

АНАЛИЗ И ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ТАДЖИКИСТАНА

В работе использовался бассейновый принцип изучения гидросферы Таджикистана, который позволяет комплексно рассмотреть все элементы водного баланса. При оценке гидрогеоэкологической ситуации использованы методы типизации и картографирования территории с построением гидрогеоэкологических схематических карт. Описаны результаты проведенных расчетов площадей с различным количеством осадков по мезобассейнам стока и модулей стока соответствующих мезобассейнов в пределах Сырдарьинского и Амударьинского макробассейнов стока.

Ключевые слова: гидрогеоэкологическая ситуация, гидрогеоэкологическая оценка, поверхностный сток, районирование, водные ресурсы, мезобассейн, макробассейн стока.

Таджикистан и еще пять государств Центральной Азии (ЦА) расположены в бассейнах рек Амударья и Сырдарья, впадающих в Аральское море. Среднегодовой сток этих рек определяется в 115 км^3 . Более половины его формируется в Таджикистане, но при этом 90 % стока расходуется за его пределами на орошение, созданной в середине XX века среднеазиатской водохозяйственной системой. Масштабы орошения привели к истощению водных ресурсов и гибели Аральского моря, вызвав экологическую катастрофу в Приаралье.

Концепция устойчивого развития в экономическом и экологическом отношении основывается на восстановлении способности природных ресурсов к воспроизводству и самовосстановлению на продолжительный период. В этой связи выявление закономерностей процессов формирования природных вод в условиях сложившейся еще в советский период среднеазиатской водохозяйственной системы, с ее узкой энергетической и горнодобывающей направленностью, становится актуальной задачей.

В настоящее время гидрогеоэкологические закономерности региона нуждаются в дальнейшем изучении, поскольку возникли новые задачи по борьбе с загрязнением ОС, особенно на орошаемых территориях и в пределах их горного обрамления. Требуется диагноз современного состояния гидросферы и разработка актуальных рекомендаций по защите природных вод.

Переход человечества на модель устойчивого развития, тесно связан с переходом к управлению экологическими процессами и геоэкологизацией жизнедеятельности, заключающейся в: 1) накоплении знаний по водопользованию в условиях техногенеза; 2) формировании новых методических подходов в гидрогеоэкологии нарушенных территорий и научных основ гидрогеоэкологии; 3) разработке проектов комплексного освоения водных ресурсов; 4) применении и внедрении в практику систем мониторинга и концепции устойчивого развития региона.

При проведении оценки гидрогеоэкологической ситуации техногенно нарушенных районов Таджикистана использованы стандартные методы подготовки и проведения полевых, лабораторных и камеральных работ. Результаты контроля за качеством анализов обработаны статис-

тически и сравнивались с результатами других авторов. Для оценки загрязнения природных вод использованы такие параметры, как ПДК, ПДВ, ПДУ вредных веществ, модуль предельно допустимого загрязнения и коэффициент их концентрации с оценкой аномальности. В составе природных вод и грунтов определены карбонаты, сульфаты, хлор, нитриты, нитраты, кремниевая кислота, натрий, калий, кальций, магний, аммоний, алюминий, марганец, селен, нефтепродукты и рН. Приближенно-количественным спектральным и атомно-абсорбционным анализами определены железо, цинк, свинец, мышьяк, молибден, марганец, никель, кобальт, хром, медь, ртуть.

При помощи системы мониторинга оценено состояние природных вод и ОС на контролируемых объектах с выдачей исходных материалов для прогноза экологической ситуации. Выполнена типизация территории по уязвимости природных вод к загрязнению с применением модуля предельно допустимого загрязнения со значениями от 5 до 100 т/км^2 в год.

Зоны сосредоточения поверхностных и подземных вод приурочены к субаквальному элементарному геохимическому ландшафтам, а области их питания расположены в высокогорной зоне, где обнажаются палеозойские породы, отмытые от реликтов солей морского солевого комплекса. Здесь в условиях мезобассейнов стока формируются воды от ультрапресных до пресных гидрокарбонатных натриево-кальциевых и кальциево-магниевых.

