

Секция 5

ГИДРОГЕОХИМИИ И ГИДРОГЕОЭКОЛОГИИ

ВОДА – НЕ ТОЛЬКО ВАЖНЕЙШИЙ ПРИРОДНЫЙ РЕСУРС, НО И ГЛАВНОЕ ПЕРВОНАЧАЛО ВСЕГО ОКРУЖАЮЩЕГО МИРА

С.Л. Шварцев, профессор

Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Общезвестно, что по выражению академика А.П. Карпинского подземные воды – наиболее ценное полезное ископаемое, без которого ни один регион не может развиваться. Большой вклад в изучение этого важнейшего ресурса внесли многие гидрогеологи. И в этом аспекте достигнуты огромные успехи [1]. Но проблемы остаются. Более того, они усложняются. Уже сегодня от недостатка питьевой воды постоянно страдают 1,5 млрд человек, а еще два – периодически. Но еще большая катастрофа грозит человечеству в связи с загрязнением пресной воды. Достаточно напомнить, что по оценкам экспертов ООН около 80 % населения пьет некачественную воду. Россия не является исключением, хотя и обладает уникальными ресурсами. Дефицит и потребление некачественной воды обеспечивают, не только рост заболеваний, но и приводят к тяжелейшим последствиям.

Вот что в этой связи пишет директор Института водных проблем РАН, член-корреспондент РАН В.И. Данилов – Данильян [2]: «Недостаток пресной воды и бедность тесно коррелируют, вододефицит нарастает вместе с нищетой и голодом, а, следовательно, вносит вклад в возникновение и усиление угроз локальных войн (со всеми вероятными осложнениями в больших масштабах) и терроризма (в том числе глобального). Не менее серьезными могут быть последствия антисанитарии, неизбежной при остром дефиците воды, инфекционные болезни и эпидемии» (с. 631). Необходимо признать, что для прогнозирования последствий употребления некачественной воды, как и простого изменения ее качества теоретическая и научно-методическая база до сих пор не создана. Но и это не все.

Наши мудрые предки, когда еще и науки – то не было, каким-то чутьем глубоко осознали, что весь окружающий мир создан взаимодействием четырех важнейших первоначал или стихий, как тогда называли: земли, воды, огня и воздуха.

Среди этих стихий, как оказалось позже, вода занимает совершенно особое положение. Последнее особенно убедительно показал наш великий соотечественник академик В.И. Вернадский [3], который писал: «Вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных, самых грандиозных геологических процессов» (с. 20). Эта мысль им развивается применительно к разным оболочкам Земли: 1) не только земная поверхность, но и глубокие части планеты определяются *в самых существенных проявлениях* наличием и свойствами воды; 2) вода создает основные механизмы земной коры, вплоть до магматической оболочки, по крайней мере; 3) ею вызывается и отчасти создается *электрическое поле планеты* и ее атмосферы; 4) свойства воды создают *климат* и определяют *термодинамику атмосферы*; 5) вода определяет *всю химию земной коры и среду жизни*; 6) природная вода охватывает и создает *всю жизнь человека*, так как едва ли есть какое-нибудь другое природное тело, которое бы до такой степени определяло его *общественный уклад, быт, существование*; 7) вода определяет и создает *всю биосферу*.

За каждым из приведенных высказываний глубочайшее научное обобщение многочисленных эмпирических фактов, величайшая, сконцентрированная в емкой фразе мысль, определяющая парадигму всего нашего знания о роли воды в развитии нашей планеты и ее особого положения среди всех других стихий. Особое положение воды по В.И. Вернадскому определяется ее необычными физико-химическими и термодинамическими свойствами, строением, многообразием видов и форм ее проявления на планете, единством всех ее типов, «всюдность», геологически вечной подвижностью и т.д. Все эти и многие другие особенности, о которых написаны книги, делают воду совершенно уникальным соединением, непохожим ни на одно другое вещество (стихию) земли, которое обеспечило жизнь на нашей планете. Не зря же французский зоолог Рауль Дюбуа определил, что «жизнь – это одухотворенная вода» (*l'eau animée*), а его соотечественник, знаменитый писатель и путешественник Антуан Сент-Экзюпери подчеркнул, что вода не просто источник жизни, вода-это сама жизнь.

