

ҚР ҰҒА-ның Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы.
Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. 2012. №2. С. 73–80

УДК 556.3.06

В.И.ПОРЯДИН¹, М.М.БУРАКОВ², Л.М.ПАВЛИЧЕНКО³

РАЗВИТИЕ НОВЫХ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ, ПРОГНОЗА И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫМИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Зерттеудің жаңа әдістерінің дамуы негізінде су қорларын қорғау және қолдану тиімділігі, Қазақстанның ұлттық қауіпсіздігі мен әлеуметтік-экономикалық дамуын қамтамасыз ететін техногенді гидрогеологиялық үрдістерімен басқару және болжай өмірлік маңызды мәселе болып саналады.

Эффективность использования и охраны водных ресурсов на основе развития новых методов изучения, прогноза и управления техногенными гидрогеологическими процессами становится жизненно важными проблемами, обеспечивающими устойчивое социально-экономическое развитие и национальную безопасность Казахстана.

Efficiency of use and protection of water resources on the basis of development of new methods of studying, the prediction and management of technogenic hydro-geological processes become the vital problems providing steady social and economic development and national safety of Kazakhstan.

Водные ресурсы, являясь основой функционирования экосистем, жизнеобеспечения и жизнедеятельности человека в последние десятилетия XX-го столетия и начале нынешнего, XXI в., подвергаются невиданному ранее техногенному прессингу.

Этому во многом способствует интенсификация использования природных ресурсов Казахстана, приводящая к прогрессирующему техногенному изменению гидрологических и гидрогеологических условий, нарушению и перестройке взаимосвязи поверхностных и подземных вод, их водно-солевого режима и, в конечном итоге, их загрязнению и истощению, сопровождающиеся ухудшением экологической, санитарной и социально-экономической обстановки и качества жизни. Важнейшим негативным фактором водообеспечения Казахстана речным стоком становится трансграничный характер формирования стока, в связи с чем, ряд сопредельных государств нарушают международные обязательства по вододелению, изымая значительные ресурсы речного стока для своих нужд (Китай и др.), причем эта тенденция приобретает нарастающий характер по ряду причин: глобального потепления, роста населения и урбанизации и др.

Современная экологическая ситуация в Казахстане также нестабильна: экологический кри-

зис в Приаралье, крайне неблагополучная ситуация в бассейнах рр. Илека, Иртыша, Нуры, в Прикаспии, в горнопромышленных и др. районах, становится причиной ухудшения качества жизни и здоровья населения Республики.

Выявленные участки загрязняющих веществ характеризуются следующими классами опасности загрязнения подземных вод: чрезвычайно-опасный – ртуть, бериллий; высоко-опасный – свинец, кадмий, алюминий, кремний, кобальт, мышьяк, бензол, цианиды, нитриты; опасный – нитраты, аммиак, железо, марганец, никель, хром, цинк, медь, метан, ванадий, фосфаты, ацетон, хлорбензол, нитробензол, спав и др.; умеренно-опасный – хлориды, сульфаты, фенолы, нефтепродукты, толуол, пестициды, бром, фтор, бор, окисляемость.

В целом, по Казахстану отмечается такжеплощадное загрязнение подземных вод нефтепродуктами на территориях практически всех нефтегазодобывающих комплексов. Основные ореолы техногенного радиоактивного загрязнения подземных вод отмечаются на Семипалатинском ядерном полигоне и в зоне его влияния, в местах проведения мирных ядерных взрывов (в том числе так называемый "Азгирский след" в Северном Прикаспии), на участках захоронения и складирования радиоактивных отходов (особенно на

¹ Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Ч. Валиханова, 94. Институт гидрогеологии и геоэкологии У.М. Ахмедсафина.

территориях Кокшетауского, Кенгир-Акбакайского и Чиганак-Аксуекского горнодобывающих комплексов), в районах разрабатываемых урановых месторождений, особенно методом подземного выщелачивания (на территории Шу-Сарысуского горнодобывающего комплекса - разрабатываемые месторождения урана Уванас, Канжуган, Мынкудук и Моинкум). Большая часть очагов загрязнения формируется в промышленных районах -181, сельскохозяйственных объектах - 47, коммунальных объектах -26, различных объектах- 8.

