

УДК 556.3

О ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОБЛЕМАХ НА ПРИМЕРЕ ОРЕНБУРЖЬЯ

© 2017 г. А.Я. Гаев^{1,2}, Е.Б. Савилова², Ю.А. Килин³, И.Н. Алферов²,
О.Н. Маликова⁴

¹ ФГБУН «Оренбургский научный центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Оренбург, Россия

² Институт экологических проблем гидросферы, г. Оренбург, Россия

³ ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», г. Пермь, Россия

⁴ ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень, Россия

Ключевые слова: гидрогеология, подземные воды, аллювиальный водоносный горизонт, загрязнение водоемов, геохимические и гидродинамические барьеры, Оренбургская область.

Показана взаимосвязь водохозяйственных проблем с состоянием лесистости региона и необходимость проведения лесомелиоративных работ и мероприятий по защите вод от загрязнения и истощения на основе применения современных технологий. Опробовано 337 водозаборных скважин, расположенных преимущественно в приречных зонах, где сосредоточены основные ресурсы пресных вод. Объектом исследований служит зона активного водообмена гидросферы региона с макро- и мезобассейнами водного стока. Установлено, что возрастающие масштабы проявления процессов техногенеза обуславливают негативные геодинамические явления, нарастающие стихийные бедствия и опасные риски.

Обоснованы и разработаны мероприятия по минимизации и предотвращению негативных геодинамических процессов. Используются методы оценки процессов формирования подземных вод, а также лабораторные, расчетно-графические и экспериментальные методы. Обобщена геолого-геофизическая и гидрогеологическая информация с физико-химическими анализами проб природных и сточных вод (> 2000 проб). Исследованы случаи техногенного нарушения равновесно-неравновесной системы вода–порода–газ–живое вещество. Сделаны выводы о том, что для сохранения водных ресурсов необходимо прекратить в поймах рек вырубку лесов, распашку земель, строительство плотин и любое другое строительство, кроме водоохранного. Для защиты водных ресурсов от загрязнения и очистки вод рекомендовано внедрять барьерные технологии.

В рамках проведенного исследования водохозяйственные проблемы Оренбуржья по В.И. Вернадскому рассматриваются через призму биосферы [1]. Это особенно актуально в связи с ростом количества аварий и катастроф, вызванных влиянием негативных геодинамических процессов [2].

Вместе с данной тенденцией в Оренбуржье усилились процессы загрязнения и истощения природных вод, подтопления и затопления обширных территорий. Катастрофические наводнения на Урале по негативным последствиям не уступают тайфунам в Америке, Африке, Австралии, Западной Европе, на Дальнем Востоке и т. д. Риски этих событий напрямую связаны с негативными геодинамическими процессами, обусловленными не только стихией, но и нерациональным природопользованием. В последнее время в бассейне маловодного Урала участились наводнения с затоплением и подтоплением больших территорий, возросла степень неравномерности водного стока, усилились процессы эрозии и загрязнения окружающей среды. Вследствие этого значительно возросла актуальность решения водохозяйственных проблем на территории Оренбургской области.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ОРЕНБУРЖЬЯ

В бассейне р. Урал функционирует три крупных водохранилища, но высокая испаряемость, превышающая количество осадков, усиливает процессы истощения и загрязнения природных вод. В настоящее время все водоемы и большинство водозаборов подземных вод Оренбуржья не соответствуют санитарным требованиям [3–7]. Область относится к территориям с полуаридным климатом, в которых значения количества осадков и испарения варьируют в многолетнем плане.

К сожалению, в настоящее время даже в научных кругах нет понимания, что уровень угроз биосфере возрос до весьма опасного состояния и происходящие все чаще чрезвычайные события в природном комплексе напрямую связаны с природопользованием, нарушающим хрупкие равновесные ситуации в биосфере и гидросфере. Мощным фактором нарушения равновесия гидросферы являются геологические процессы, порожденные производственной деятельностью человека и называемые техногенезом [8]. В ходе проведенного исследования эти процессы проанализированы на примере лесостепных и степных районов с полуаридным климатом, где истребление лесов усиливает истощение водных ресурсов и обмеление рек. Растет неравномерность водного стока и возрастают риски негативных геодинамических процессов с затоплением и подтоплением обширных территорий.

