

Санкт-Петербургский государственный университет
Институт наук о Земле

Е.П. Каюкова

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ
ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ

Учебное пособие

Санкт-Петербург
2023

УДК 55; 504; 574

Рецензенты

канд. геол.-минер. наук Т.А. Барабошкина
канд. геол.-минер. наук П.С. Зеленковский

Рекомендовано к печати

*Ученым советом Института наук о Земле
Санкт-Петербургского государственного университета*

Каюкова Е.П.

Экологические функции подземной гидросферы: Учебно-метод. пособие / Е.П. Каюкова – СПб.: С.-Петерб. ун-т, 2022. – 21 с.

ISBN 978-5-00105-827-4

В учебном пособии даны основные понятия и определение науки «Экологическая гидрогеология». Излагаются исторические предпосылки возникновения экологической гидрогеологии, объект исследования и предмет изучения. Описаны основные экологические функции подземной гидросферы.

Учебное пособие к курсу «Экологическая гидрогеология» предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Геология» (квалификация «бакалавр»).

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития гидрогеолог должен заниматься экологическими проблемами в гораздо большей степени, чем это приходилось делать гидрогеологам предыдущих поколений. Экологическая гидрогеология становится социально значимой наукой для современного общества.

Экологические проблемы водных ресурсов обостряются в кризисные и переломные периоды развития общества, и это особенно очевидно на современном этапе, когда проблема качества и количества пресных вод стоит достаточно остро во многих уголках Земного шара на фоне крайней политической нестабильности отношений между странами.

Жизнь на Земле развивается по строгим законам природы. Современное естествознание открыло основные принципы и законы, определяющие существование жизни на Земле. Человеческая цивилизация для обеспечения своего поступательного развития должна жить в согласии с природой. Еще великие философы античности учили тому, что повелевать природой можно только повинаясь ее законам. Однако многие факты дают основания характеризовать современные отношения человека и природы как антропогенный экоцид — разрушение людьми естественной среды обитания, в том числе и условий собственного существования.

Дефицит водных ресурсов в современном мире ставит вопрос о существовании всего живого на нашей планете, в связи с этим экологически ориентированные дисциплины занимают особое место в подготовке специалистов. Они призваны не только воздействовать на общественное сознание, но и предлагать теоретическое обоснование протекающим в природных экогеосистемах процессам и искать пути решения эколого-геологических проблем.

1. ПОЯВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК С ЭКОЛОГИЧЕСКИМ УКЛОНОМ

Любое научное направление возникает и развивается как ответ на запросы общества, создавая условия для комфортной жизни и деятельности человека. Реалии современного развития цивилизации таковы, что к концу XX века на отдельных участках верхних горизонтов земной коры выявились конкретные кризисные проблемы, связанные с антропогенным вмешательством. Развитие наук геологического профиля на рубеже веков оказалось связанным с их экологизацией, то есть при решении специальных задач актуальным становится анализ экологических последствий при трансформации абиотических компонентов экосистем. Все заметнее происходит взаимовлияние и интеграция геологических и экологических дисциплин.

Каждая геологическая наука разрабатывает методы изучения и преодоления экологических проблем, при решении частных задач создаются предпосылки возникновения новых научных направлений. Так, в рамках традиционных наук появляются экологическая геохимия, экологическая геофизика, экологическая гидрогеология, экологическая геокриология и ряд других научных направлений с экологическим уклоном. Конец XX века связан с началом эпохи широких междисциплинарных исследований.

В 1989 г. научное направление, возникшее на стыке геологии и экологии, Е.А. Козловским было названо геоэкологией. Сам термин «геоэкология» предложен в конце 30-х годов XX в. немецким географом К. Тролем (в России используется с 1970 г.), однако в разные периоды истории в него вкладывался различный смысл. В 1993 г. В.И. Осипов предложил назвать направление в геологии (связанное с охраной природы и рациональным использованием природных ресурсов) «геоэкологией». По его определению, «геоэкология — наука, изучающая геосферные оболочки Земли как компоненты окружающей среды и минеральную основу биосферы и происходящие в них изменения под влиянием природных и техногенных факторов».

В настоящее время под геоэкологией понимают междисциплинарное научное направление, объединяющее исследования геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов. Основной задачей геоэкологии

является изучение изменений жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек под влиянием природных и антропогенных факторов, их охрана, рациональное использование и контроль с целью сохранения для нынешних и будущих поколений людей продуктивной природной среды.