Наиболее крупные очаги загрязнения наблюдаются вблизи предприятий, сбрасывающих промышленные отходы и сточные воды на земную поверхность или в речную сеть без предварительной их очистки. К таким объектам относится большинство горнодобывающих предприятий, отдельные промышленные предприятия и городские агломерации с ненадежной системой очистки промышленных и бытовых стоков или без нее. Вблизи таких загрязнителей наблюдаются крупные ореолы загрязнения подземных вод, приводящих к выходу из строя целых водозаборов подземных вод или их участков. Примером могут служить некоторые водозаборы хозяйственно-питьевого назначения городов Актобе, Темиртау, Караганды, Шемонаихи, Лениногорска и др. Наибольшее воздействие на подземные воды оказывают горнорудные и промышленные предприятия Карагандинской, Восточно-Казахстанской и Актюбинской областей.

Наряду с крупными загрязнителями отмечается широкая сеть мелких предприятий, преимущественно сельскохозяйственного направления (фермы крупного рогатого скота, свинофермы, птицефабрики) и предприятий легкой промышленности, перерабатывающих сельскохозяйственные продукты (мясокомбинаты, молокозаводы, маслобойни и пр.). Здесь масштабы загрязнения подземных вод сравнительно небольшие, но, тем не менее, они приводят к ухудшению качества подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения сравнительно небольших потребителей, таких, как районные центры, хозяйствственные центры, рабочие поселки и пр.

В этой связи повышение эффективности использования и охраны водных ресурсов на основе развития новых методов изучения, прогноза и управления техногенными гидрогеологиче-

кими процессами становятся жизненно важными проблемами, обеспечивающими устойчивое социально-экономическое развитие и национальную безопасность Казахстана.

В этой связи важнейшим принципом гидро-геоэкологических исследований и использования водных ресурсов недр в новом тысячелетии должны стать разработки научно-методических основ (методологии) и технологий принципиально нового подхода в хозяйственной деятельности - экосистемного водопользования, способного обеспечить устойчивое социально-экономическое развитие и экологическую безопасность Казахстана.

Суть экосистемного подхода в том, что все принимаемые решения должны учитывать совместимость водохозяйственных, инженерных, социальных и экономических мероприятий с естественным функционированием природных экосистем, вписываться в них.

Отсюда вытекают основополагающие принципы экосистемного подхода к водохозяйственной деятельности:

любая территория Казахстана должна рассматриваться в качестве целостной природной системы, в отношении которой осуществляется комплексная на основе экосистемного подхода водохозяйственная деятельность;

оценки состояния экосистем территории должны основываться на критериях качества и количества водных ресурсов;

целью политики экосистемного водопользования должно быть восстановление водных систем до уровня естественного или близкого к нему первоначального природного состояния;

для обеспечения эффективности экосистемного подхода необходим контроль всех источников загрязнения;

водное и другие сопутствующие законодательства должны неприменно отражать значение воды как средства формирования и функционирования экосистем;

генеральные планы водохозяйственной деятельности на той или иной территории должны основываться на экосистемном подходе и содействовать осуществлению принципа "загрязнитель платит";

региональная водная стратегия должна носить предупредительный, а не реактивный характер;

водная стратегия должна исходить из трансграничного характера водных ресурсов (поверхностных и подземных) Казахстана.

Таким образом, экосистемный подход призван обеспечить совместимость водохозяйственных, инженерных, социальных и экономических мероприятий с естественным функционированием природных экосистем с учетом экосистемного территориального распределения водных ресурсов недр. Эти ресурсы должны целиком диктовать технологию водоотбора, соответствующую интенсивности и объемам восполнения водных ресурсов недр.

