение
Антропогенное давление на природную среду Тянь-Шаня и Памиро-Алая за последние десятилетия вызвало ряд отрицательных экологических последствий: в зонах техногенного воздействия изменился баланс химический состав подземных и речных вод, активизировались связанные с ними опасные процессы и явления. Анализ, оценка и прогноз антропогенной трансформации гидрогеосферы, связанных с ней опасностей и георисков – важные элементы обеспечения устойчивого развития горных и урбанизированных территорий Тянь-Шаня и Памиро-Алая, определяющие их оптимальное использование и защищенность населения. Здесь все компоненты этой весьма сложной геосистемы находятся в теснейшей взаимосвязи, обуславливающей как взаимное развитие, так и деградацию [1, 2].

В пределах межгорных бассейнов полностью заканчиваются все гидродинамические процессы, составляя единый цикл: формирование, накопление, движение и разгрузку подземных вод. Однако сам гидродинамический процесс здесь очень сложный [3–5, 6].

Результаты исследований трансформации гидрогеосферы Тянь-Шаня и Памиро-Алая показывают, что они определяются комплексом взаимосвязанных природных и техногенных факторов (табл. 1).

На трансформации гидрогеосферы в большей степени сказываются подземная и открытая добыча полезных ископаемых, отбор подземных вод для питьевого и промышленного водоснабжения (*Окружающая среда в Кыргызской Республике 2010–2014 гг. // Статистический сборник. Бишкек, 2015. 82 с.*) [2, 7].

Трансформациям гидрогеосферы способствуют изменения горных ледниковых и лесных экосистем. Вызванная совокупными воздействиями природных и техногенных факторов, она приводит к существенному росту георисков. Воздействие техногенных процессов на изменение свойств геологической среды и трансформацию гидрогеосферы определяет формирование техногенеза различного типа¹ [2, 6, 8]. Так, при эксплуатации месторождений полезных ископаемых

Таблица 1. Факторы, влияющие на трансформацию гидрогеосферы.

Table 1. The factors affecting transformation of the hydrogeosphere.

Естественные факторы	Техногенные факторы
Физико-географические	Разработка месторождений и формирование отходов горнорудного производства
Изменение климата	Ирригация
Геолого-структурные	Регулирование речного стока
Эндогенные и экзогенные процессы	Отбор подземных вод
Физико-химические процессы	Прессинг горных экосистем
Биохимические процессы	

* ✉ orolbaeval@mail.ru

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-2095-8721>

формируется техногенез горнодобывающего типа. Его характерными особенностями являются глубокое изменение свойств геологической среды, трансформация процессов геофильтрации, химического состава подземных и поверхностных вод и формирование техногенного гидрогеохимического ландшафта. Разработка месторождений полезных ископаемых в горных условиях сопряжена с проявлением рисков активизации опасных процессов синергетического характера.

При формировании техногенеза мелиоративного типа на орошаемых территориях происходит незначительное влияние техногенных процессов на глубину, однако по площади они проявляются на обширных территориях, где наблюдаются вторичное засоление почв, повышение уровня грунтовых вод и развитие процессов подтопления, загрязнение подземных вод и др.

На территориях крупных городов формируется техногенез градопромышленного типа. Проявление техногенеза перечисленных типов отмечается на территории Тянь-Шаня и Памиро-Алая в пределах Кыргызской Республики (табл. 2).

Пространственные трансформации гидрогеосферы горных стран проявляются на локальных участках, на значительных площадях и линейно, повторяя конфигурацию инженерного сооружения.

Локальные изменения, происходящие на сравнительно небольшой площади и связанные с разработкой месторождений полезных ископаемых и гидротехнических сооружений (гидроэлектростанций и горных водохранилищ), проявляются в основном в пределах гидрогеологических массивов. В межгорных бассейнах, где хозяйственная деятельность наиболее интенсивна, проявляются как локальные, так и площадные изменения. Первые из них связаны с работой крупных водозаборных сооружений, магистральных каналов и равнинных водохранилищ, а вторые, охватывающие значительные площади, – с орошением и осушением территорий, а в районах крупных населенных пунктов и на орошаемых землях – и их загрязнением.

Примеры трансформации гидрогеосферы под воздействием техногенеза горнодобывающего типа

Длительная промышленная эксплуатация месторождений в высокогорных регионах Кыргызстана сопровождается многочисленными экологическими воздействиями на окружающую среду.