Вода сама по себе уникальный объект для фундаментальных исследований, но еще важнее механизмы ее взаимодействия с другими основными компонентами планеты. В этом плане опять же мы должны обратиться к В.И. Вернадскому, который показал, что взаимодействие воды с горными породами, газами и органическим веществом является главным механизмом формирования земной коры и всего окружающего мира. И что главным компонентом в этой системе опять же выступает вода. Как следует из законов термодинамики химические элементы активны только в растворенном состоянии, поскольку активность твердых тел и самой воды равна 1, а растворенных соединений меняется в широких пределах. Поэтому состав воды выступает тем алгоритмом, который контролирует растворение и осаждение (образование) всех вторичных минеральных и органических образований. А весь окружающий нас мир является вторичным, созданным водой из первичного камня.

Одной из наиболее интересных оказалась система вода – порода, которая привлекает ученых всего мира. Например, на последнем 12^{ом} международном симпозиуме по этой проблеме, который проходил в августе 2007 г. в г. Кунь - Мине (Китай) было заслушано 360 докладов ученых из 37 стран мира.

Нашими исследованиями установлено, что подземная вода всегда находится в неравновесном состоянии с теми или иными минералами глубинного генезиса. Более того, со многими из них она никогда не может достигнуть равновесия, т.к. этому мешают геохимические барьеры и, в частности, вторичные минералы, образующиеся в процессе взаимодействия воды с глубинными минералами [4-6].

Оказалось, что система вода – горная порода в любой части земной коры является равновесно-неравновесной, т.е. вода всегда растворяет одни минералы и формирует другие, состав которых меняется по мере изменения состава водного раствора.

Из установления этого нового факта следует, что система вода – порода является *внутренне противоречивой, способной к самопроизвольному, непрерывному, геологически длительному развитию с образованием принципиально новых минеральных фаз и геохимических типов воды*. Равновесно-неравновесное состояние – это не частный случай, а фундаментальное свойство системы вода-порода, которое отражает ее природные особенности, т.е. внутреннюю сущность и не зависит от каких-либо внешних факторов. Чрезвычайно важно при этом, что система развивается независимо ни от каких внешних факторов, только вследствие непрерывного вечного изменения состава воды, которое происходит в результате также постоянного растворения вмещающих горных пород.

Вода, взаимодействуя с эндогенной породой, создает принципиально иной окружающий мир, в корне отличный от существующего ранее. На первых этапах это выражается в образовании иного состава воды и новых минеральных продуктов, непохожих на растворимые водой эндогенные алюмосиликаты. Важно при этом, что вода формирует эти новые образования в согласии с ее составом, структурой, средой. Поэтому смело можно сказать, что *окружающий нас мир создается водой в полной гармонии с законами изменения ее внутреннего содержания, внутренней энергии*. Именно вода в силу своего необычного строения способна создавать новые более сложные продукты, новые ее геохимические типы, обеспечивая прогрессивную эволюцию в неживой, а позже и живой материи. Механизмы такой всеобъемлющей эволюции в настоящее время вырисовываются достаточно четко.

Чрезвычайно важно, что новый мир создается вдали от равновесия с глубинными (эндогенными) минералами, которое в соответствии с законами синергетики обеспечивает принципиально новые возможности развития с образованием новых самоорганизующихся диссипативных структур в понимании И.Р. Пригожина и Стенгерса [7].

Имеются все основания полагать, что принципиальная неравновесность подземных вод с горными породами является той движущей силой непрерывной эволюции и самоорганизации, которая, начавшись в неживой материи, постепенно усложнялась, обеспечила появление живого вещества и его дальнейшую эволюцию. При этом система вода – порода выработала механизмы аккумуляции необратимых потоков солнечной энергии и вещества горных пород, обеспечивших ее прогрессивно-поступательное развитие [8].

В последнее время нами показано, что система вода-порода обладает рядом фундаментальных свойств, что делает ее совершенно уникальной. Для нее характерно наличие внутренних, только ей присущих механизмов взаимодействия, которые обеспечивают ее непрерывную и длительную эволюцию. Взаимодействие – это внутреннее состояние системы, без которого она не может существовать, т.к. с прекращением взаимодействия исчезает сама система. Поэтому эволюция осадочных геологических процессов совершается не только под действием внешних факторов, как это принято считать, но и внутренних [9].