В состав геоэкологии входят экологические науки, объектами которых служат составные части экотопа биосферы. Одновременно эти науки входят в состав дисциплин, изучающих целостно соответствующие геосферы. Например, экологическая геология, гидроэкология, экологическое почвоведение, экологическая география, экологическая физика, экологическая химия.

Экологическая геология возникла как самостоятельное экологическое направление в 90-х годах XX в. Словосочетание «экологическая геология» впервые предложено Е.А. Козловским, А.И. Жамойдой, В.Б. Кушевым в 1984 г., позднее поддержано Н.И. Плотниковым, А.А. Карцевым и И.И. Рогинцом, которые понимали под ним «комплексную сложную по содержанию науку, охватывающую геологические аспекты (гидрогеологические, инженерно-геологические, геохимические, геокриологические и др.) общей проблемы охраны биосферы и, прежде всего, человека от негативного влияния техногенеза».

В 1997 г. вышла коллективная монография под редакцией В.Т. Трофимова «Теория и методология экологической геологии», в которой были рассмотрены теоретико-методологические основы нового направления в геологии [15]. В понимании В.Т. Трофимова, Д.Г. Зилинга, В.В. Куриленко: экологическая геология - новое направление в геологических науках (возникшее на стыке экологии и геологии), изучающее экологические функции литосферы, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под влиянием природных и техногенных процессов в связи с жизнью и деятельностью биоты и прежде всего – человека, а также способствует обоснованию социально-экономических принципов и обеспечению нормативно-правовых механизмов рационального природо- и недропользования [17].

При этом под экологическими функциями (свойствами) геосферных оболочек Земли понимается роль и значение этих геосфер в создании благоприятных условий зарождения и эволюционного развития биосферы, а также в сохранении комфортной обстановки и безопасности человека и биоты в процессе их существования и жизнедеятельности. *Объектом* исследования *геоэкологии* являются внешние *геосферные оболочки Земли или геоэкологическое пространство*, а *предметом* — их *экологические функции (свойства)* [11].

Все традиционные науки геологического цикла (геофизика, геохимия, инженерная геология, геокриология, минералогия, гидрогеология и др.) входят в состав экологической геологии.

Объект исследования экологической геологии — экогеологическое пространство и, в конечном счете, вся планета Земля. Предмет исследования — экологические функции литосферы (экогеологического пространства): ресурсная, геодинамическая, геохимическая и геофизическая [9, 12, 17].

Соотношение геоэкологии и экологической геологии стало предметом научных дискуссий различных академических научных школ, представленных академиком РАН проф. В.И. Осиповым и академиком РАЕН И МАН ВШ проф. В.Т. Трофимовым [18].

Как видно из приводимой схемы (рис. 1) экологическая геология является составной частью геоэкологии. На ее долю приходится изучение экологических функций одной из абиотических геосфер Земли — литосферы. Этим и определяется ее соотношение с геоэкологией, претендующей на изучение всех геосферных оболочек Земли (по В.И. Осипову), и по мнению некоторых специалистов, и биосферы, а точнее экосистем высокого уровня организации [17, 20, 21].

Экологическая гидрогеология, сформировавшись как одно из направлений экологической геологии, в настоящее время, в эпоху усиливающегося дефицита водных ресурсов, вступает на лидирующие позиции.

На рис. 1 показано место экологической гидрогеологии в системе наук.

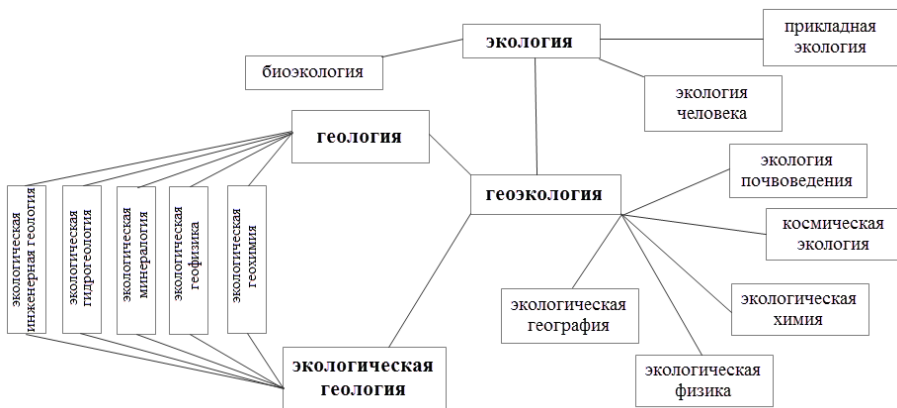


Рис. 1. Место экологической гидрогеологии в системе наук

2. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ — НОВОЕ НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

Первоначально работы, связанные с экологическими проблемами подземной гидросферы, рассматривались в рамках таких дисциплин как: общая гидрогеология, динамика подземных вод, гидрогеохимия, поиски и разведка подземных вод, региональная гидрогеология.