На территории Кыргызской Республики в хвостохранилищах общей площадью более 5276 тыс. м² сосредоточено 109 млн м³ отходов и в отвалах общей площадью 18 000 тыс. м² – более 725 млн м³. Загрязняются водный и воздушный бассейны вблизи предприятий. В условиях горных территорий природа очень хрупка и чувствительна к изменениям, которые зачастую становятся необратимыми. В высокогорных регионах берут свое начало множество рек и ручьев, которые ниже по течению используются для питьевого водоснабжения и орошения, являются источником формирования месторождений пресных подземных вод. Поэтому разработка высокогорных месторождений сопряжена с рисками их загрязнения, его распространением на равнинные территории. Имеющиеся в Кыргызстане данные [7, 9–12] свидетель-

Таблица 2. Основные типы техногенеза по условиям негативного воздействия на изменение свойств геологической среды и трансформацию гидрогеосферы.

Table 2. The main types of technogenesis under the terms of negative impact on changes in the properties of the geological environment and transformation of the hydrogeosphere.

Тип техногенеза, характер воздействия	Техногенная нагрузка	Характер техногенных изменений свойств геологической среды и трансформации гидрогеосферы	Последствия изменений
<i>Горнодобывающий</i> Карьеры, горные выработки, крупные водозаборные сооружения и дренажные системы; отвалы, хвостохранилища	Дренаж и осушение горных выработок. Сброс дренажных и сточных вод. Водозабор для обогатительных фабрик, металлургических производств. Сооружение хвостохранилищ, отстойников, каналов. Фильтрация из хвостохранилищ, шламонакопителей. Объект воздействия – гидросфера (поверхностные и подземные воды) Прессинг горных экосистем (ледников, лесов)	Осушение гидрогеосферы зоны гипергенеза, существенное истощение естественных запасов подземных вод, деградация естественных и формирование техногенных ландшафтов; загрязнение подземных вод (локального и регионального характера), сокращение оледенения, деградация горных лесов	Истощение запасов пресных вод, иссушение или подтопление территории, нарушение структуры общего водного баланса Ухудшение санитарного состояния водоемов и водотоков Ухудшение качества пресных вод хозяйственно-питьевого назначения. Формирование опасных процессов синергетического характера
<i>Гидромелиоративный</i>	Система водохранилищ, ирригационных каналов, орошаемое земледелие, объекты животноводства и др.	Ухудшение биологического качества почв (вторичное их засоление), загрязнение подземных вод	Формирование ирригационных ландшафтов, подтопление, заболачивание. Приращение сейсмической балльности
<i>Градостроительный</i> Гражданские, промышленные и гидротехнические сооружения, подземные сооружения и коммуникации крупных промышленных городов	Сложные условия взаимодействия техногенных процессов, истощение и загрязнение подземных вод и др.	Осушение водовмещающей толщи, изменение водного баланса, структуры и направленности геофильтрационных потоков, усиление взаимосвязи эксплуатируемых водоносных горизонтов с поверхностными водотоками	Истощение запасов и загрязнение пресных подземных вод

¹ Национальный доклад о состоянии окружающей среды Кыргызской Республики за 2011–2014 годы. Бишкек, 2016. 163 с.

ствуют о том, что примерно до 1960–1964 гг. гидроизоляция хвостохранилищ не выполнялась. В последующие годы для предотвращения загрязнения подземных вод в основании хвостохранилищ стали укладывать специальный водоупорный экран из слоя глины и суглинка толщиной 0,5–1,0 м или полиэтиленовую пленку.

Однако полного и достаточно длительного эффекта гидроизоляции хвостов в большинстве случаев достигнуто не было. Глинистая или суглинистая прослойка с годами теряет свою эффективность под влиянием естественных гидрогеологических процессов и сейсмичности, полиэтиленовая пленка рвется под тяжестью избыточного объема пульпы и из-за воздействия растений. Происходят инфильтрационные потери жидкой фазы хвостов, загрязняются породы зоны аэрации, затем и подземные воды. От очагов загрязнения начинается миграция токсичных или радиоактивных компонентов в подземных водах, формируется ореол загрязнения.

Наибольшую угрозу представляют хвостохранилища, размещенные в районах высокой сейсмичности, в долинах и руслах селе- и оползнеопасных рек. Это можно проиллюстрировать несколькими примерами.