Территория Оренбуржья в гидрогеологическом отношении на западе приурочена к Волго-Камскому артезианскому бассейну с многочисленными месторождениями нефти и газа. На востоке в Уральской гидрогеологической складчатой области разрабатываются рудные месторождения, каменный и бурый уголь, строительные материалы и пр. С разработкой ресурсов недр тесно связаны особенности трансформации биосферы и гидросферы. За последние 300 лет лесистость территории уменьшилась почти в 10 раз,

значительно увеличились площади нарушенных земель с отвалами горных пород и некондиционных руд. Разрушительная деятельность поверхностных водотоков усилила негативные геодинамические процессы: снизилась пористость и водонасыщенность грунтов в зоне аэрации, изменились элементы водного баланса территории, выросла неравномерность водного стока. Так, в г. Оренбурге среднегодовое количество осадков варьирует от 464 мм в 2001 г. до 332 мм в 2002 г. Самое большое количество осадков установлено в июне (61 мм), самое малое – в августе (13,1 мм).

По причине более высокого качества подземных вод, чем вод поверхностных водоемов, уже в советский период было решено перевести хозяйственно-питьевое водоснабжение в Оренбуржье на подземные воды. На 88,8 % это уже реализовано, преимущественно за счет аллювиального водоносного горизонта [4, 5]. Однако г. Ясный, пос. Энергетик и другие населенные пункты до сих пор снабжаются поверхностными водами низкого качества. Крупнейшее на Урале Ириклинское водохранилище аккумулирует более 3 км³ воды, три четверти которой (80 м³/с) расходуется на охлаждение агрегатов Ириклинской ГРЭС, а 9 тыс. м³/сут – на водоснабжение пос. Энергетик и ГРЭС с хлорированием и очисткой сернокислым алюминием. В воде образуются токсичные хлорорганические и ферросоединения, выпадающие в осадок в водоводах и вызывающие рост заболеваемости населения.

До 2/3 территории Оренбургской области приурочено к бассейну р. Урал, на северо-западе расположен Волжский бассейн, на востоке – небольшие участки бассейна р. Тобол и область внутреннего стока с озерами Шелкар-Ега-Кара, Жетыколь и др. (рис. 1). На равнинах мощность аллювиального водоносного горизонта больше, чем в горно-складчатых районах. Здесь аллювиальный горизонт питается за счет трещинных вод коры выветривания, трещинно-жильных вод зон тектонических нарушений и трещинно-карстовых вод. Все эти воды не защищены от воздействия горнодобывающих, энергетических, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, транспортных, гидротехнических, селитебных источников воздействия.

На химический состав вод влияет растворение сульфатно-галогенных пород, вынос на поверхность минерализованных вод, ореолы рассеяния рудных минералов и некондиционных вод [3, 9–11]. При урбанизации территории воды загрязняются Cl⁻, SO₄²⁻, NO³⁻, Na⁺ и другими компонентами. За последние полвека в бассейне р. Урал отмечены тенденции роста неравномерности стока, ухудшения качества воды водозаборов и водоемов, сокращения рыбных ресурсов, роста заиления водоемов.



Рис. 1. Бассейны стока Оренбургской области: А – мезобассейны Волжского макробассейна; Б – Уральский макробассейн; В – Тобольский мезобассейн Обь-Иртышского макробассейна; Г – область внутреннего стока (бессточная область). Мезобассейны Уральского макробассейна стока первого порядка: Чаганский (I); Иртекский (II); Кинделинский (III); Илекский (IV), мезобассейн второго порядка – Малоходбинский (IV-1); V – микро- и мезобассейны стока временных пересыхающих водотоков; VI – Сакмарский (мезобассейны второго порядка – Каргалкинский (VI-1); Салмышский (VI-2); Большекинешельский (VI-3); Касмаркский (VI-4); Зилаирский (VI-5); Баракальский (VI-6); Крепостно-Зилаирский (VI-7); Верхнесакмарский (VI-8); Кураганский (VI-9)); VII – Губерлинский; VIII – Таналыкский; IX – Уртазымский; X – Больше-Кизильский; XI – Янгельский; XII – Малокизильский; XIII – Верхне-Уральский; XIV – Гумбейский; XV – Зингейский; XVI – Большекараганский; XVII – Суундукский; XVIII – Большекумакский (мезобассейны второго порядка: Жарлыкский (XVIII-1); Кумакский (XVIII-2)); XIX – Орский.