Ясно, что решение проблемы экосистемного водопользования возможно лишь в сочетании технологического совершенствования всей системы водоснабжения с переоценкой потенциальных ресурсов, а также запасов разведанных и эксплуатируемых месторождений подземных вод с позиций экосистемного водопользования и ужесточением требований по минимизации негативных экологических последствий эксплуатации подземных вод, включая степень защищенности от загрязнения и, наконец, снижение экологического риска от принятия неверных решений по использованию подземных вод. Наличие же высокопроизводительных водоносных комплексов в артезианских бассейнах при значительном ресурсном их потенциале вполне позволяет создавать мощные районные, межрайонные и даже межбассейновые водопроводы с разветвленной водораспределительной сетью.

Успешное решение задач экосистемного водопользования ресурсов подземных вод, как составной и неотъемлемой части экосистем, возможно, прежде всего, на базе фундаментальных разработок методологии прогнозирования и управления техногенными гидрогеологическими процессами с обязательной привязкой разработок к конкретным природным объектам путем гидрологоэкологического районирования и картографирования с использованием арсенала современных средств мониторинга и моделирования.

В контексте вышеизложенного становится актуальной разработка и совершенствование концепции и методики районирования зон экологической нарушенности Казахстана по интенсивности и степени воздействия техногенеза на водную среду недр. Отработка схемы районирования по комплексному учету антропогенной нагрузки выполнялась для территории Кызылординской области, большая часть которой отнесена к зоне экологической катастрофы, возникшей под воздействием целого ряда негативных природных и антропогенных факторов, поэтому

здесь можно встретить наиболее полный перечень факторов воздействия.

В качестве актуальнейшего объекта экологического районирования зон экологической нарушенности Казахстана по интенсивности и степени воздействия техногенеза на водную среду недр взято Казахстанское Приаралье.

При обосновании методики районирования природно-антропогенной нагрузки результаты информационного этапа экологической оценки отражены в инвентаризационных картах с использованием, прежде всего, "Схематической карты техногенной нагруженности эколого-гидрогеологических систем Казахстанской части бассейна Аральского моря масштаба 1:1000000" (В.И. Порядин, 1999-2005гг.), разработанной в Институте гидрогеологии и гидрофизики МОН РК в рамках "Аральской проблемы", а также административной карты и карты полезных ископаемых Кызылординской области, экологических карт Приаралья и др., на которых отражены проявления различных видов природно-антропогенного воздействия как локального (сосредоточенного), так и площадного характера, в т.ч.: населенные пункты, градостроительные, промышленные, горнодобывающие, нефтедобывающие комплексы, транспортные артерии, территории перевалки, массивы орошаемого земледелия, участки интенсивной эксплуатации подземных вод и зоны ее влияния, скважины неконтролируемого самоизлива, склады агрохимикатов, птицефабрики, животноводческие комплексы, скотомогильники, поля фильтрации сточных вод, участки распространения общего и радиоактивного загрязнения подземных вод за счет урановорудных месторождений [1] и подземных ядерных взрывов, степень загрязненности поверхностных вод, солепылоперенос с котловины Аральского моря, участки добычи углеводородного сырья и проектируемый нефтепровод Кумколь-Арыскум-Жосалы, ракетно-космический комплекс "Байконур" и др.

В целях комплексной (качественной и количественной) оценки степени влияния указанных выше антропогенных факторов на состояние геосистем Приаралья, осуществленные Л.М.Павличенко и др., составлены вспомогательные карты параметров (оценочные экологические карты), отражающие антропогенную нагрузку на территорию области [2], которые суммировались методом наложения. В результате совмещения точек и площадей проявления факторов

антропогенной нагрузки и на основе факторного анализа (построение матрицы значений факторов техногенного воздействия на геосистемы и целевой функции; направленность воздействия на окружающую среду каждого фактора в целевой функции учитывалось знаком: факторы, препятствующие негативному изменению геэкологической ситуации, входят в целевую функцию со знаком минус) была составлена "Карта-схема антропогенной нагрузки Кызылординской области" как основы осуществления районирования техногенного воздействия на окружающую среду Кызылординской области. Основная антропогенная нагрузка, как и следовало ожидать, оказалась сосредоточенной в зонах наиболее плотного проживания и в традиционных земледельческих районах. Итогом работы стала "Карта оценки техногенного воздействия на окружающую среду Кызылординской области" масштаба 1:2500000 (рис.1).