В долине реки Майлуу-Суу с 1945 г. проводилась промышленная эксплуатация месторождения урана. Большая часть урановых хвостохранилищ и горных отвалов размещена в поймах р. Майлуу-Суу и ее притоков.

Отвалы и хвостохранилища являются постоянными источниками радиоактивного загрязнения гидрографической сети бассейна р. Сырдарья в результате деградации защитных и дренажных систем, вымывания радионуклидов. Содержание радиоактивных веществ в химическом составе речных и подземных вод на локальных участках в результате инфильтрации атмосферных осадков через не имеющие гидроизоляции хвостохранилища и отвалы на 2–3 порядка выше фонового уровня [7, 12, 13]. По р. Майлуу-Суу и ее притокам с высокой повторяемостью проходят ливневые селевые потоки. В верховье р. Майлуу-Суу расположено высокогорное прорывоопасное озеро Кутман-Кель. Территория находится в районе высокой сейсмичности, подверженности оползням и трансграничного радиоактивного загрязнения поверхностных и подземных вод.

На месторождении Ак-Тюз производилась подземная и открытая добыча и обогащение свинцовых руд редкоземельных элементов. Хвостохранилища и отвалы низкой устойчивости размещены в сильно пересеченной горной местности с большим перепадом высот. В декабре 1964 г. в результате землетрясения в 5 баллов произошло катастрофическое разрушение хвостохранилища Ак-Тюзского рудника. По химическому составу ак-тюзские хвосты были представлены солями тяжелых металлов с очень высоким содержанием свинца, цинка, меди, молибдена, мышьяка и бериллия. Кроме того, хвосты содержали повышенные концентрации кадмия, вольфрама, сурьмы. Из радиоактивных элементов хвосты содержали высокие концентрации тория (800–7000 ppm) и циркона (110–4800 ppm) [7].

Разрушение неустойчивой намывной дамбы Ак-Тюзского радиоактивного хвостохранилища привело к выносу около 680 тыс. м³ торийсодержащего песка и ила по руслу р. Кичи-Кемин и арычной ирригационной сети.

Потоки хвостов радиоактивным селом распространились по руслу и долине р. Кичи-Кемин на расстояние до 40 км, произошло загрязнение почвы, речных и подземных вод.

Золоторудное месторождение Кумтор. По мере освоения запасов этого месторождения с 1998 г. нарастали масштабы и виды техногенных воздействий. Месторождение характеризуется особыми природно-климатическими условиями высокогорья (наличие активных ледников, вечной мерзлоты с подземными льдами, суровый климат с интенсивной солнечной радиацией). Спецификой производственного процесса является использование технологии цианидного выщелачивания золота.

Наиболее серьезным экологическим воздействием на гидросферу территории рудника Кумтор являются риски, связанные с крупномасштабным техногенным прессингом на окружающие ледники (разгрузка льда, удаление ледников, складирование на ледниках грандиозных масс отвальных и пустых пород из карьеров). Мощное прямое и косвенное воздействие на близлежащие ледники в течение почти 20 лет вызвали их усиленное таяние и деградацию, а в случае с ледником Давыдова – разрушение [7, 14]. Последствиями мощного техногенного прессинга на ледники стало постепенное загрязнение поверхностных вод и речных (донных) отложений в бассейне р. Кумтор сульфатами, нитратами и сопутствующими золоту минералами, включающими соединения тяжелых металлов. Национальные и международные эксперты отмечают, что загрязнение водных ресурсов в районе Кумтора и подземных вод ниже по течению будет продолжаться в течение длительного времени после закрытия рудника.

Примеры трансформации гидрогеосферы под воздействием техногенеза гидромелиоративного типа