Основные причины усиления негативных геодинамических процессов обусловлены:

- распашкой земель в поймах рек, что еще в 1940-е годы считалось недопустимым;
- широкими масштабами строительства для летнего водопоя скота временных земляных плотин на малых водотоках, размываемых в паводок;
- вырубкой и выжиганием лесов и кустарников.

Указанные тенденции трансформации биосферы и гидросферы Оренбуржья прослежены В.Н. Татищевым, П.И. Рычковым, С.Т. Аксаковым и

другими исследователями, которые предлагали законодательно запретить вырубку лесов [12]. Со времен Петра I И.Т. Посошков и В.Н. Татищев ратовали об охране и рациональном использовании лесных ресурсов [13]. М.В. Ломоносов в письме «Мнение о учреждении государственной коллегии» (1760 г.) поднимал вопрос о лесах, о связи леса и воды. К этой проблеме возвращаются экспедиции К.Э. фон Бэра и П.И. Кёппенена в Верхнем Поволжье (1837–1840 гг.) [13], обратившие внимание на обмеление Волги и истощение родников в связи с вырубкой лесов. Экспедиция И.К. Кирилова в 1736 г., по свидетельству П.И. Рычкова, сплавлялась по Уралу на пароходах до г. Орска. Однако пароходы не ходили уже в середине XVIII в., когда леса по берегам р. Урал вырубали, а многочисленный маломерный флот использовался на реке до 1980-х годов.

Негативные геодинамические процессы нарастают в течение последних 300 лет. В настоящее время в бассейне Верхней Волги отмечается дальнейшее усиление неравномерности водного стока в связи с уменьшением лесистости [14]. Доказано, что на формирование паводка влияет и состояние лесной растительности [15]. Вырубки лесов активизируют паводки, ситуация на реках, как и леса, восстанавливается через 15–30 лет, но и после этого возрастает частота паводков.

Эти процессы протекают в масштабах всей планеты, поскольку ежегодно теряется более миллиона гектаров лесов, от вырубки которых в зоне аэрации уплотняются грунты при отмирании и гниении корней растений. С уплотнением грунтов снижаются объемы коллекторов в зоне активного водообмена и подземная составляющая водного стока, нарушается водный баланс территории. Поверхностный сток возрастает в несколько раз за счет падения подземного стока. Водные потоки становятся кратковременными и разрушительными, порождая негативные геодинамические процессы. Это свидетельствует о необходимости и неотложности принятия мер по лесомелиорации, как одному из важнейших мероприятий охраны водных ресурсов и окружающей среды.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СТАБИЛИЗАЦИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИТУАЦИИ

Мнение ученых (Ф.Н. Милькова и др.) о связи устойчивости водного режима в степных и лесостепных районах с лесистостью и урожайностью полей было услышано Правительством СССР, когда в тяжелые послевоенные годы осуществлялись широкомасштабные посадки лесов с созданием, в частности, лесополосы гора Вишневая – Каспийское море. Это позволило улучшить водохозяйственную ситуацию и продуктивность сельхозугодий.

К сожалению, нередко принимаются необоснованные дорогостоящие решения о чистке русел рек, укреплении берегов, строительстве защитных дамб

от наводнений без лесомелиоративных работ. Между тем, одной из причин наводнений являются негативные процессы геологической среды, вызванные уничтожением лесов. Оренбургская область является горнодобывающей территорией, и на ее просторах десятки тысяч гектаров земель заняты обработанными карьерами и отвалами пустых пород и некондиционных руд. Во многих из этих карьеров устроены несанкционированные свалки, которые стали очагами загрязнения природных вод и окружающей среды. Там, где леса сохранились, водный баланс более стабильный, с долей инфильтрационных подземных вод выше по сравнению с нарушенными землями.