Итак, успешное управление экономикой региона в настоящее время требует определения не только количественной стороны природных ресурсов, но и их экологического состояния, поскольку качество окружающей среды становится ограничителем развития экономики. Для Кызылординской области качество жизни населения определяется в первую очередь состоянием водных ресурсов, определяющих развитие сельскохозяйственных отраслей. Наличие нефтяных и урановых месторождений, поднимая экономику, наносит весьма ощутимый удар окружающей среде. Стабилизация в последнее десятилетие границ Арала обусловила развитие вновь образующихся на обсохшем дне ландшафтов, теперь здесь уже возникает проблема перевыпаса. Самоизлив напорных подземных вод, продолжающейся десятилетиями, привел к образованию небольших озер, на которых уже гнездятся водоплавающие птицы. Истребление скота в связи со сложностями переходного периода уменьшило нагрузки на естественные пастбища, что вызвало рост биомассы (при увеличении доли сорных трав). Таким образом, антропогенное влияние на геосистемы носит разнонаправленный характер, что и показала комплексная (по целевой функции) оценка этого влияния.

Основными выводами по использованию в целевой функции для районирования антропогенного влияния на геосистемы Кызылординской области расширенного набора параметров можно считать следующие:

1. Дифференцированный учет роли и направленности факторов антропогенного воздействия и природных факторов в целевой функции позволил выявить более широкий набор классов по степени антропогенного воздействия на территорию области.

2. Самый высокий уровень антропогенного влияния приходится на зоны влияния повышенной плотности месторождений полезных ископаемых. Эти зоны требуют первоочередных мероприятий по охране окружающей среды.

3. Сильная степень антропогенного влияния выделяется на участках с наличием нефтяного или полиметаллического месторождения, а также в зонах совместного влияния нескольких антропогенных факторов (г. Кызылорда и массивы орошения).

4. Учет фактора обеспеченности подземными водами позволил выявить зоны, где при наличии мероприятий по охране водных ресурсов наиболее благоприятно развитие животноводства.

Не менее важным объектом оценки и прогноза экологического состояния загрязнения подземных и поверхностных вод шестивалентным хромом и бором является долина р. Илек в районе г. Актобе [3].

В настоящее время в бассейне трансграничной р. Илек в районе г. Актобе сложилась весьма сложная экологическая ситуация. В 50 годах XX в. здесь интенсивно развивалась перерабатывающая и химическая промышленность, энергетика, причем промышленные и энергетические объекты часто проектировались и строились без надлежащего учета особенностей геологического строения, гидрогеологических и гидрологических условий территории, без оценок вероятного воздействия возводимых объектов на окружающую среду, и в первую очередь, на подземные и поверхностные воды - важнейшую составляющую экосистемы.

Закономерным результатом подобного подхода стало интенсивное загрязнение ПВ, с которыми загрязнения стали поступать и в речные воды. Так, ввод в строй в 50-х гг. прошлого века Алгинского химического завода (АХЗ в г. Алге) в 45 км южнее г. Актобе, с размещением шламонакопителя без противофильтрационного экрана в долине р. Илек непосредственно на аллювиальных отложениях (не защищенных сверху слабо проницаемыми глинистыми отложениями) обусловил загрязнение к 1972 г. подземных вод бором. С подземными и паводковыми водами бор стал поступать в р. Илек, так что в 70-х гг. кон-