Термин был предложен в 1992 г. Н.И. Плотниковым, который рассматривал экологическую гидрогеологию как прикладное направление в гидрогеологии и социальной экологии. Его работы были одними из первых предпосылок формирования новой науки — экологической гидрогеологии [14, 15].

Кроме того, развитием и становлением экологической гидрогеологии как науки в нашей стране занимались: А.А. Карцев, Е.В. Пиннекер, В.М. Гольдберг, В.А. Кирюхин, В.С. Самарина, О.Н. Толстихин, В.А. Мироненко, В.Г. Румынин, С.Р. Крайнов, В.М. Швец. Первичные идеи, а также исходные теоретические положения заложены в работах В.И. Вернадского и Б.Л. Личкова [1].

За период существования человека масштабы антропогенного воздействия на природу (случайного или намеренного) приобрели угрожающие размеры. После эпохи научно-технического прогресса влияние человека на природу приобретает планетарные масштабы. Вырубка лесов и увеличение пахотных земель, разработка месторождений полезных ископаемых, строительство гидротехнических сооружений, урбанизация и перенаселение территорий, отходы производства, изъятие водных ресурсов, сбросы сточных вод промышленных предприятий или их инфильтрация из емкостей-накопителей, канализационные стоки и пр., все это оказывает негативное воздействие на гидросферу, нарушая ее естественный химический состав и гидродинамический режим, а также уменьшая доступные эксплуатационные ресурсы пресной воды хорошего качества.

При организации водоснабжения хозяйственно-питьевого назначения необходимы обоснования предполагаемого количества питьевых вод, а также их соответствия современным санитарным требованиям.

Для этого необходимы достоверные методы прогноза возможных изменений режима и качества подземных вод под влиянием антропогенной нагрузки. Особо важным становится разработка оценки влияния этих изменений на окружающую среду и биоту. Таким образом, одной из

основных современных экологических проблем гидросферы становится связь качества питьевых вод и здоровья человека.

Экологическая гидрогеология — новая прикладная междисциплинарная наука с социальной направленностью, изучающая экологические функции подземной гидросферы и особенности их формирования и трансформации под влиянием естественных природных и природно-техногенных факторов. Для комплексной оценки этого влияния необходимо обладать не только определенными знаниями фундаментальных наук, различных геологических дисциплин, но и науками других направлений, таких как география, биология, метеорология, экономика, социология и др.

Экологическая гидрогеология, базируясь на фундаментальной гидрогеологии, решает вопросы обеспечения населения питьевыми и хозяйственными водами, сохранения подземной гидросферы от загрязнения и истощения, а также изучает социальные вопросы экологической гидрогеологии, связанные с влиянием качества подземных вод на здоровье человека. Экологическая гидрогеология выступает как регулирующая функция во взаимоотношениях гидросферы и биосферы, обеспечивая живые организмы питанием, теплом, энергией. При этом на планете с каждым годом усиливается антропогенное воздействие на подземные воды за счет многочисленных свалок и проблем с отходами, освоения новых территорий для сельскохозяйственных нужд, роста городов и прочих проблем крупных мегаполисов.

Объект исследования экологической гидрогеологии — верхние горизонты подземной гидросферы, главным образом пресные грунтовые воды, находящиеся под влиянием антропогенной нагрузки и природно-технических систем (а также подземные воды в естественном состоянии) [6].

Предмет изучения экологической гидрогеологии — экологическая роль и экологические функции подземной гидросферы (в том числе роль и значение пресных подземных вод) в жизни человека и существовании биоты.

Антропогенное воздействие на подземные воды проявляется через все элементы многокомпонентной динамической системы «вода – порода – газ – живое вещество», которая под воздействием современных процессов техногенеза преобразуется в систему «вода – порода – газ – живое вещество – техногенное образование». В.И. Вернадский был первым [2], кто оценил важнейшую роль этой системы в эволюции подземных вод.

Экологические функции подземной гидросферы определяют (отражают) роль и значение подземных вод, природные и антропогенные процессы, протекающие в системе «вода – порода – газ – живое вещество – техногенное образование».