В последние годы становится совершенно очевидным, что система вода – горная порода является важнейшей, а может и единственной в косной материи, которая способна к самоорганизации и саморазвитию. В то же время ни одна наука не изучает эту единую систему. Горную породу изучают петрология, литология, минералогия и т.д., подземную воду – гидрогеология, гидрогеохимия и др. Связь между ними весьма призрачна: гидрогеология, изучающая подземную гидросферу, практически не интересуется составом вторичных минеральных образований, которые она и создает; науки, изучающие горные породы, в свою очередь, не интересуются составом воды, да и в целом гидрогеологией. Само собой, что эта странная ситуация, безусловно, не способствует прогрессу геологической науки.

Образовался своеобразный вакуум между водой и теми твердыми фазами, которые она создает. Кто его должен заполнить? На наш взгляд, конечно, гидрогеология, поскольку именно вода оказывается тем компонентом, который определяет ход, масштабы и направление развития системы вода-порода и именно гидрогеология подготовлена к этому наилучшим образом.

В этой связи необходимо напомнить, что понятие «Гидрогеологии» было введено в науку, как известно, крупнейшим естествоиспытателем конца XVIII и начала XIX веков Ж.Б. Ламарком (1744 – 1829), издавшим в 1802 г. книгу «Hydrogéologie», в которой впервые развил представление о геологической деятельности воды, включив сюда различные процессы разрушения и формирования разнообразных типов горных пород посредством воды.

Следовательно, изначально гидрогеология трактовалась как наука о роли воды в становлении окружающего нас геологического мира. К сожалению, развернувшаяся примерно в это время борьба непунистов, ярким представителем которых был Ж.Б. Ламарк, и плутонистов закончилась поражением первых. Это и привело к тому, что учение о геологической роли воды, как объекта гидрогеологии, было забыто на многие годы. Гидрогеология, вопреки изначально базовому представлению, превратилась в науку только о подземных водах, и долгое время рассматривалась как часть гидрологии, изучающей подземную ветвь климатического круговорота. Так рассматривают гидрогеологию во многих Западных странах и сегодня.

Гидрогеология по своему внутреннему содержанию, как никакая другая из наук о воде (океанология, гидрология, гидрохимия, мерзловедение, гляциология, озероведение, учение о минеральных водах и т.д.), подготовлена не только для того, чтобы стать ведущей наукой о геологии воды, но и возглавить учение о природных водах в целом. Обусловлено это тем, что гидрогеология способна изучать не просто подземную воду, а ее взаимодействие с горными породами, газами и органическим веществом (живым и мертвым). Непрерывное же взаимодействие – первый признак систем, способных к прогрессивной эволюции. Тем самым гидрогеология потенциально подготовлена к изучению общих свойств и механизмов эволюционирующих водных систем.

Гидрогеология может и должна закрыть образовавшуюся нишу в изучении воды как важнейшей стихии планеты, в первую очередь подземной воды, которая, находясь постоянно в горных породах и с ними взаимодействуя, обеспечивает непрерывное усложнение состава воды и создает благоприятные условия для последовательных эволюционных преобразований вещества горных пород, формирования новых вторичных продуктов – косных, биокосных и живых. Гидрогеология, как наука о воде, безусловно, будет трансформироваться в науку об эволюции всего окружающего мира. Мы уверены, что исследование гидрогеологией взаимодействия с горными породами, газами,

органическим веществом резко расширит ее границы и выведет в число лидирующих среди всех геологических наук. Надеемся, что это произойдет в ближайшие 20–30 лет.