В предгорьях палеозойские породы перекрыты делювиальными глинистыми отложениями, а в нижних частях склонов – третичными и мезозойскими глинистыми осадками с реликтами морского солевого комплекса и следами вторичного засоления. Инфильтрация атмосферных осадков здесь затруднена, и подземные воды формируются преимущественно в конусах выноса. Межгорные впадины и равнины покрыты лессовидными породами и сероземными почвами, которые сформировались на орошаемых землях.

Установлено, что каждой ландшафтной зоне соответствует свой тип вертикальной гидрогеохимической зональности, отражающий условия формирования химического состава природных вод. На равнинах выделено два типа

зональности; один приурочен к площадям развития хорошо промытых почв и кор выветривания, а второй – к солончакам и солонцам. Для первого типа характерно формирование пресных вод, минерализация которых возрастает сверху вниз по профилю. А для второго – инверсия гидрогеохимического разреза, в пределах которого максимальная минерализация вод согласуется с солонцами и солончаками, а ниже по разрезу воды сменяются на менее минерализованные вплоть до пресных.

При оценке гидрогеоэкологической ситуации использованы методы типизации и картографирования территории с построением гидрогеоэкологических схематических карт на основе картосхем элементарных геохимических ландшафтов (Рис. 1).

На данной картосхеме таджикской территории Сырдарьинского макробассейна стока учтены проницаемость, водоносность грунтов и положение в ландшафте. В транслювиальных суглинках миграция загрязняющих веществ незначительна из-за малых коэффициентов фильтрации. На них и рекомендуется размещать экологически опасные объекты, что повысит экологическую безопасность. В подчиненных ландшафтах геологическая среда уязвима к загрязнению и рекомендуется ограничить хозяйственную деятельность.

В Северном Таджикистане, в пределах Сырдарьинского макробассейна стока обследовано 14 участков, по каждому из которых рассчитаны фоновое значение, коэффициент загрязнения и суммарный показатель загрязнения. Наиболее высокими концентрациями в

водах, почвах и грунтах характеризуются свинец, серебро и цинк. Они обычно присутствуют в водах, грунтах и почвах совместно и преобладают над другими элементами в 10 раз и более (Рис. 1).

Наиболее высокие концентрации этих элементов в водах и почвах установлены у пос. Адрасман с его комбинацией, в урочище Беномозбола (20 км к югу от п. Адрасман) и регионально, в районах свинцово-цинковых горнодобывающих предприятий, на северных склонах гор. Моголтау, Акбель и Шумтаг. Здесь концентрации свинца, цинка и серебра в водах и почвах достигают соответственно: 0,1, 0,5 и 0,03 мг/л и 100, 200 и 20 мг/кг; K_c составил соответственно 12,3, 2,0 и 48,8, а суммарный показатель загрязнения достиг 65,5 (проба № 321).

Ареалы загрязнения природных вод, а так же почв, грунтов и растительности прослежены на 20 км к юго-западу от п. Адрасман, где суммарный показатель загряз-