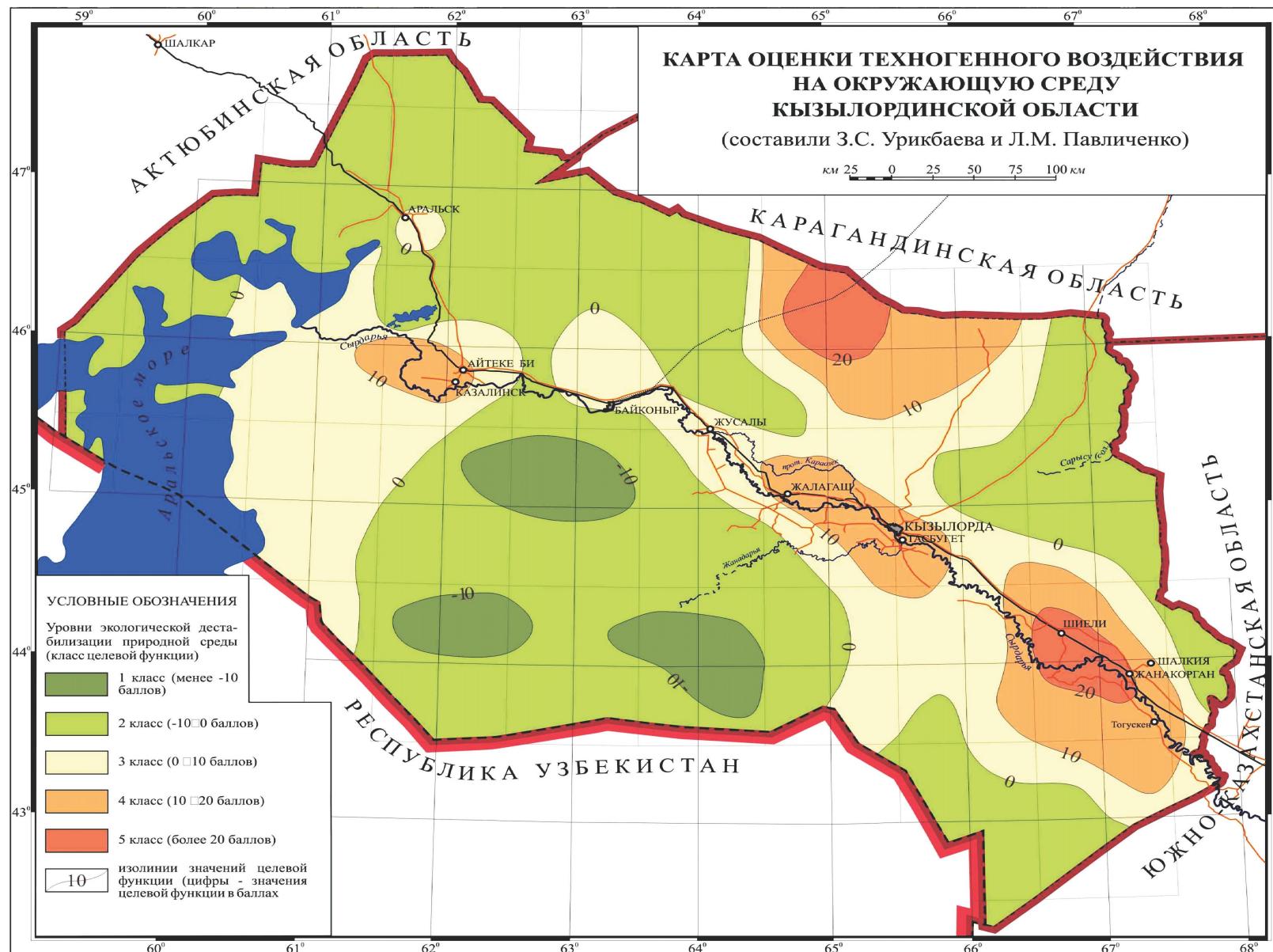


Рис. 1. Карта оценки техногенного воздействия на окружающую среду Кызылординской области

центрации бора, значительно превышающие ПДК для водотоков рыбохозяйственного значения, были зафиксированы в речных водах севернее г. Актобе. Загрязненные бором речные воды проникали в водоносный горизонт в аллювиальных отложениях в долине р. Илек в районе Илекских лево- и правобережного инфильтрационных водозаборов, обеспечивающих хозяйствственно-питьевое водоснабжение г. Актобе. В подземных водах этих водозаборов были зафиксированы концентрации бора, превышающие ПДК для питьевых вод. Бор в слаборастворимой форме накапливался и в донных отложениях р. Илек.