Таким образом, с момента появления воды на Земле возникла необычная стационарная система вода – порода, обладающая рядом фундаментальных свойств и механизмов, которые определяют ее как базовую в развитии водно-геологических процессов. Равновесно–неравновесное состояние этой системы отражает ее внутренне противоречивый характер, определяющий ее способность к самопроизвольному, непрерывному, геологически длительному развитию с образованием принципиально новых вторичных минералов и геохимических типов воды, которые в совокупности формируют гидрогенно-минеральные комплексы. Система вода – эндогенные алюмосиликаты в пределах земной коры (при $T < 400$ °С) развивается постоянно в нелинейной области термодинамической ветви в условиях, далеких от равновесия. Формирующийся вторичный минеральный комплекс определяется геохимической средой, составом и структурой воды в полной гармонии с законами внутреннего состояния последней. Вода, взаимодействуя с алюмосиликатами, непрерывно создает принципиально новые геологические образования, постепенно захватившие верхнюю часть нашей планеты. Отличное от растворяемой породы соотношение химических элементов во вновь формируемых минералах является важнейшим механизмом глубокой дифференциации химических элементов в водном растворе, что служит основной причиной смены гидрогенно - минеральных комплексов.

Но самое, пожалуй, удивительное состоит в том, что многие фундаментальные свойства системы вода – порода имеют место и в живой материи. Среди них: 1) равновесно-неравновесный характер; 2) нелинейность развития; 3) однонаправленность эволюции; 4) необратимость взаимодействия; 5) способность к захвату пространства; 6) наличие механизмов конкуренции; 7) механизмов влияния дочерних систем на материнские; 8) механизмов внутренней физико-химической эволюции, которые неодинаковы для твердой и жидкой фаз, и др. Отсюда мы сделали вывод, что биологические системы ландшафтной сферы унаследовали многие механизмы эволюции, которые имеют место в системе вода–порода. Тем самым не только впервые в мире установлено наличие внутренней эволюции в рассматриваемой системе, но и показано, что базовые элементы такой эволюции унаследованы биологическими системами, т.е. между водно–геологическими и биологическими системами существует некоторая общность [6].

Литература

1. Пиннекер Е.В. (ред.) Основы гидрогеологии. В 6ти томах. – Новосибирск: Наука, 1980-1984.
2. Данилов-Данильян В.И. Дефицит пресной воды и мировой рынок. // Водные ресурсы. – М., 2005, – том 32. – №5, – С.625-633
3. Вернадский В.И. История природных вод. – М.: Наука, 2003. – 751с.
4. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. Изд.2е испр.и доп. – М.: Недра, 1998. – 367с.
5. Алексеев В.А., Рыженко Б.Н., Шварцев С.Л. и др. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода. Т.1. Система вода-порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование. Новосибирск: Изд. СО РАН, 2005. – 244с.
6. Шварцев С. Л., Рыженко Б.Н., Алексеев В.А. и др. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода - порода. Т.2. Система вода - порода в условиях зоны гипергенеза. – Новосибирск: Изд. СО РАН, 2007, 389с.
7. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. Изд.4-е. – М.: УРСС, 2003. – 312с.
8. Шварцев С.Л. Прогрессивно самоорганизующиеся абиогенные диссипативные структуры в геологической истории Земли // Литосфера. – М., 2007. – №1. – С. 65-89.
9. Шварцев С.Л. Фундаментальные механизмы взаимодействия в системе вода – горная порода и ее внутренняя геологическая эволюция //Литосфера. – М., 2008. – №6. – С.3-24.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ САФЬЯНОВСКОГО МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В.А. Арзамасцев

Научный руководитель доцент С.Н. Елохина

Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия

Этапный характер разработки месторождений обуславливает необходимость ведения мониторинга воздействия на природную среду на всех стадиях отработки – разведка, эксплуатация, консервация. Начатый в 1996 г объектный мониторинг на Сафьяновском медноколчеданном месторождении охватывает процесс перехода экосистемы от природной – разведка месторождения, к природно-техногенной – карьерная и в дальнейшем шахтная отработка. Данные, полученные в процессе ведения мониторинговых наблюдений на изучаемом месторождении, таким образом, являются уникальными и в дальнейшем могут быть применены для прогноза изменения гидросферы на месторождениях, характеризующихся аналогичными природными условиями.

Сафьяновское медноколчеданное месторождение расположено на восточном склоне Среднего Урала в пределах Свердловской области, в 95 км к северо-востоку от г. Екатеринбурга.