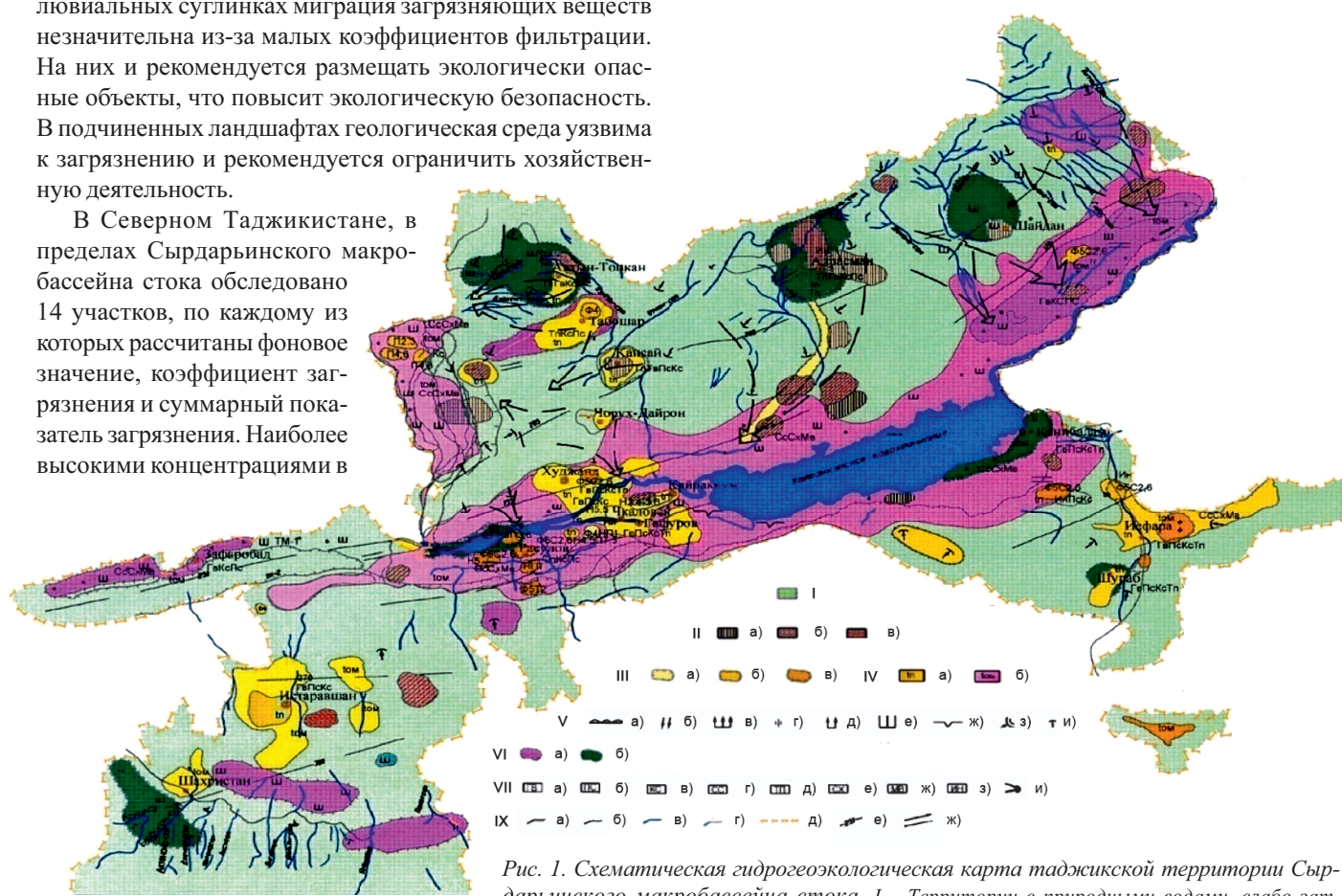


Рис. 1. Схематическая гидрогеоэкологическая карта таджикской территории Сырдарьинского макробассейна стока.