Позже, после строительства водохранилища на р. Илек южнее г. Актобе и осуществления мероприятий по предотвращению поступления бора в подземные воды и долину р. Илек загрязнение поверхностных вод и подземных вод бором в районе г. Актобе удалось значительно снизить. В настоящее время донные отложения задерживаются в чаше Илекского водохранилища, концентрация бора в речных водах ниже водохранилища снизилась до ПДК водотоков рыбохозяйственного значения, соответственно в водах Илекских инфильтрационных водозаборов концентрация бора снизилась до ПДК питьевых вод и ниже.

Примерно в то же время, в 1957 г., севернее г. Актобе в долине р. Илек был построен иведен в эксплуатацию Актюбинский завод хромовых соединений (АЗХС). Пруды-накопители этого завода, предназначенные для сброса жидких промышленных стоков, содержащих растворимый в воде шестивалентный хром (Cr^{6+}), были размещены на незащищенных сверху аллювиальных песчано-гравийно-галечниковых отложениях; в этих отложениях в долине р. Илек развит мощный водоносный горизонт, подземные воды которого выклиниваются в р. Илек. Соответственно, с момента пуска АЗХС началось интенсивное загрязнение ПВ Cr^{6+} .

Очевидно, что вследствие тесной связи подземных и речных вод, через некоторое время, потребное для достижения ореолом загрязнения подземных вод Cr^{6+} уреза реки, хром начал фиксироваться в речных водах в концентрациях, превышающих ПДК для водотоков рыбохозяйственного значения, в том числе в контрольных створах на границе с Российской Федерацией (у села Яйсан). По этой причине на всем протяжении р. Илек от северной окраины г. Ак-

тобе до впадения ее в р. Урал поверхностные воды реки выведены из хозяйственного освоения. Из хозяйственного освоения выведены также и ПВ долины р. Илек, так как на всем ее протяжении единственным вариантом обеспечения здесь потребностей в питьевой воде является строительство инфильтрационных водозаборов, основную приходную часть баланса которых обеспечивают именно речные воды.

Информационную базу для изучения закономерностей распространения загрязнения подземных вод обеспечена реализацией ТОО "Акпан" (2006 г.) мониторинга техногенного загрязнения подземных вод бассейна трансграничной р. Илек шестивалентным хромом.

Ясно, что предотвращение вероятных экономических и экологических исков со стороны России за сверхнормативное загрязнение трансграничной р. Илек требует реализации мероприятий по локализации и ликвидации загрязнения подземных вод в промзоне г. Актобе Cr^{6+} , и прекращение поступления его в речные воды или уменьшения до количества, обеспечивающего снижение концентрации в речных водах до ПДК в контрольном створе на границе с Российской Федерацией. При этом всю ответственность за сложившуюся к настоящему времени экологическую обстановку и мероприятия по реабилитации экосистемы р. Илек полностью приняла на себя Республика Казахстан, признавшая загрязнение подземных вод в долине р. Илек Cr^{6+} "историческим загрязнением".

В качестве важнейших мероприятий (в теории рисков обозначаемых как управленческие решения) по локализации и ликвидации загрязнения подземных и поверхностных вод в долине р. Илек севернее г. Актобе обсуждаются три взаимосвязанных и взаимообусловленных. Первое (нулевой вариант) предполагает полное сохранение современных тенденций и объемов загрязнения подземных вод от существующих источников поступления в водоносный горизонт Cr^{6+} , очевидно, что и сложившиеся закономерности и объемы переноса хрома речными водами, по крайней мере, сохранятся.

Второе решение основывается на полном прекращении "свежего" загрязнения ПВ на площадях существующих источников путем полной реконструкции производства либо их полную остановку, имеющие следствием исключение поступления Cr^{6+} в аллювиальный водоносный

горизонт. При этом существующее загрязнение подземных вод и особенности его транспортировки к реке сохраняются. Очистка подземных вод будет осуществляться естественным путем - выносом из водоносного горизонта в реку и переносом речными водами за границы промзоны.