Лесонасаждение в России развивалось с конца XIX в. Сегодня необходимо возобновить широкомасштабные лесопосадки, прежде всего, по долинам крупных рек и на неудобьях. Следует в законодательном порядке запретить распашку земель в поймах рек, строительство временных земляных плотин для водопоя скота, это позволит снизить интенсивность негативных процессов. Необходимо приступить к капитальному строительству плотин на малых реках, чтобы наряду с водохозяйственными задачами решать вопросы малой энергетики и развития рыбного хозяйства. Только в комплексе с лесопосадками и гидротехническим строительством следует осуществлять мероприятия по очистке речных русел и укреплению берегов: без комплексирования эти работы не будут эффективными. Об этом свидетельствует печальный опыт очистки р. Урал в Оренбурге и р. Елшанки у г. Орска.

Лесопосадки – наиболее эффективная мера предотвращения негативных геодинамических процессов. В поймах рек влажность грунтов и почв повышена, происходит самосев деревьев и кустарников, но для сохранения леса необходимо законодательно строго регламентировать здесь систему природопользования и любое строительство, кроме водоохранного. Капитальное гидротехническое строительство позволит полностью отказаться от временных земляных плотин для водопоя скота в летний период, а с лесопосадками обеспечит снижение интенсивности негативных геодинамических процессов. Необходимо выполнить ревизию состояния территорий, зафиксировать все источники техногенного воздействия на природный комплекс, а также некондиционные воды, нарушенные земли и не законсервированные должным образом горные выработки.

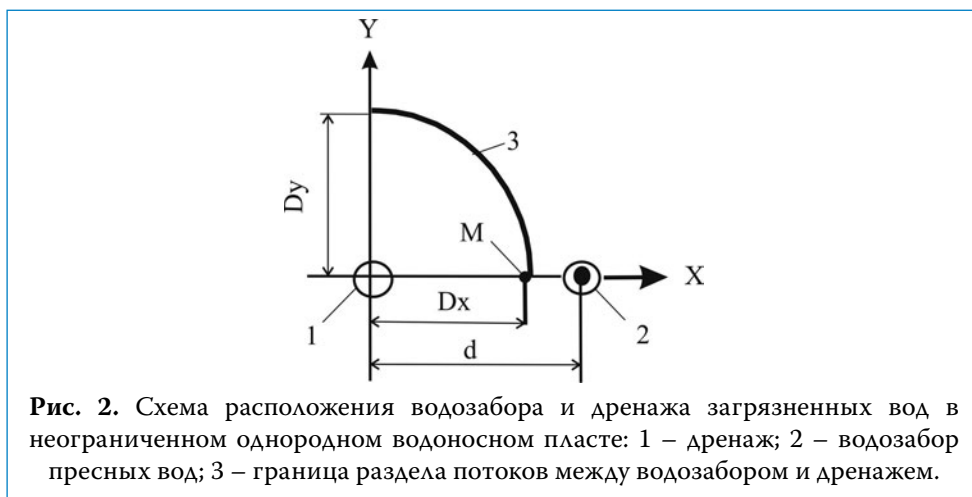
Новые барьерные технологии защиты водных ресурсов от загрязнения

Широкое развитие процессов загрязнения поверхностных и подземных вод требует инженерных методов защиты водных ресурсов, наиболее эффективными из которых являются барьерные технологии. Технологии комплексных барьеров защиты водных ресурсов от загрязнения разработаны в Оренбургском госуниверситете в развитие идей А.И. Перельмана и В.Д. Бабушкина [9, 10, 17–22]. Гидродинамический барьер создается между

фронтом, разделяющим пресные (чистые) и загрязненные воды. При их одновременной откачке между водозабором и дренажем формируется гибкий непроницаемый барьер [9], препятствующий поступлению загрязненных вод в водозабор (рис. 2). Барьер формируется в зоне пресных вод. В случае безграничного водоносного пласта положение фронта определяется следующим уравнением:

$$-Q_g \operatorname{arctg} \frac{y}{x} + Q_b \operatorname{arctg} \frac{y}{d-x} = 0, \quad (1)$$

где x, y – координаты точки, лежащей на линии раздела потоков;
 d – расстояние между водозабором пресных вод и дренажем;
 Q_b и Q_g – дебиты водозабора и дренажа.