I – Территории с природными водами, слабо затронутыми процессами техногенеза. II – Участки с техногенно трансформированным химическим составом поверхностных и подземных вод за счет нарушенности и загрязнения почв и грунтов с: а) умеренно-опасным уровнем загрязнения ($Z_c=14+28$); б) опасным уровнем загрязнения ($Z_c=28+112$); в) чрезвычайно опасным уровнем загрязнения ($Z_c \geq 112$). III – Степень загрязнения поверхностных и подземных вод по $K_c=C/C_ф$: а) опасная, 3-ий класс токсичности ($K_c=50-64$); б) опасная и высоко опасная, 3-ий и 2-ой классы токсичности (K_c от 50 до 60 и ≥ 64); в) опасная, 3-ий класс токсичности ($K_c=50-64$). IV – Техногенная трансформация гидросферы под воздействием различных источников загрязнения: а) техногенные преобразования гидросферы вокруг горнодобывающих предприятий, под влиянием отвалов горных пород и крупнотоннажных накопителей отходов; б) техногенные изменения гидросферы под влиянием орошаемых массивов земель. V – Преобразования гидросферы и окружающей среды под воздействием современных геодинамических процессов: а) речная эрозия; б) суффозия; в) оврагообразование; г) засоление почв и пород зоны аэрации; д) заболачивание; е) эрозия почв; ж) просадка и оседание земной поверхности; з) оплывины, оползни; и) сели. VI – Коэффициент пораженности территории ($K_n=S_n/S$): а) 0,01-0,1; б) 0,1-1,0. VII – Генезис ареалов загрязнения: а) газодымовые выбросы промышленных предприятий, энергетических установок и транспорта; б) инфильтрация промышленных стоков; в) инфильтрация коммунально-бытовых стоков; г) инфильтрация сельскохозяйственных стоков; д) твердые и жидкие отходы промышленных предприятий, свалок и транспорта; е) средства химизации сельского хозяйства; ж) миграция подземных вод от источника загрязнения; з) инфильтрация нефтепродуктов; и) направление развития ареалов потоков загрязнения. VIII – Загрязняющие вещества со значениями $K_c=C/C_ф$: С4 – синтетические активные вещества; Ф5 – фенолы; П2 – пестициды; Н6 – нефтепродукты. IX – Прочие знаки: а) границы территорий с различным уровнем загрязнения почв; б) каналы и коллекторы; в) реки; г) малые сезонные потоки; д) республиканская граница; е) годовое кол-во осадков, мм/год; ж) преобладающее направление ветров: з) весной летом, и) осенью и зимой.

нения геологической среды достигает 29 (проба № 329). На этом участке определен и геохимический фон марганца в почвах и грунтах (380 мг/кг) и аномальные его содержания на конусах выноса Кармазарсая и в урочищах Беномозбола и Дашта соответственно 2000 мг/кг; 1200 мг/кг и 1300 мг/кг в пробах № 321, 328 и 329. Кс составил 3,45, 2,07 и 2,21. Фон по меди и никелю составил в почвах и грунтах на этом же участке 37,7 и 15,7 мг/кг с отклонением от фона в 1,8. Для мышьяка отклонение от фона (5,8 мг/кг) достигает 3,77. Содержание ртути составило у к. Ошоба и к. Саркамыш (пробы №№ 228, 290) 38 и 46 мг/кг при коэффициенте концентрации – до 12,8. Это в 10÷12 раз превышает фон. В большинстве случаев концентрации ртути и мышьяка в водах, почвах и грунтах находятся за пределами чувствительности анализа, но в отдельных пробах превышают фон в 3÷84 раза (на левом берегу у г. Худжанда, проба № 400 и в к. Самгар).

При геоэкологическом картографировании по содержанию тяжелых металлов в водах, почвах и грунтах и по степени их опасности для здоровья населения установлено, что большая часть опасных участков находится на правом берегу р. Сырдарьи (Рис. 1). В то же время, в Дальварзинской степи на левобережье Сырдарьи концентрации металлов в почвах, водах и растениях не превышают фона.

Ареалы и потоки загрязняющих веществ формируются на участках: а) выпадения газопылевых выбросов предприятий, энергетических установок и транспорта; б) инфильтрации различных загрязненных сточных вод; в) скоплений крупнотоннажных твердых и жидких отходов производства и потребления; г) вокруг

плохо оборудованных складов средств химизации сельского хозяйства; д) вокруг различных источников загрязнения. Выявлены такие загрязняющие органические вещества, как фенолы, нефтепродукты, пестициды и синтетически активные вещества. Стрелками на карте показано направление миграции загрязняющих веществ. Таким образом, построенная нами схематическая гидрогеоэкологическая карта таджикской территории Сырдарьинского макробассейна стока представляет собой объемную модель, отражающую картину развития процессов техногенеза в гидросфере региона.