Первое решение не предполагает вложение каких-либо средств на реализацию мероприятий, составляющих это решение (за исключением межгосударственных расчетов за загрязнение, причем загрязнитель, в первую очередь АЗХС, в силу "историчности" загрязнения платить не будет). Второе решение предусматривает солидное госбюджетное финансирование.

Третье управленческое решение предусматривает искусственную очистку подземных вод в промзоне г. Актобе. Очевидно, что результатом такого решения является эффективное прекращение поступления Cr^{6+} в речные воды и снижение концентрации хрома в них до ПДК для водотоков рыбохозяйственного значения. Неизбежным условием реализации этого решения является выполнение второго управленческого решения - поскольку без прекращения поступления в водоносный горизонт "свежего" загрязнения очистка подземных вод принципиально невозможна.

Следовательно, минимизация стоимости реализации управленческих решений - максимальная быстрота и эффективность осуществления процесса локализации и ликвидации загрязнения источника загрязнения и подземных вод. Это требование, заложенное в поручении Президента Республики Казахстан, во многом определяет выбираемый способ мероприятий.

В этой связи, существенно новым вкладом в решение проблемы реабилитации природных вод долины р. Илек являются разработки М.М. Бураковым геофильтрационной и геомиграционной моделей, обеспечивающих достоверные эпигнозно-прогнозные оценки выноса шестивалентного хрома в р. Илек с подземными водами. Действительно, проблема оценки загрязнения поверхностных вод загрязненными подземными водами относится к сложной - и слабо разработанной области "междисциплинарных" исследований, чем и определяется практическое отсутствие математических моделей, позволяющих учитывать переход загрязнителя из подземных вод, где его перенос подчиняется гидрогеологическим закономерностям (малые скорости движения, взаимодействие с водовмещающими породами, не-

большие изменения в объемах подземного стока, относительно слабое или полное отсутствие влияния атмосферных осадков), в водоток или водоем, где действуют уже гидрологические закономерности

Геомиграционная модель позволила выполнить сравнительные прогнозные оценки выноса шестивалентного хрома в р. Илек при различных (первых двух) вариантах мероприятий по реабилитации природных вод в долине р. Илек, поскольку р. Илек - водоток рыбохозяйственного значения, с которым связана хозяйственная деятельность не только в Республике Казахстан, но и в граничащих регионах Российской Федерации.

Прогнозные оценки переноса шестивалентного хрома речными водами и поступление хрома в речные воды, как установлено исследованиями, обеспечивается из зоны выклинивания подземных вод именно подземными водами. В этой связи сделан вполне однозначный и обоснованный вывод о необходимости очистки подземных вод в промзоне г. Актобе. Эта очистка обеспечит и полную реабилитацию речных вод севернее города вплоть до границы с Российской Федерацией. Тем самым будет снята проблема сверхнормативного загрязнения трансграничной реки Илек.

В качестве варианта очистки подземных вод на основе проведения натурных экспериментов предложена химическая очистка непосредственно в водоносном горизонте с переводом растворимого шестивалентного хрома в трехвалентный нерастворимый с последующим осаждением последнего на водовмещающих породах. Рассмотренные химические реакции оказываются очень выгодными энергетически, а для перевода трехвалентного хрома снова в раствор потребуется создание щелочной среды с pH порядка 12, что в естественных условиях невозможно.

Важным направлением в развитии гидрогеологической науки являются также новые решения проблемы разработки научных и методических основ опытно-фильтрационного и опытно-миграционного опробования водовмещающих пород для целей изучения и прогнозирования техногенных гидрогеологических процессов, выполненные М.М. Бураковым [4-10]. В этом ключе осуществлен анализ современного состояния теоретической и методической базы для оценки фильтрационных параметров в слоистых системах с перетеканием. Разработаны принципиально новые методики (подкрепленные вычисли-

тельными алгоритмами) интерпретации результатов опытно-фильтрационного опробования слоистых водоносных систем, обеспечивающие достоверность значений определяемых фильтрационных и емкостных параметров этих систем.