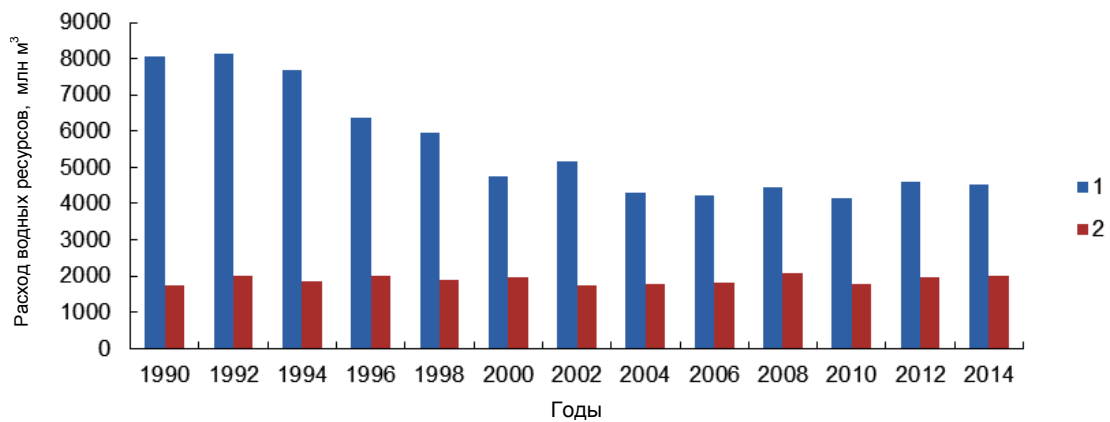
Масштабное развитие техногенеза гидромелиоративного типа связано, прежде всего, со строительством водохранилищ и орошением. Источниками ирригационного назначения в Кыргызстане являются 40 водохранилищ сезонного регулирования, где сосредоточено 2,5 км³ воды [9–11].

Дополнительные нагрузки на кровлю литосферы водохранилища формируют геориски, вызывая индуцированные землетрясения, обводнения тектонических разломов, изменения порового давления.

В Токтогульском водохранилище многолетнего регулирования и ирригационно-энергетического использования объемом 19 500 млн м³ при напоре воды 100 м в 1977 г. увеличилось число слабых землетрясений с гипоцентром на глубине 5 км близ плотины. В 1979 и 1980 гг. при наполнении водохранилища более 17 км³ число землетрясений резко возросло, эпицентры распределились вокруг водоема на расстоянии от 15 до 20 км, гипоцентр достиг глубины 8 км.

Ирригационная сеть, включающая магистральные каналы в земляных руслах, за исключением небольших отрезков Большого Чуйского (БЧК) и Таласского каналов, характеризуются величиной КПД 0,6–0,7, редко 0,8.

Длительная эксплуатация ирригационных систем с низким КПД способствовала необратимой трансформации зоны гипергенеза прилегающих территорий: повышался уровень грунтовых вод, развивалось подтопление, трансформировался химический состав подземных вод, менялась зона аэрации, развивались процессы вторичного засоления. Трансформация гидрогеосферы, связанная с техногенными процессами гидромелиоративного профиля, сопряжена с отбором значительного количества поверхностных и подземных вод, используемых для орошения, обводнения паст-



Использование водных ресурсов за период с 1990 по 2014 г. 1 – орошение и сельскохозяйственное водоснабжение; 2 – потери воды при транспортировке.

Use of water resources for the period from 1990 to 2014. 1 – irrigation and agricultural water supply; 2 – water losses while transportation.

бищ и сельскохозяйственного водоснабжения [12–15]. Использование водных ресурсов на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение сопровождается значительными потерями при транспортировке (см. рисунок).

К примерам трансформации гидрогеосферы мелиоративного профиля относятся процессы в Ош-Карасуйском оазисе [9]. Здесь под влиянием инфильтрации из ирригационных сооружений скорость подъема уровня грунтовых вод в среднем за 70 лет составляла до 1,5 м/год, что привело к подтоплению, заболачиванию, засолению, просадкам, тиксотропии, дилатансии, сейсмопросадкам, приращению сейсмической балльности.

Примеры трансформации гидрогеосферы под воздействием техногенеза градостроительного типа

Воздействие техногенеза градостроительного типа отмечается площадной трансформацией подземной гидросферы территорий крупных городов (Бишкек, Кара-Балта, Ош, Чолпон-Ата и др.). Трансформация химического состава поверхностных и подземных вод связана со смешанным загрязнением за счет бытовых и промышленных стоков, а также орошения городских территорий.

Примером могут служить Алаарчинское и Орто-Алышское месторождения подземных вод, используемые для водоснабжения г. Бишкека, где верхняя часть четвертичного водоносного горизонта практически на глубину до 150 м является загрязненной. Загрязнение подземных вод в значительной степени обусловлено загрязнением окружающей среды в целом – поверхности Земли (почвы, поверхностных вод, атмосферы и атмосферных осадков). Здесь отмечается загрязнение нитратами, шестивалентным хромом, сульфатами выше ПДК, увеличивается жесткость воды.