В основе оценки состояния природных вод нами положен принцип оценочного картографирования с применением интегральных показателей с использованием следующих: показатели выстраиваются в порядке уменьшения экологических эффектов; смежные показатели оцениваются экспертным путем; ситуация характеризуется по средним баллам.

В работе выделено 5 групп показателей: 1) опасные для человека; 2) угрожающие его гибели; 3) загрязняющие и истощающие водные ресурсы; 4) опасные для сооружений и зданий; 5) ухудшающие экологическую ситуацию. Первая группа имеет высокие баллы, и показатели выстроены в ряд по уменьшению воздействия: загрязнение природных вод, почв, донных осадков, пород зоны аэрации и защищенность или устойчивость природных вод к загрязнению.

Опасность представляют так же землетрясения, сели, оползни и обвалы и истощение водных ресурсов. Разрушению зданий и сооружений угрожают просадочные и карстово-суффозионные явления, а так же подтопление, засоление почв, оврагообразование, термокарст, речная эрозия, дефляция, плоскостной смыв.

При оценке состояния гидросферы учитывается каждый компонент ОС, включая литогенную основу, почвы, ландшафт, атмосферу, растительный и животный мир.

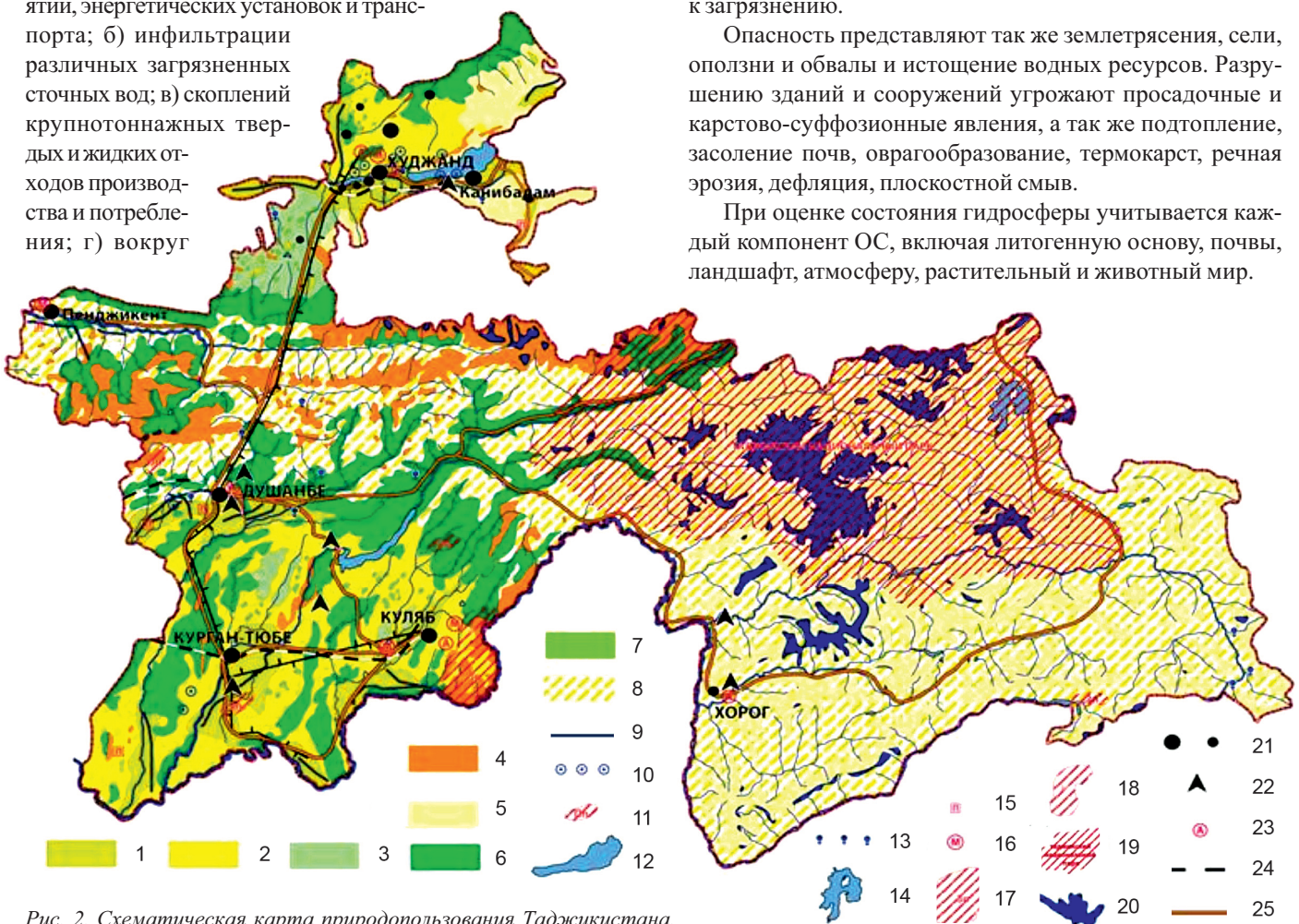


Рис. 2. Схематическая карта природопользования Таджикистана.

1 – орошаемые земли, 2 – фрагментарное земледелие, 3 – богарное земледелие, 4 – пастбища, 5 – фрагментарные пастбища, 6 – леса, 7 – сады, 8 – неиспользуемые земли, 9 – оросительные каналы, 10 – насосные станции, 11 – памятник природы, 12 – водохранилище, 13 – источники минеральных вод, 14 – озера, 15 – памятники, 16 – музеи, 17 – заповедники, 18 – заказники, 19 – национальный парк, 20 – ледники, 21 – промышленные центры, 22 – гидроэлектростанции, 23 – аэропорты, 24 – железные дороги, 25 – автомобильные дороги.