3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ

3.1. Фундаментальные свойства подземной гидросферы

В процессе долгой эволюции подземная гидросфера приобрела ряд фундаментальных свойств (общих свойств), которые присущи гидросфере в целом, подземной гидросфере как геологической системе, а не отдельным ее составляющим или различным формам движения воды на Земле [8]:

1. Гидросфера является оболочкой Земли, не только существующей относительно изолированно, но и проникающей в другие оболочки (атмосферу, литосферу, биосферу).

2. Большая часть гидросферы населена живым веществом — бактериями, флорой и фауной. Вне воды не существует жизни, а значит, вне гидросферы нет биосферы. Вода породила жизнь, и она ее поддерживает.

3. В природе нет дистиллированной воды. Гидросфера всегда содержит какое-то количество растворенных газов, солей, коллоидов и органических веществ, которые сопутствуют воде в жидкой, твердой и газообразной фазах, переходя в раствор при конденсации пара или плавления льда и снега.

4. Молекулы воды, составляющие гидросферу, весьма подвижны. Они перемещаются из одних частей гидросферы в другие со скоростями, различающимися в пределах многих порядков.

5. Гидросфера — главный регулятор перемещения тепла на нашей планете.

6. Гидросфера не просто существует в геологическом пространстве, но и постоянно с ним взаимодействует. Происходящие взаимодействия с минералами, газами, живыми веществами устойчивы, для изменения их направленности необходимы серьезные геологические катаклизмы. Уничтожить это можно лишь при переходе одного ее типа в другой.

Без гидросферы не могла бы возникнуть жизнь. Различные формы жизни и антропогенные воздействия тем или иным образом влияют на подземную гидросферу, на ее фундаментальные свойства и экологические функции, трансформируя и изменяя их.

3.2. Этапы формирования экологических функций подземной гидросферы

Экологические функции подземной гидросферы и их современная выраженность обусловлены эволюционным развитием Земли под воздействием природных и техногенных факторов. Исходя из общих закономерностей эволюции природных сред в геологической истории Земли,

выделяются два главных этапа формирования и развития экологических функций подземной гидросферы: природный и техногенно-природный [16].

Первый этап (природный) охватывает огромный временной интервал от зарождения жизни (3,5 млрд лет назад) до начала проявления техногенеза. На этом этапе сформировались главные морфологические особенности экологических функций подземной гидросферы Земли, которые во многом обеспечивают возможность современного существования биоты и человека.

Второй этап (техногенно-природный) длится около 200 лет и связан с первой промышленной революцией (1830–1840 гг.). С этого времени начинается техногенная трансформация всех видов экологических функций подземной гидросферы.

По степени охвата эколого-гидрогеологических исследований различают три уровня гидросферы: глобальный, региональный, локальный. На глобальном уровне изучаются экологические функции подземной гидросферы, на региональном — закономерности распространения и формирования эколого-гидрогеологических комплексов, на локальном — эколого-гидрогеологические процессы, возникающие при техногенном воздействии на водоносные системы. Между этими уровнями существуют тесные связи, так как гидросфера представляет собой единую систему.

Экологические функции подземной гидросферы являются базовыми понятиями в экологической гидрогеологии, к ним относятся функциональные зависимости между природной и техногенно преобразованной подземной гидросферой с одной стороны и человеческим сообществом — с другой стороны.

3.3. Ресурсная экологическая функция подземной гидросферы

Ресурсная экологическая функция подземной гидросферы определяет роль ресурсов подземных вод (преимущественно пресных) и гидрогеологического пространства гидросферы в жизни и деятельности человеческого сообщества (а также биоты) [17], то есть подземные воды выступают как ресурс для жизни биоты.

Ресурсная экологическая функция подземной гидросферы заключается в потенциальной способности подземной гидросферы обеспечивать потребности человека питьевыми и хозяйственными водами, необходимыми для развития социально-экономической жизни общества, при этом потребности человека не должны вступать в противоречия с потребностями биоты.

На заре становления человеческого общества ресурсная экологическая функция гидросферы работает в накопительном порядке, обеспечивая

благоприятные условия жизни человека как биологического вида, создавая основу для возникновения и развития человеческой цивилизации. С ростом народонаселения увеличивается потребление водных ресурсов, однако первоначально это никак не отражается на их качестве и количестве (в силу естественной возобновляемости). Промышленные революции создают толчок для наращивания потребления, в том числе и хозяйственно-питьевых вод, начинается их интенсивное и прогрессирующее использование.