Решение уравнения (1) предполагает, что на линии, параллельной оси y подбирается значение $y = y_0$ с точкой при $x = a$. Если решение уравнения (1) приближается к нулю, то x_0 определяется по формуле (2):

$$x_0 = \frac{Q_g \cdot d}{Q_g - Q_b}, \quad (2)$$

где x_0 – точка на оси x со скоростью фильтрации равной нулю.

Отношение Q_b/Q_g возрастает при увеличении производительности водозабора, о чем свидетельствует численное решение формулы (2). При этом граница фронта перемещается к загрязненным водам: при $Q_b/Q_g = 1$ расстояние фронта до водозабора составит $0,09 d$, а при $Q_b/Q_g = 2,0$ – $0,66 d$, т. е. почти в шесть раз больше. Максимальное значение этого отношения, по В.Д. Бабушкину [9], составит:

$$\frac{Q_b}{Q_g} < \frac{1 - \eta_x/d}{\eta_x/d} \mu, \quad (3)$$

где η_x – ордината точки пересечения границы раздела потоков с осью x при совпадении границы раздела потоков с границей загрязненных вод.

С ростом производительности водозабора фронт перемещается к дренажу, возрастают угрозы загрязнения вод и растут потери пресных вод от смешения их с загрязненными водами. Необходимо следить за фронтом загрязненных вод перед барьером и моделировать изменение качества вод водозабора во времени (рис. 3), уточняя гидрогеологические условия при опытной откачке. Система мониторинга за водозабором и барьером должна функционировать длительное время.

В развитие барьерных идей разрабатываются технологии для различных вариантов поступления загрязняющих веществ в водные объекты, очистки почв и грунтов [11, 21, 22] от источников загрязнения, расположенных:

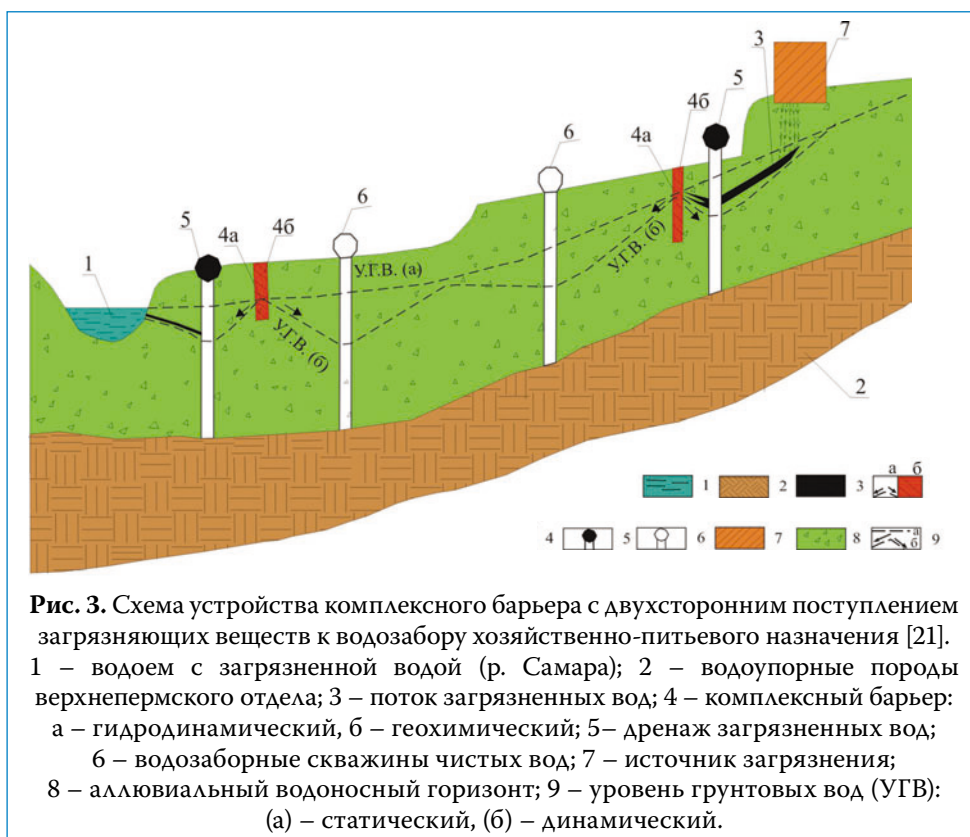
- на склоне речной долины;
- со стороны водоема выше по течению реки;
- с обеих сторон одновременно. Этот вариант является более сложным и требует создания барьеров с двух сторон (рис. 3).