В предгорьях линзы глинистых отложений препятствуют инфильтрации, формируя подпоры и изменяя направление водных потоков. Межгорные и речные долины выполнены аллювиальными и пролювиально-делювиальными отложениями, содержащими прослойки галечников и песков. По ложкам сформировался так называемый ложковый аллювий. Техногенные процессы трансформируют их воды в непригодные для водоснабжения за счет повышенных концентраций солей и тяжелых металлов. На равнинах в водах появляются пестициды, нефтепродукты, радионуклиды.

Текущая техногенная нагрузка на горных предприятиях оценивается по показателям добычи полезных ископаемых, площади нарушенных земель, обводненности и ареалов загрязнения. Учитывается количество откачиваемой воды на 1 т руды, фонд горных выработок и их глубины.

Месторождение оценивается средним баллом, а при наличии радиоактивных и токсичных элементов (Hg, Sb, Pb.) добавляется 0,5 балла из-за их повышенного негативного воздействия.

Источники загрязнения природных вод разделены на четыре группы по степени воздействия в баллах: слабое – ≤ 1 , среднее – $1 \div 2$, высокое – $2 \div 3$ и очень высокое – ≥ 3 -х. Составлена схематическая карта природопользования с источниками загрязнения Таджикистана, отражающая степень их воздействия на ОС (Рис. 2).

Построенные модели и выполненная оценка техногенной трансформации природных вод позволили на основе системы мониторинга и современных технологий разработать мероприятия по совершенствованию водопользования и защите вод от загрязнения и истощения, что открывает возможности улучшить обеспеченность энергетики, промышленности и сельского хозяйства водой, а население – водами питьевого качества, резко снизив его заболеваемость и смертность.

Программа дальнейших работ:

1. При перспективном планировании производительных сил Таджикистана размещать объекты с учетом уязвимости природных вод и ОС к техногенному воздействию и оценки эколого-экономической ситуации.

2. Организовать опытно-методические работы на наиболее загрязненных участках урбанизированных территорий для уточнения связей между содержанием тяжелых металлов в водах, почвах и культурных растениях.

3. Детально изучить техногенную нагрузку на природные воды на горнодобывающих и других предприятиях, которые являются источниками их загрязнения.