В геологическом строении района принимают участие осадочные, осадочно-вулканогенные и вулканогенные породы, приуроченные к Алапаевско-Теченскому мегасинклинию Восточно-Уральского прогиба, почти повсеместно перекрытые чехлом мезозойско-кайнозойских рыхлых отложений. Из интрузивных пород наибольшим развитием в районе пользуются кварцевые порфиры и ультрабазиты. Среди массива вулканогенно-осадочных пород района месторождения довольно четко откартировано Сафьяновское субвулканическое тело северо-восточного простирания и относительно пологого (до 30°) западного падения с размерами в плане 2,0×1,5 км.

По гидрогеологическим условиям район Сафьяновского медноколчеданного месторождения расположен в пределах Большеуральского сложного бассейна корово-блоковых безнапорных вод с развитием трещинных и трещинно-жилых вод. На Сафьяновском месторождении в основном развита водоносная зона рифейско-нижнекаменноугольных

вулканогенных образований. В ненарушенных условиях уровень подземных вод залегает на глубине 3–9 м и в сглаженном виде повторяет рельеф поверхности. Разгрузка происходит в местную речную сеть – р. Реж и её притоки.

Техногенно нарушенные условия характеризуются созданием карьерной выемки и функционированием зумпфового водоотлива. Формирование депрессионной воронки от водоотлива по площади практически завершилось уже осенью 2002 г. при глубине карьера 80 м, в связи со вскрытием на полную мощность зоны экзогенной трещиноватости палеозойских пород. На конец 2007 г. абсолютная отметка уровня воды в зумпфе составляет 110 м. Учитывая приводораздельное положение месторождения граница области питания карьерного водоотлива практически соответствует границам депрессионной воронки, которая имеет овальную форму и вытянута по простиранию рудного тела. Её площадь ориентировочно оценивается в 3,2 км².

На стадии карьерной отработки Сафьяновского медноколчеданного месторождения мониторинг предусматривает контроль источников воздействия (карьерный водоотлив, подотвальные воды, отвалы) на подземную гидросферу и проведение исследований ее текущего состояния в зоне существующего и предполагаемого влияния рудника (наблюдательные скважины).

По результатам мониторинга граница области захвата потока подземных вод дренажными мероприятиями на западе и северо-западе проходит вблизи наблюдательной скважины 3 в 400–600 м южнее контура карьера. Среднемесячная величина водоотлива за период 2004 – 2007 г. изменялась от 48 м³/ч (1157 м³/сут.) до 83 м³/ч (1982 м³/сут.).

С началом проведения горно-эксплуатационных и дренажных работ на Сафьяновском месторождении отмечено изменение химического состава карьерных вод и обогащение их микроэлементами, вызванная процессами сернокислотного выщелачивания [2]. Установлено, что основными источниками загрязнения на территории месторождения являются отвалы вскрышных пород, отстойники-накопители дренажных вод и собственно рудное тело [1].

Дальнейшее постепенное увеличение концентрации сульфатов, вплоть до их преобладающего преобладания над остальными макрокомпонентами-анионами и увеличение концентраций типоморфных элементов медноколчеданных руд в дренажных водах подтвердилось данными наблюдений 2006–2008 г.

Важным моментом является факт обнаружения загрязнения вне предполагаемой зоны влияния техногенных источников (скважины 5 и 7), что говорит о продвижении фронта загрязненных вод ниже по потоку. На основании этих данных может быть определена скорость миграции индикаторов загрязнения, в качестве которых могут быть приняты сульфат-ион и типоморфные рудному телу элементы (кадмий, свинец и т.п.). Прогноз изменения гидрогеохимической обстановки месторождения при его дальнейшей отработке шахтным методом и последующей консервации может быть выполнен с помощью численной геомиграционной или термодинамической модели.

При сохранении источников воздействия и существующей техногенной нагрузки, включая продуцируемые отвалами подотвальные воды, прогнозируется дальнейший рост полиэлементного загрязнения.

В целом, воздействие деятельности объектов Сафьяновского рудника на подземные воды локализовано в пределах водосборной площади лога «Безымянный».

Литература

1. Арзамасцев В.А. Основные тенденции изменения химического состава подземных вод на Сафьяновском медноколчеданном месторождении. // Проблемы геологии и освоения недр: Матер. междуна. научн. симп. – Томск: ТПУ, 2006.
2. Плотников Н.И. Техногенные изменения гидрогеологических условий. – М.: Недра, 1989. – 268 с.