Человек в погоне за материальными благами постоянно наращивает темпы материального производства и соответственно потребления водных ресурсов. Теоретически водные ресурсы неисчерпаемы, при рациональном использовании они непрерывно возобновляются в процессе круговорота воды, однако антропогенное воздействие все ощутимее влияет на различные звенья круговорота. При этом значительная часть общего объема потребляемых подземных вод расходуется безвозвратно, то есть изымается из общего круговорота воды.

С активизацией хозяйственно-производственных действий человека наряду с гидрологическим (климатическим) и геологическим круговоротами воды возник антропогенный (техногенный) круговорот, вызванный промышленной, водохозяйственной и мелиоративной деятельностью человека. Незамкнутость этого круговорота и приводит к истощению ресурсов подземных вод и загрязнению подземной гидросферы.

Ещё недавно считалось, что воды на нашей планете так много, что, за исключением отдельных засушливых территорий, нет нужды беспокоиться о её нехватке. Однако темпы роста потребления воды опережают скорость возобновления. Уже не только в отдельных районах Азии и Африки, но и в Европе ощущается недостаток пресной воды. Подземные воды, пригодные для питьевого водоснабжения, составляют 14% от всех пресных вод планеты [17]. Безусловно, ресурсный потенциал подземной гидросферы необходимо контролировать на государственном уровне.

Анализ распределения величины подземного стока по основным ландшафтно-климатическим зонам показывает, что более 80% общего подземного стока приурочено к избыточно-увлажненной и влажной зонам, около 18% стока формируется в зоне недостаточного увлажнения и лишь около 2% — в засушливой зоне [4]. Наиболее обеспечены водными ресурсами такие страны как Бразилия, Россия, США.

В настоящее время на территории Российской Федерации разведаны 4002 месторождения подземных вод, из которых 1792 находятся в эксплуатации. Использование подземных вод составляет 83% от общего отбора, остальная часть отбираемой воды (главным образом шахтный и

карьерный водоотлив) практически полностью сбрасываются без использования [4].

Экологическое значение подземных вод определяется также и их потреблением в различных сферах, таких как: хозяйственно-питьевое и техническое водоснабжение; орошение земель и мелиорация; бальнеологическое использование; промышленное (для извлечения J, Br, B, Li, Sr, поваренной соли и др.); геотермальное (для отопления). Из общего количества откачиваемой и используемой подземной воды (28,1 млн. м³/сут.) около 76% расходуется на хозяйственно-питьевое водоснабжение, 22% — на производственно-техническое водоснабжение и 2% — на орошение земель и обводнение пастбищ [4].

При изучении ресурсной экологической функции гидросферы необходимо рассматривать условия распространения и формирования зоны пресных вод и их режим; роль эксплуатационной и техногенной нагрузки, учитывать закон о единстве природных вод Земли.

3.4. Гидрохимическая экологическая функция подземной гидросферы

Вода как активный переносчик вещества и энергии — основа существования человека и биоты. Гидрохимическая экологическая функция подземной гидросферы проявляется в разной степени и формах. Так, для биоты гидросфера (в том числе и подземная) может служить средой обитания и питания, для человека — является важным источником минерального и водного питания; вода — одна из важнейших составляющих частей всех живых организмов (тело человека на 70% состоит из воды).

Гидрохимическая экологическая функция подземной гидросферы показывает способность подземной гидросферы влиять на состояние биоты и человека, в зависимости от химического состава подземных вод, формирующегося под влиянием природных и техногенных факторов. Характеристика гидрохимической функции выражается потребительскими свойствами подземных вод. В зависимости от своего химического состава подземные воды могут использоваться в различных целях: питьевых, хозяйственных, лечебных, промышленных (как сырье для извлечения ценных компонентов).

Гидрогеохимическая экологическая функция предопределяет влияние на человека и биоту гидрохимических природных аномалий и техногенно-загрязненных участков гидросферы, в которых статистические параметры распределения химических элементов подземных вод (макро- или микро-) отличаются от средних величин природных вариаций

Техногенные гидрохимические аномалии подземной гидросферы образуются в результате антропогенного воздействия на подземные воды, и могут быть связаны с местами интенсивной фильтрации загрязненных поверхностных вод, источниками промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных отходов.

Если загрязняющие вещества достигают концентраций, которые оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье человека (и биоту), формируются зоны загрязнения. Различают аномалии избытка и аномалии дефицита.

Выявление в подземных водах опасных веществ или соединений (способных оказывать негативное влияние на живые организмы) осуществляется через оценку санитарно-гигиенических норм, которые базируются на величинах предельно допустимых концентраций (ПДК). Используют также сравнение концентраций химических элементов подземных вод с фоновыми значениями.