При техногенном загрязнении пресных подземных вод на действующих водозаборах, используемых для водоснабжения, подземные воды теряют свои питьевые качества, снижаются эксплуатационные запасы [1, 6].

Трансформация геофильтрации потоков подземных вод связана с отбором пресных подземных вод для питьевого и промышленного водоснабжения.

Ош-Карасуйский оазис является густонаселенным южным регионом Кыргызской Республики, здесь расположены города Ош и Кара-Суу, где наряду с проблемами загрязнения подземных вод пестицидами и нитратами и подтоплением существует проблема истощения запасов подземных вод. Опробование скважин восточной и западной части городов Ош и Кара-Суу показало, что подземные воды здесь некондиционные. Основной причиной этого является усиление гидравлической взаимосвязи эксплуатируемого водоносного горизонта с сопряженным водоносным горизонтом неогена и подток соленоватых вод в эксплуатируемый водоносный горизонт четвертичных отложений [3]. Указанный факт свидетельствует об истощении ресурсов пресных подземных вод в процессе их эксплуатации. Питьевая вода при этом имеет минерализацию 1,3–2,0 г/л, в ней повышено содержание сульфатов и хлоридов.

Нитратное загрязнение подземных вод с концентрацией нитратов 1,5–2,0 ПДК отмечается в западной части г. Ош и на его северной окраине.

Выводы

Анализ процессов трансформации гидрогеосферы Тянь-Шаня и Памиро-Алая показывает, что они определяются комплексом взаимосвязанных природных и техногенных факторов. Под действием техногенных процессов горнодобывающего, мелиоративного и градостроительного типов на территории Кыргызстана происходит трансформация химического состава подземных и поверхностных вод, процессов геофильтрации. Выделены основные типы техногенеза по условиям негативного воздействия на изменение свойств геологической среды и трансформацию гидрогеосферы.

Техногенные процессы горнодобывающего типа активно проявляются на территории размещения отвалов и хвостохранилищ рудных и радиоактивных отходов в долинах рек Майлуу-Суу и Кара-Киче, являются постоянными источниками загрязнения и характеризуются селевой и оползневой опасностью.

Техногенез градопромышленного профиля развит на территории крупных городов Бишкек и Ош, в результате чего происходит трансформация химического состава подземных вод, изменение структуры потоков подземных вод.

Техногенные процессы мелиоративного профиля проявляются на территории Кыргызстана подъемом уровня грунтовых вод и развитием процессов подтопления, засоления и просадки, приращением сейсмической балльности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оролбаева Л. Э. Подземные воды Кыргызстана: проблемы использования и сохранения // Горный журнал. 2016. № 8. С. 41–47. <https://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.08.08>
2. Баева Н. Б., Толстихина Г. Г. Эколого-гидрогеологические условия Кыргызстана // Вода и устойчивое развитие Центральной Азии: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Бишкек: Элита, 2001. С. 126–130.
3. Мамасерииков Т. Н., Толстихин Г. М. Особенности формирования эксплуатационных запасов пресных подземных вод Бишкекской площади // Вестник КРСУ. 2002. Т. 2, № 4. С. 101–108. URL: <https://www.krsu.edu.kg/vestnik/2002/v4/a14.html>
4. Торгоев И. А., Алешин Ю. Г. Экология горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Бишкек: Илим, 2009. 193 с.
5. Плотников Н. И. Введение в экологическую гидрогеологию. М.: Изд-во МГУ, 1998. 240 с.
6. Brunet M.-F., Sobel E. R., McCann T. Geological evolution of Central Asian Basins and the western Tien Shan Range // Geological Society Special Publication. 2017. Vol. 427, issue 1. P. 1–17. <https://doi.org/10.1144/SP427.17>
7. Злобина В. Л., Медовар Ю. А., Юшманов И. О. Трансформация состава и свойств подземных вод при изменении окружающей среды. М.: Мир науки, 2017. ISBN 978-5-9500228-8-3. URL: <http://izd-mn.com/PDF/21MNNPM17.pdf>
8. Орлов М. С., Питьёва К. Е. Гидрогеоэкология городов. М.: Инфра, 2013. 287 с.
9. Оролбаева Л. Э., Мелешко А. А. Синергетические эффекты при формировании георисков в бассейнах горных рек Тянь-Шаня // Изв. УГТУ. 2016. № 3. С. 20–24. <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2016-3-20-24>
10. Торгоев И. А. Ледники, золото и геоэкология Кумтора. Бишкек, 2016. 197 с.
11. Galitskaya I. V., Rama Mohan K., Keshav Krishna A., Batrak G. I., Eremina O. N., Putilina V. S., Yuganova T. I. Assessment of soil and Groundwater Contamination by Heavy Metals and Metalloids in Russian and Indian Megacities // Procedia Earth and Planetary Science. 2017. Vol. 17. P. 674–677. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2016.12.180>
12. Ping Wang, Jingjie Yu, Yichi Zhang, Changming Liu. Groundwater recharge and hydrogeochemical evolution in the Ejina Basin, northwest China // Journal of Hydrology. 2013. Vol. 476. P. 72–86. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.10.049>
13. Ming Han, Chengyi Zhao, Jirka Simunek, Gary Feng. Evaluating the impact of groundwater on cotton growth and root zone water balance using Hydrus-1D coupled with a crop growth model // Agricultural Water Management. 2015. Vol. 160. October. P. 64–75. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.06.028>
14. Dajun Qin, Yunping Qian, Liangfeng Han, Zhimin Wang, Chen Li, Zhanfeng Zhao. Assessing impact of irrigation water on groundwater recharge and quality in arid environment using CFCs, tritium and stable isotopes, in the Zhangye Basin, Northwest China // Journal of Hydrology. 2011. Vol. 405, issues 1–2. P. 194–208. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.05.023>
15. Цыценко К. В., Бажанова Л. В. Располагаемые водные ресурсы Кыргызстана: их структура и динамика // Вестник КРСУ. 2015. Т. 15. № 3. С. 194–198. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23396594>