ЭКОЛОГО–ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РАЙОНА НИЖНЕВАРТОВСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

К.Ю. Балтрушайтите

Научный руководитель ассистент Е.Ю. Пасечник
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Нижневартовское нефтяное месторождение было открыто в 1965 г., в разработку введено в 1977 г. По величине начальных извлекаемых запасов месторождение относится к группе средних, по сложности геологического строения – к сложным: находится на четвертой завершающей стадии разработки.

Территория района расположения месторождения относится к категории малонаселенных мест. Вахтовые поселки на этой территории отсутствуют. Производственные объекты расположены здесь на одной промышленной площадке.

На месторождении с целью поддержания пластового давления используют подтоварную воду. Хозяйственно-питьевая вода привозная. На территории месторождения отсутствуют очистные сооружения, полигоны и накопители, предназначенные для захоронения (складирования) отходов.

Технология опытно-промышленной эксплуатации не исключает возможности нарушения и загрязнения компонентов природной среды.

Природная среда территории месторождения испытывает разного рода техногенную нагрузку. Объекты разведки и добычи углеводородного сырья являются одними из основных источников загрязнения окружающей среды. В зону влияния этих объектов входит значительная часть площади, где атмосферные, поверхностные горизонты, водотоки и водоемы, иногда и подземные воды загрязнены нефтью, выбросами от автотранспорта. Источником загрязнения могут быть все сооружения, связанные с добычей, сбором, хранением и транспортировкой нефти.

При опытно-промышленной эксплуатации месторождения негативное воздействие на водную среду возможно при строительстве и эксплуатации площадных объектов, устройстве подводных переходов водотоков трубопроводами,

строительстве автодорог и мостов, бурении скважин на кустовых площадках, использовании подземного водозабора и сбросе сточных вод. Для промывки и гидроиспытаний трубопроводов предусматривается забор воды из поверхностных водоемов. При строительстве дорог возможно нарушение поверхностного стока насыпями с образованием вдоль трасс подпрудных озераков - очагов заболачивания. Все это, безусловно, оказывает влияние на поверхностные воды.

Целью данной работы является оценка эколого-геохимического состояния поверхностных вод данного района.

Данные о химическом составе природных вод получены автором во время прохождения производственной практики в ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК». На рис. представлены точки изучения химического состава.

Анализ приведенных данных свидетельствует о низкой минерализации болотных вод (45 мг/дм^3), которые обогащены органическими кислотами, что приводит к появлению особого типа кислых ($3,5-4,0$) органоминеральных вод [1]. В них содержание катионов преобладает над эквивалентным количеством анионов минерального генезиса. Солевой состав болотных вод – хлоридно-натриевый, с сухим остатком до 1 г/л . Такой химический состав воды не встречается в естественных условиях и наиболее вероятный их генезис – техногенный.



Рис. Схема расположения точек исследования поверхностных вод территории Нижневартовского нефтяного месторождения

По величине общей жесткости (менее $0,5 \text{ мг-экв/дм}^3$) вода очень мягкая. Она обогащена органическим веществом, гумино- и фульвокислотами, что подтверждается высокими значениями химического потребления кислорода ($\text{ХПК} > 30 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$) [2] и повышенной цветностью (150°). Специфичность органоминерального типа болотных вод проявляется и в элементном составе – пониженное содержание в воде средних значений ионов Ca^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , но несколько повышенное – $\text{Fe}^{\text{общ}}$, NH_4^+ и появление промежуточных продуктов восстановления NO_3^- , NO_2^- , которые могут присутствовать только в восстановительных условиях.

Содержание микроэлементов в торфах Западной Сибири в значительной степени определяется их ботаническим составом. В исследованных болотных водах отмечается повышенное содержание тяжелых металлов (цинк, медь, марганец), что характерно для практически всех болотных фитоценозов.

Содержание таких токсичных металлов, как свинец и кадмий, углеводородов, фенолов и СПАВ незначительное.