Существенным научным вкладом в развитие гидрогеологии является обоснование волновых свойств основного уравнения фильтрации - закона Дарси [11]. Как известно, открытие и экспериментальное обоснование закона принадлежит французскому инженеру-гидравлику А. Дарси, а теоретическое русскому ученому Н.Е. Жуковскому, предпринявшему обстоятельный рассмотрение движения жидкости в поле тяжести, что и приводит к двучленной форме закону Дарси-Жуковского, содержащему фильтрационную силу (движущую силу фильтрации), потенциалом которой выступает давление либо напор. Преобразования фильтрационной силы приводят к модифицированным выражениям закона Дарси-Жуковского, отражающим волновые процессы (акустические и гравитационные), сопровождающие процесс собственно фильтрации. Следовательно, можно с уверенностью утверждать о зарождении нового направления в гидрогеологии - акустической геофiltрации.

При этом, необходимо напомнить, что акустические методы исследования скважин и пластов широко используются в практике разработки залежей углеводородов начиная с 60-х годов прошлого века (Ю.П. Коротаев и др.), как в качестве акустического каротажа, основанного на искусственном возбуждении импульсов упругих колебаний, так и в качестве акусто-гидродинамического метода (АГДМ), состоящего в измерении и использовании естественных колебаний, вызванных движением флюидов по пласту с интенсивностью естественного акустического поля на порядки меньше искусственного. Однако следует отметить отсутствие строгой теоретической базы АГДМ исследований; следовательно, открытие и обоснование акустической геофiltрации в определенной мере ликвидирует этот пробел.

ЛИТЕРАТУРА

1. Махмутов Т.Т., Порядин В.И., Бураков М.М., Кожакова Н.Т. Гидрогеологические аспекты проблемы восстановления окружающей среды при эксплуатации и ликвидации предприятий подземного выщелачивания гидрогенных месторождений урана на территории Казахстана // Геология, минерагения и перспективы развития минерально-сырьевых ресурсов. Алматы, 2009. С. 450-455.
2. Чигаркин А.В., Урикбаева З.С., Порядин В.И. К оценке техногенной нагрузки на геосистемы долины р. Сырдарьи на основе целевой функции // Вестник КазГУ. Серия Географическая. 2002. № 2 (13). С. 89-96.
3. Бураков М.М. Современные геоэкологические проблемы в бассейне трансграничной реки Илек и возможные подходы к их разрешению // Подземные воды - стратегический ресурс устойчивого развития Казахстана: Материалы Международной научно-практической конференции. Алматы, 2009. С. 218-220.
4. Бураков М.М. Метод обработки результатов опытной кустовой откачки в слоистой толще // Современное состояние и проблемы инженерной экологии, биотехнологии и устойчивого развития. Труды Первой Международной научно-практической конференции (Алматы, 31 мая 2010 г.). Алматы: Изд-во КазНТУ, 2010. С. 173-176.
5. Бураков М.М. Теоретические и методические проблемы экспериментального определения начального градиента // Водные ресурсы. 2010. Т. 37. № 4. С. 408-417.
6. Burakov M.M. Theoretical and Methodological Problems of Experimental Determination of the Initial Gradient // Water Resources. 2010. Vol. 37. № 4. P. 446-454.
7. Бураков М.М., Хабиев С.Х. Методика определения фильтрационных и емкостных параметров слоистых водоносных систем с перетеканием. Алматы: АО "НЦНТИ", 2010. 67 с.
8. Бураков М.М. Физико-математические модели нелинейной фильтрации подземных вод. Алматы: АО "НЦНТИ", 2010. 162 с.
9. Бураков М.М. Методы интерпретации результатов опытных кустовых откачек из слоистых систем с перетеканием // Известия ВУЗов. Геология и разведка. 2010. № 6. С. 35-42.
10. Бураков М.М., Хабиев С.Х. Методика интерпретации результатов опытных откачек из слоистых систем с перетеканием при реакции смежных горизонтов на возмущение. Алматы: АО "НЦНТИ", 2011. 88 с.
11. Порядин В.И. Модифицированные формы закона Дарси как отражение волновых свойств материи // Известия НАН РК. Серия геологическая. 2011. № 2. С. 17-27.