Статья поступила в редакцию 1 августа 2018 г.

Technogenic transformations of the hydrogeosphere of the Kyrgyz Republic

Lidiya Ergeshevna OROLBAEVA*

orolbaeval@mail.ru

Academician Asanaliev Institute of Mining and Mining Technologies, Bishkek, Kyrgyzstan

Relevance of the work. The development of uranium and gold deposits in mountainous areas, intake of groundwater and strong irrigation in the submontane areas and even land lead to changes in the water component of ecosystems of the territory of Kyrgyzstan. This is especially true of groundwater. Geo-ecological changes that require analysis and evaluation are associated with the transformation of geofiltration and the chemical composition of groundwater in the Kyrgyz Republic.

Purpose of work: analysis of the impact of various types of technogenic processes on changes in the properties of the geological environment and transformation of the hydrogeosphere of mountain geosystems within the territory of the Kyrgyz Republic.

Methodology of research. This paper summarizes information on technogenic processes and the transformation of the hydrogeosphere in the development of uranium and gold deposits in mountainous conditions associated with the risks of hazardous processes of a synergistic nature. Technogenic processes of various types were analyzed.

Results. The factors affecting the formation of water resources of intermountain basins are highlighted. The geological, hydrogeological, hydrodynamic features of intermountain artesian basins are characterized; the characteristic of technogenic factors are given. The features of the formation of technogenesis are described; the definition of technogenesis of mining, reclamative and industrial type is specified; some local and area changes in the surface and underground hydrosphere are given. This paper deals with some problems concerning technogenic pollution of fresh groundwater, the analysis of types of pollution, the formation of processes for groundwater dam, saturation, resalting, and activation of exogenous geological processes.

Conclusions. The main types of technogenesis are considered according to the conditions of negative impact on the properties of the geological environment and the transformation of geofiltration processes and the chemical composition of groundwater. Technogenic transformations of hydro land reclaiming type of hydrogeosphere are associated with the construction of reservoirs, irrigation networks and irrigation itself. This paper gives the examples of seismic activity in the area of the Toktogulsky reservoir, development of saturation, contraction, and increasing measures of earthquake intensity in the Osh-Karasuysky oasis. Technogenic processes of a city-industrial type are formed within the territory of large cities of the Kyrgyz Republic. The processes of pollution of groundwater and the transformation of groundwater flows in the territory of the cities of Bishkek, Osh, Kara-Suu are considered. Under the influence of technogenic processes of mining, reclamative and industrial types in the territory of Kyrgyzstan, there is a transformation of the chemical composition of groundwater and surface water, as well as geofiltration processes.