В настоящее время в России действует СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». В СанПиН 1.2.3685-21 собран целый комплекс гигиенических нормативов, рассматриваются вопросы коммунальной гигиены и гигиены труда для производств и специальных заведений и многое другое. Все это делает нормативный документ весьма неудобным для работы. К сожалению, для разработки таких важных документов перестали привлекать специалистов-гидрогеологов. Давно утративший силу ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая» был примером коллективной работы разнопрофильных специалистов.

С.Р. Крайновым и В.М. Швецом [10] на большом фактическом материале выделены и описаны региональные гидрогеохимические провинции пресных подземных вод с повышенными (относительно ПДК) содержаниями некоторых микрокомпонентов (Cu, Zn, Pb, Fe, Hg, Cd, F, Be и др.). Изучены широко распространенные загрязнители: углеводороды, нитраты, аммоний, пестициды, элементорганические (комплексные) соединения, органические вещества.

Сравнительный анализ международных стандартов, совершенствующихся Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) начиная с 1958 г., обнаруживает тенденцию развития системы контролируемых показателей за счет устойчивого нарастания их числа. Расширение нормативной базы идет, в основном, за счет введения в стандарты многих органических соединений, связанных с усилением антропогенного пресса на поверхностные и подземные водные ресурсы

(пестициды, продукты производств органического синтеза, нефтехимической промышленности). В международных нормативах последнего периода четко обозначено крайне негативное отношение к вторичным продуктам взаимодействия сильных окислителей (используемых для обеззараживания воды) с органическими соединениями природного и антропогенного происхождения [4].

Гидрохимическая экологическая функция заключается в ее активном участии в процессах круговорота веществ в природе. Причем одинаково важен анализ как вредных, так и полезных для экосистем веществ. Звенья круговоротов воды, обусловленные ее фазовыми переходами, благоприятно влияют на качественный состав природных вод за счет ее естественной очистки. При испарении с последующей конденсацией осуществляется дистилляция воды, способствующая удалению некоторых примесей (в том числе вредных) и растворенных в воде газов, изменению химического и изотопного составов, уменьшению концентрации ионов в воде и т.д.

При кристаллизации жидкой фазы воды и последующем таянии льда также наблюдается существенная трансформация состава и изменение концентрации исходной воды, что приводит, в частности, к улучшению ее питьевых качеств.

Подземные воды значительно превосходят по качеству поверхностные воды и гораздо лучше защищены от загрязнения, содержат микро- и макроэлементы, необходимые для организма человека, не требуют дорогостоящей очистки. Именно этим определяется их значимость как важнейшего источника питьевого водоснабжения, то есть обеспечения водой человека как биологического вида [17].

Геохимическая экологическая функция подземной гидросферы, являясь продуктом длительной эволюции в истории Земли, претерпела ряд трансформаций при переходе от естественного к техногенному этапу развития. Чтобы оценить уровень антропогенного воздействия на подземные воды и степень использования ряда химических элементов в техногенных процессах Ф.И. Тютюнова провела статистический анализ 30 химических элементов на основе их технофильности [19]. Понятие технофильность (отношение ежегодной добычи или производства элемента в тоннах к его кларку в литосфере, %) было предложено А.И. Перельманом [13]. По степени технофильности изучаемые элементы были разделены на пять групп: супертехнофильные, высокотехнофильные, технофильные, слаботехнофильные и очень слаботехнофильные. В группу супертехнофильных вошли элементы основного состава подземных вод (Cl^- , SO_4^{2-} , HS^- , HCO_3^- , CO_3^{2-}), биофильные соединения (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-), Se, Pb,

Cu, Br и другие. В группу высокотехнофильных - Fe, Ca, Zn, As, Cr, U, Ni, Mo, Hg и др. [7, 19]. Именно на этапе техногенеза были сформированы многие техногенные геохимические аномалии.

За прошедшие полвека возросла технофильность элементов, применяемых в энергетике (C, TR, Y, Nb, В, Zr, С, Si), космической промышленности (Ni, Al, In, Ta, Re, Nb), авиастроении (Ti, Al, Y, Nb), радиоэлектронике (TR, In, В), медицине (In, Ta, Pt, Pd, В, I, Zr), металлургии (практически все металлы). Однако было выявлено и снижение технофильности отдельных элементов (Ca, Te, Tl, Hg), что можно объяснить неполнотой имеющейся информации или об осознании человеком опасности этих элементов (например, Hg) [5].