Наибольший эффект дает экранирование загрязняющих веществ непосредственно у их источников. На водосборе экран создается в виде стенки из глинобетона, цементной завесы или по индивидуальной технологии. Барьер у водоема может задерживать загрязняющие вещества, но быть проницаемым для воды. Гидродинамические барьеры создаются так, чтобы фронт раздела потоков находился в зоне пресных вод.

Откачиваемые загрязненные воды утилизируются в технических и сельскохозяйственных целях, что особенно важно для предприятий, построенных в 1930–1950-е годы. Их загрязненные воды уже проникли в аллювиальные отложения пойм рек и за 1 год мигрируют на сотни метров [9, 10, 23, 24]:

$$X_2 = \frac{V_{C2} \cdot t}{n_4}, \quad (4)$$

где $V_{C2} = I_2 \cdot \kappa_4$, I_2 – гидравлический градиент в аллювиальном водоносном горизонте; κ_4 – коэффициент фильтрации аллювия; n – пористость пород; t – время продвижения загрязненных вод по водоносному горизонту. Расчеты показывают, что даже при соблюдении санитарно-защитных зон загрязненные воды пропитывают геологическую среду за 75 лет практически до русел рек. Таким образом, для этих предприятий запас экологической емкости геологической среды практически исчерпан.



В горнодобывающих районах загрязнение атмосферы и почв только за счет пыления отвалов происходит в радиусе до 25 км и более. Отвалы в старых горнодобывающих районах занимают огромные площади, поставляя в водоемы и окружающую среду сотни тонн загрязняющих веществ, включая тяжелые металлы. Для таких крупных предприятий, как Гайский ГОК, разработаны барьерные технологии как способы и устройства по локализации хвостохранилищ и накопителей отходов в виде покрытий отвалов глинистыми грунтами, увлажнения их поверхности, закрепления грунтов арланской нефтью и спецвеществами. Пылеподавление производится сульфатной бардой, но она не снижает инфильтрацию осадков в водоносный горизонт. Инфильтрация уменьшается при защите отвалов глинистыми грунтами, откосов – полимерными пленками (механическими барьерами), обеспечивающими защиту от эрозии. Разработана технология создания специального физического барьера, состоящего из слоя почвы, барьерного и подготовительного слоев. Устойчивость почвенного слоя к водной и ветровой эрозии достигается посевом многолетних трав.

Глинистое покрытие препятствует инфильтрации атмосферных осадков [9, 10]. Для вододефицитных районов гидроизоляция достигается слоем глин мощностью в 30–50 см. При гумидном климате для гидроизоляции применяют геомембраны и искусственные материалы.

На Гайском ГОКе и в районе Орского нефтеперерабатывающего завода внедрены в производство комплексные природно-техногенные и техногенно-природные барьеры. Волго-УралНИПИгазом в бассейне р. Салмыш для локализации нефтяного разлива использован оригинальный вариант такого барьера.