Keywords: transformation of hydrogeosphere, geohazard, technogenic processes, groundwater, pollution, saturation.

REFERENCES

- Orolbaeva L. E. 2016, Groundwater of Kyrgyzstan: Issues of use and preservation. *Gornyi Zhurnal* [Mining journal], no. 8, pp. 41–47. <https://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.08.08>
- Baeva N. B., Tolstikhina G. G. 2001, *Ekologo-gidrogeologicheskoye usloviya Kyrgyzstana* [Ecological and hydrogeological conditions of Kyrgyzstan]. Water and sustainable development of Central Asia: proceedings of International scientific conference. Bishkek, pp. 126–130.
- Mamaserkov T. N., Tolstikhin G. M. 2002, Features of formation of mineable reserves of fresh groundwater of the Bishkek area. *Vestnik KRSU* [Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University], vol. 2, no. 4, pp. 101–108. (In Russ.) URL: <https://www.krsu.edu.kg/vestnik/2002/v4/a14.html>
- Torgoev I. A., Aleshin Yu. G. 2009, *Ekologiya gornopromyshlennogo kompleksa Kyrgyzstana* [Ecology of the mining complex of Kyrgyzstan]. Bishkek, 193 p.
- Plotnikov N. I. 1998, *Vvedeniye v ekologicheskuyu gidrogeologiyu* [Introduction to environmental hydrogeology]. Moscow, 240 p.
- Brunet M.-F., Sobel E. R., McCann T. 2017, Geological evolution of Central Asian Basins and the western Tien Shan Range. *Geological Society Special Publications*, vol. 427, issue 1, pp. 1–17. <https://doi.org/10.1144/SP427.17>
- Zlobina V. L., Medovar Yu. A., Yushmanov I. O. 2017, *Transformatsiya sostava i svoystv podzemnykh vod pri izmenenii okruzhayushchey sredy* [Transformation of the composition and properties of groundwater when the environment changes occur]. Moscow. ISBN 978-5-9500228-8-3. URL: <http://izd-mn.com/PDF/21MNNPM17.pdf>
- Orlov M. S., Pityeva K. E. 2013, *Gidrogeoekologiya gorodov* [Hydrogeoecology of cities]. Moscow, 287 p.
- Orolbaeva L. E., Meleshko A. A. 2016, Synergistic effects in the formation of geohazards in the basins of the mountain rivers of the Tien Shan. *Izvestiya UGGU* [News of the Ural State Mining University], no. 3, pp. 20–24. <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2016-3-20-24>
- Torgoev I. A. 2016, *Ledniki, zoloto i geoekologiya Kumtora* [Glaciers, gold and geoecology of Kumtor]. Bishkek, 197 p.
- Galitskaya I. V., Rama Mohan K., Keshav Krishna A., Batrak G. I., Eremina O. N., Putilina V. S., Yuganova T. I. 2017, Assessment of soil and Groundwater Contamination by Heavy Metals and Metalloids in Russian and Indian Megacities. *Procedia Earth and Planetary Science*, vol. 17, pp. 674–677. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2016.12.180>
- Ping Wang, Jingjie Yu, Yichi Zhang, Changming Liu. 2013, Groundwater recharge and hydrogeochemical evolution in the Ejina Basin, north-west China. *Journal of Hydrology*, vol. 476, pp. 72–86. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.10.049>
- Ming Han, Chengyi Zhao, Jirka Simunek, Gary Feng. 2015, Evaluating the impact of groundwater on cotton growth and root zone water balance using Hydrus-1D coupled with a crop growth model. *Agricultural Water Management*, vol. 160, October, pp. 64–75. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.06.028>
- Dajun Qin, Yunping Qian, Liangfeng Han, Zhimin Wang, Chen Li, Zhanfeng Zhao. 2011, Assessing impact of irrigation water on groundwater recharge and quality in arid environment using CFCs, tritium and stable isotopes, in the Zhangye Basin, Northwest China. *Journal of Hydrology*, vol. 405, issues 1–2, pp. 194–208. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.05.023>
- Tsytsenko K. V., Bazhanova L. V. 2015, Disposable water resources of Kyrgyzstan: their structure and dynamics. *Vestnik KRSU* [Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University], vol. 15, no. 3, pp. 194–198. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23396594>

The article was received on August 1, 2018

* [✉ orolbaeval@mail.ru](mailto:orolbaeval@mail.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-2095-8721>