4. Построить серию гидрогеоэкологических карт масштаба от 1:200000 до 1:50000 на урбанизированных территориях для обоснования перспектив развития водопользования в республике. На основе этих карт разработать геолого-геофизические модели и систему мониторинга с целью прогноза процессов техногенной трансформации природных вод, опираясь на сотрудничество и НТР других стран.

5. Организовать зоны санитарной охраны и создать на водохозяйственных объектах защитные комплексные гидродинамические и геохимические барьеры. Научно обосновывать новые производственные проекты, превратив систему мониторинга в инструмент нормирования техногенной нагрузки. Повысить уровень образования в об-

ласти прикладных и фундаментальных водных проблем и охраны ОС, чтобы обеспечить переход Таджикистана на модель устойчивого развития.

6. Правительством Таджикистана до 2020 г. принята программа освоения ресурсов подземных вод. Подземные воды республики изучены на 49 расчетных участках. Воды, формирующиеся в четвертичных пролювиально-аллювиальных образованиях долин рек и саев, залегают на глубинах 1–30 м. Скважины дают до 20 л/с пресных вод, а в Сардобской впадине до 72 л/с. Практическое значение имеют и отложения конусов выноса рек. Мощность водоносных отложений составляет 50–250 м при коэффициенте фильтрации $2 \div 100$ м/сут. Бассейновый анализ территории позволил оценить естественные ресурсы подземных вод в 45,1 млн. м³/сут. или 522 м³/сек, что позволяет на порядок увеличить их эксплуатационные ресурсы.

7. Для защиты от загрязнения вод питьевого качества рекомендуется использовать гидродинамические и геохимические барьеры в бортовых частях речных долин и межгорных впадин, а так же на конусах выноса. Для их создания можно использовать местные известняки, доломиты, мергели, песчаники.

Литература

Борисова Е. Таджикистан – Узбекистан: борьба за водные ресурсы. *Россия и мусульманский мир*. №10. 2011. С.98-107.

Берлянт А.М. Использование ГИС-технологий в мониторинге водных объектов и водосборных территорий. М.: ГЦВМ. 1998.180-208 с.

Гаев А.Я., Саидова Д.Н., Рахимов А.И. Результаты изучения качества природных вод Таджикистана. *Вода: химия и экология*. № 5. 2012. 109-113. URL: <http://watchemec.ru/article/24646>.

Рахимов А.И. Гидролого-гидрогеологическое районирование территории Республики Таджикистан по бассейновому принципу. *Вестник педагогического университета*. Изд. Тадж. гос. университета им. Садриддина Айни. Душанбе. №(45). 2012. С.210-213.

Рахимов А.И. Инновационно-геоэкологические проблемы использование водных ресурсов в Таджикистане. Худжанд: Издательство «Меъроч». 2013. 128 с.

Рахимов А.И. Научные основы рационального использования водных ресурсов Центральной Азии. Худжанд: Изд-во «Меъроч». 2012. 136 с.

A.I. Rahimov. Analysis and hydrogeoeological assessment of formation of surface runoff of Tajikistan

In the paper we use the basin principle of the hydrosphere study of Tajikistan, which allows us to comprehensively examine all elements of the water balance. In assessing the hydrogeoeological situation we used methods of typing and mapping of the territory with the construction of hydrogeoeological schematic maps. The results of the conducted calculations of areas with different amounts of precipitation were described on meso-basins of runoff and modules of runoff of relevant meso-basins within the Syrdarya and Amudarya makro-basins of runoff.

Keywords: hydrogeoeological situation, hydrogeoeological evaluation, surface runoff, zoning, water, meso- & macro-catchment area.

Абдулфаттох Ибрагимович Рахимов

Канд. пед. наук, проректор по учебной работе Худжандского государственного университета имени академика Б. Гафурова.

735700, Республика Таджикистан, Согдийская область, г. Худжанд, Проезд Мавлонбекова, 1. Тел.: (+9923422)651-37.