3.5. Геодинамическая экологическая функция подземной гидросферы

Геодинамическая экологическая функция подземной гидросферы наиболее ярко проявляется в таких явлениях как транспирация, инфильтрация и др., когда вода доступна для растительности, мезо- и макрофауны, или же, являясь возобновляемым ресурсом, обеспечивает подземными водами население.

Несомненно, вода — активный агент всех геологических процессов. Изменения динамического режима подземной гидросферы могут инициировать сейсмические явления, которые вызывают цепочку процессов: землетрясения, оползни, активизация карста и др. процессов и связанных с ними экологических последствий [20].

Геодинамическая экологическая функция характеризует динамику подземной гидросферы в результате ее природного и техногенного развития, при этом возможны катастрофические экологические последствия. Благодаря этой функции подземная гидросфера способна возвращаться в состояние динамического равновесия.

Все оболочки Земли связаны между собой с помощью воды, обеспечивая единство всех природных вод планеты (атмосферных осадков, поверхностной гидросферы, подземной гидросферы, вод литосферы и биосферы). Проходя через разные агрегатные состояния (жидкое, парообразное, твердое, молекулярное, надкритическое) вода самоочищается. Вода находится в непрерывном движении, она «всюдна» и подвижна писал В.И. Вернадский [2].

Таким образом, геодинамическая экологическая функция подземной гидросферы влияет на состояние, безопасность, комфортность

существования человека (и биоты) через естественные природные и антропогенные процессы и явления.

3.6. Геофизическая экологическая функция подземной гидросферы

Геофизическая экологическая функция подземной гидросферы заключается в проявлении различных физических полей (гравитационного, электрического, магнитного, радиационного, теплового), которые прямо или косвенно влияют на деятельность подземных вод. Так, окислительно-восстановительный потенциал характеризует электрическую заряженность подземных вод. Известно, что омагниченная вода изменяет свою структуру и свойства. Подземные воды обеспечивают перераспределение тепла в недрах Земли и контролируют аккумуляцию солнечной энергии. Во время сильного похолодания и образования покровного оледенения во многих регионах мира сформировалась многолетняя мерзлота мощностью многие сотни метров [7].

Геофизические экологические функции хорошо проявляются при возникновении положительных или отрицательных физических аномалий, которые могут негативно влиять на живые организмы. Так, интенсивные проявления геофизических полей провоцируют возникновение геопатогенных зон (неблагоприятных для жизни человека территорий).

Подземная гидросфера при определенных обстоятельствах может стать активным агентом в создании геопатогенных зон. Например, такие зоны могут возникать на радононосных участках или в районах активной газогидротермальной деятельности в областях современного вулканизма и активных неотектонических процессов [7].

Таким образом, различные физические поля определяют комфортность жизни человека и биоты.

4. КЛАССЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ

Предлагается выделять следующие классы экологических состояний подземной гидросферы [16, 17, 18, 21]:

1) Класс удовлетворительного (благоприятного) состояния

Значения прямых критериев оценки экологического состояния подземной гидросферы ниже предельно-допустимых концентраций (ПДК) или фоновых значений (за исключением природных аномалий);

2) Класс условно удовлетворительного состояния

Класс условно удовлетворительного или относительно неблагоприятного состояния подземной гидросферы коррелируется с зоной экологического риска. Подземные воды этого класса требуют грамотного хозяйственного использования, нуждаются в мероприятиях по их улучшению. Значения прямых критериев оценки экологического состояния подземных вод данного класса незначительно (до 5 раз) превышают ПДК или фон (кроме природных аномалий);

3) Класс неудовлетворительного (весьма неблагоприятного) состояния

Класс неудовлетворительного состояния подземной гидросферы коррелируется с зоной экологического кризиса. Необходимо выборочное хозяйственное использование подземных вод этого класса, привлечение дополнительных средств для работ по улучшению их качества. Значения прямых критериев оценки экологического состояния подземной гидросферы в 5–10 раз превышают ПДК и природный фон;

4) Класс катастрофического состояния

Класс катастрофического состояния подземной гидросферы коррелируется с зоной экологического бедствия. Значения прямых критериев оценки экологического состояния подземной гидросферы в десятки раз превышают ПДК и природный фон.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пресные подземные воды — важный жизненный ресурс, при этом лишь 2,5% гидросферы приходится на пресные воды [3]. Однако, благодаря непрерывному возобновлению воды в процессе круговорота, естественных водных ресурсов, с учетом существующих современных технологий, вполне достаточно, чтобы обеспечить хозяйственно-питьевые нужды всего человечества. Пресная вода — возобновляемый природный ресурс. Круговорот воды вечен.