Для защиты природных вод от загрязнения рекомендуется оптимально использовать экологическую емкость местных горных пород, а очищенные воды применять в системах оборотного водоснабжения предприятий и на сельскохозяйственных полях орошения. При использовании комплексных барьеров для очистки загрязненных сточных вод следует применять неорганические коагулянты и полимерные флокулянты [9]. Комплексные барьеры имеют большие преимущества по сравнению с другими способами, поскольку обеспечивают значительную экономию производственных площадей, материальных и финансовых ресурсов. При этом из технологии исключаются реакции нитрификации органического азота и удаления осадков.

Идет поиск новых коагулянтов, уже применяются смеси солей с полимерами и нейтральными полиакриламидами [9, 10]. В отечественной и зарубежной практике получены более эффективные, чем квасцы и хлориды железа, коагулянты, обеспечивающие очистку сточных вод до 99,9 %.

Устройства, сочетающие гидродинамические и геохимические барьеры, пока не имеют аналогов в отечественной и зарубежной практике. Между тем, новые барьерные технологии защиты водных ресурсов от загрязнения экономически и экологически эффективны.

ВЫВОДЫ

Возрастающие масштабы проявления процессов техногенеза и негативных геодинамических процессов с нарастающими стихийными бедствиями нарушают хрупкое равновесие в природном комплексе, включая систему вода–порода–газ–живое вещество. В этой ситуации лесомелиоративные работы и разработка мероприятий по минимизации и предотвращению негативных геодинамических процессов приобретают исключительную актуальность. Чтобы устранить опасные риски, необходимо на государственном и планетарном уровне приступить к лесопосадкам и лесосбережению на урбанизированных территориях, наиболее уязвимых к техногенному воздействию. Следует законодательно регламентировать использование природных ресурсов в поймах рек, экономически стимулировать здесь производство лесомелиоративных работ, запретив вырубку ле-

сов, распашку земель, строительство временных земляных плотин и любое другое строительство, кроме водоохранного.

Для защиты водных ресурсов от загрязнения рекомендуется широко внедрять в водохозяйственную практику различные барьерные технологии, исходя из конкретных геолого-географических условий территории. Это позволит не только защитить ресурсы пресных вод от загрязнения, но и усилить эффективность очистки загрязненных вод за счет процессов самоочищения. В барьерных технологиях следует шире использовать физико-химическую активность горных пород и геохимическую емкость геологической среды, а также новейшие коагулянты и флокулянты, что обеспечит значительную экономию материальных, финансовых средств, производственных площадей и предотвратит нитрификацию органического азота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вернадский В.И. История природных вод / под ред. С.А. Шварцева, Ф.Т. Яншиной. М.: Наука, 2003. 750 с.
2. Осипов В.И. Опасные природные процессы – стратегические риски России. Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. № 68. М.: ГЕОС, 2008. С. 5–9.
3. Аналитический обзор состояния недр территории Оренбургской области за 2010–2014 гг. Вып. 2. ВОТЕМИРО. Оренбург, 2015.
4. Информационные бюллетени о состоянии геологической среды на территории Оренбургской области в 1997–2010 гг. Оренбург. ОАО «Вотемиро», 1997–2010.
5. Информационные бюллетени. О состоянии поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории Оренбургской области / Изд-во Правительства Оренбургской обл., Оренбург, 2008–2011.
6. Лобковский Л.И. Современные проблемы геотектоники и геодинамики / Л.И. Лобковский, А.М. Никишин, В.Е. Хаин; под общ. ред. В.Е. Хаина. М.: Научный мир, 2004. 612 с.
7. Gayev A.Ya., Kilin Yu.A. Endogeneita di idrogeologia e silicato carsten. Italian Sciences Review. 2015. Vol. 2 (23) P. 13–17.
8. Ферсман А.Е. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1955. Т. 3. 798 с., Т.4. 588 с.
9. Бабушкин В.Д., Гаев А.Я., Гацков В.Г. и др. Научно-методические основы защиты от загрязнения водозаборов хозяйственно-питьевого назначения / Перм. ун-т. Пермь. 2003. 264 с.
10. Гаев А.Я. Гидрогеохимия Урала и вопросы охраны подземных вод. Свердловск: УРГУ, 1989. 368 с.
11. Гаев А.Я., Алферов И.Н., Гацков В.Г., Клейменова И.Е., Нагорнов В.П., Беликова Н.Г., Малкин А.В., Пампушка А.М., Якшина Т.И., Алферова Н.С., Саидова Д.Н. Экологические основы водохозяйственной деятельности. Оренбург. 2007. 327 с.
12. Чибилев А.А. Бассейн Урала: история, география, экология. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 312 с.
13. Лоскутова М.В. «Влияние лесов на обмеление рек есть только недоказанная гипотеза»: прикладная наука и государственная политика по управлению лесным хозяйством Российской империи второй четверти XIX века // Историко-биологические исследования. 2012. Т. 4. № 1. С. 9–32.