Тем не менее, уже в середине XX в. был поставлен вопрос о перспективах нехватки пресной питьевой воды для будущих поколений. Население планеты стремительно растёт и соответственно увеличивается потребление воды, урбанизация и антропогенная деятельность (сельское хозяйство, промышленность и пр.) приводят к загрязнению и истощению пресных вод.

Изменения климата в долгосрочной перспективе становятся дополнительным негативным фактором в формировании водных ресурсов для хозяйственно-питьевых нужд населения планеты.

Дефицит водных ресурсов становится глобальной проблемой современности.

Литература

1. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Айрис-пресс, 2004. - 576 с.
2. Вернадский В.И. История природных вод. Часть 1. Выпуск 1 / История минералов земной коры. Том 2. Л.: Госхимтехиздат, 1933. – 190 с.
3. Геоэкология: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / Н.В. Короновский, Г.В. Брянцева, Н.А. Ясаманов. М.: Издательский центр «Академия», 2011. - 384 с.
4. Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. М.: Научный мир, 2001. - 328 с.
5. Касимов Н.С., Власов Д.В. Технофильность химических элементов в начале XXI века / Вестник Моск. ун-та. Сер.5. География. 2012, № 1. – С. 15-22.
6. Каюкова Е.П. Экологические функции подземной гидросферы / Науки о Земле и Цивилизация. Том XI // Под ред. Е.М. Нестерова, В.А. Снытко. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2019. – С. 88-91.
7. Кирюхин В.А. Прикладная гидрогеохимия: Учебник. СПб.: Санкт-Петербургский горный ун-т. 2011. - 231 с.
8. Кирюхин В.А., Коротков А.И., Шварцев С.Л. Гидрогеохимия: Учеб. для вузов. М.: Недра, 1993. - 384 с.
9. Кирюхин В.А., Норова Л.П. Экологическая роль подземных вод в жизни планеты. Электронный научный журнал «Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика». http://oilgasjournal.ru/vol_4/kirukhin.html. Дата обращения – 05.04.2015.
10. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод: теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: Наука, 2012. - 672 с.
11. Куриленко В. В., Хайкович И. М. Структура экологической геологии и её взаимосвязь с естественными науками / Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2012. Вып. 4. – С. 65-78.

12. Куриленко В.В. Экологическая геология и рациональное недропользование. / Сб. статей под. ред. Куриленко В.В., Трофимова В.Г. // СПб.: Изд-во СПбГУ. 1999. - 282 с.
13. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1979. – 423 с.
14. Плотников Н.И. Введение в экологическую гидрогеологию. М.: Изд-во МГУ, 1998. - 240 с.
15. Плотников Н.И., Карцев А.А., Рогинец Н.И. Научно-методические основы экологической гидрогеологии. М., 1992. - 62 с.
16. Теория и методология экологической геологии / Т.И. Аверкина, Б.В. Виноградов, Г.А. Голодковская и др. // Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1997. - 368 с.
17. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологическая геология: Учебник. - М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002. - 415 с.
18. Трофимов В.Т. Парадоксы современной геоэкологии // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2009, № 4. - С. 3–13.
19. Тютюнова Ф.И. Гидрогеохимия техногенеза. М.: Наука, 1981. – 335 с.
20. Экологические функции абиотических сфер Земли / Трофимов В.Т., Харьковина М.А., Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д. М.: Унив-кая книга, 2018. - 608 с.
21. Экологические функции литосферы / Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Барабошкина Т.А. и др. // Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во Моск. ун-та. 2000. - 432 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

1. Появление геологических наук с экологическим уклоном
2. Экологическая гидрогеология – новое научное направление
3. Экологические функции подземной гидросферы
 - 3.1. Фундаментальные свойства подземной гидросферы
 - 3.2. Этапы формирования экологических функций подземной гидросферы
 - 3.3. Ресурсная экологическая функция подземной гидросферы
 - 3.4. Гидрохимическая экологическая функция подземной гидросферы
 - 3.5. Геодинамическая экологическая функция подземной гидросферы
 - 3.6. Геофизическая экологическая функция подземной гидросферы
4. Классы экологических состояний подземной гидросферы

Заключение

Литература

Подписано в печать 21.07.2023 г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 12,4. Тираж 20 экз.
Заказ № 6065.

Отпечатано с готового оригинал-макета заказчика
в ООО «Издательство “ЛЕМА”»
199004, Россия, Санкт-Петербург, 1-я линия В.О., д.28
тел.: 323-30-50, тел./факс: 323-67-74
e-mail: izd_lemma@mail.ru
<http://www.lemaprint.ru>