14. Мухамедшин К.Д. Влияние сплошных концентрированных рубок на водоохранно-защитные функции лесов Ветлужско-Унженской равнины // Лесной вестник. 2003. № 3. С. 85–93.
15. Кожевникова Н.К. Водный режим горных лесных бассейнов в период циклонической активности // Вестник КрасГАУ. 2008. № 6. С. 70–79.
16. Стоящева Н.В. Лесные насаждения как фактор устойчивого речного стока в бассейне реки Алей // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Т. 12. № 1. С. 897–900.
17. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия: учеб. М.: Логос, 2000. 627 с.
18. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1989. 528 с.
19. Гаев А.Я., Алферов И.Н., Лихненко Е.В., Локоткова Н.С. / Патент № 47914 РФ. Установка совмещенного вертикального и горизонтального дренажа при локализации загрязненных флюидов. Заяв. 30.05.2005. Оpubл.: Бюл. № 25. 10.09.05. Приоритет 30.05.2005.
20. Гаев А.Я., Алферов И.Н., Лихненко Е.В., Локоткова Н.С. / Патент № 55382 РФ. Устройство барьерного типа перед водозабором подземных вод. Заявл. 17.11.2005. Оpubл.: Бюл. № 22. 10.08.06. Приоритет 17.11.2005.
21. Гаев А.Я. Кузнецова Е.В., Алферов И.Н., Фоминых А.А., Почечун В.А. / Патент № 2289658 РФ. /Способ локализации загрязнений при эксплуатации водозаборов хозяйственно-питьевого назначения. Заявл. 11.10.2004. Оpubл.: Бюл. № 35. 20.12.06. Приоритет. 11.10.2004.
22. Клейменова И.Е., Беликова Н.Г., Гаев А.Я. / Патент 66702 РФ. Система для очистки загрязненного нефтью или нефтепродуктом грунта. Заявл. 02.05.2007. Оpubл.: Бюл. № 27. 27.09.07 Приоритет 02.05. 2007.
23. Шестаков В.М. Основы гидрогеологических расчетов при фильтрации из хранилища промстоков. М.: Водгео, 1961 г. 100 с.
24. Шестаков В.М. Динамика подземных вод. М.: МГУ, 1979. 368 с.

Сведения об авторах:

Гаев Аркадий Яковлевич, д-р геол.-минерал. наук, профессор, ФГБУН «Оренбургский научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ОНЦ УрО РАН), директор Института экологических проблем гидросферы при ОГУ, Россия, 460018, г. Оренбург, ул. Терешковой, 10, кв. 42; e-mail: gayev@mail.ru

Савилова Елена Борисовна, аспирант, кафедра геологии, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» (ОГУ), Россия, 460018, г. Оренбург, пр. Победы, 18; e-mail: savilova-2006@yandex.ru

Килин Юрий Афонасьевич, канд. геол.-минерал. наук, доцент, кафедра динамической геологии и гидрогеологии, ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»; e-mail: yuakilin@mail.ru

Алферов Иван Николаевич, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, Институт экологических проблем гидросферы при ОГУ, Россия, 460018, г. Оренбург, пр. Победы, 18; e-mail: alferof_ivan@mail.ru

Маликова Ольга Николаевна, канд. геол.-минерал. наук, доцент, кафедра прикладной механики, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень, Россия, Россия, 625027, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 72; e-mail: kuzional@rambler.ru