Уровни содержания загрязняющих веществ (ЗВ) сравнены с нормами ПДК и ОБУВ для воды рыбохозяйственных водоемов [6].

Суммарное содержание всех обнаруженных при химическом анализе воды минеральных веществ определяет ее минерализацию. По величине степени минерализации поверхностные воды исследуемого района можно охарактеризовать как ультрапресные (минерализация $< 0,2 \text{ г/дм}^3$) и пресные ($0,2-0,5 \text{ г/дм}^3$).

Содержанием в поверхностных водах ионов Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- обуславливается электропроводность, которая показывает способность водного раствора проводить электрический ток. Электрическая проводимость природной воды зависит, в основном, от концентрации растворенных минеральных солей и температуры. По ее значениям можно приблизительно судить о минерализации воды. Нормируемые величины минерализации изученных вод приблизительно соответствуют удельной электропроводности 2000 мкСм/см (1000 мг/дм^3).

Вода фонового створа реки Вах относится к классу гидрокарбонатных, кальциево-магниевой группы [1].

От величины pH зависит развитие и жизнедеятельность водных растений и организмов, устойчивость различных форм миграции элементов. Она также влияет на процессы превращения различных форм биогенных элементов, изменяет токсичность загрязняющих веществ, влияет на режим питания водной растительности и зообентоса.

Согласно подразделению природных вод в зависимости от pH [5] поверхностные воды Нижневартовского месторождения можно охарактеризовать как кислые ($3-5$, ед. pH) и слабокислые ($5-6,5$, ед. pH), что говорит о присутствии в них угольной кислоты, гумусовых кислот и других органических кислот, есть нейтральные ($6,6-7,0$, ед. pH) – наличие в водах $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$.

В поверхностных водах содержание растворенного кислорода варьирует в широких пределах и подвержено сезонным и суточным колебаниям. В соответствии с требованиями для водоемов рыбохозяйственного назначения концентрация растворенного в воде кислорода не должна быть ниже 4 мг/дм³ [4]. Пониженное содержание растворенного кислорода в болотной воде обусловлено высоким содержанием легкоокисляемых органических соединений растительного происхождения.

Цветность поверхностных вод обусловлена, главным образом, присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа. Вода, вытекающая из болот, содержит много органических веществ гумусного происхождения, вследствие чего транзитные водотоки (речки, ручьи), стекающие с водораздельных заболоченных пространств в сторону поймы, окрашены в желтый и желто-коричневый цвет. Показатели цветности воды на водных объектах менялись от 50 до 200°. Жесткость природной воды зависит главным образом от наличия в ней растворенных солей кальция и магния. Воду с жесткостью менее 4 мг-экв/дм³ считают мягкой. Обследованные водные объекты имеют очень мягкую воду. Название типа воды складывается отдельно из ведущих анионов и катионов, содержание которых превышает 25 мг-экв. %. При этом на первое место ставят в названии те катионы и анионы, количество которых преобладает в воде [7].

Анализ результатов исследований показал, что в большинстве обследованных водоемов складывается очень напряженная экологическая ситуация, что в целом говорит о неблагоприятной экологической обстановке на территории Нижневартовского нефтяного месторождения. В наиболее благополучном состоянии, близком к норме (III класс чистоты ценозов) находились донные сообщества р. Вах выше протоки Савкинский Пасол. Слабое «органическое» загрязнение (III-IV) испытывают донные ценозы р. Вах ниже протоки Савкинский Пасол и устьевого участка протоки Савкинский Пасол. Более сильное загрязнение нетоксической органикой (IV класс) отмечалось в грунтах р. Вах выше паромной переправы. Слабое «токсическое» загрязнение (III-IV класс) испытывают грунты оз. Соровое. Сильное «токсическое» загрязнение регистрировалось биотой в грунтах протоки Савкинский Пасол, 500 м на С-В от БКНС (IV-V класс), оз. Крымсым (IV класс), р. Крымсым-Еган, 500 м на север от БКНС (V класс), оз. Мысовое (VI класс).

Также автор оценил качество исследуемых водных объектов по следующим показателям: коэффициенту оптимальности (Копт); интегральному показателю – гидрохимическому индексу загрязненности вод (ИЗВ); веществам с одинаковым лимитирующим признаком вредности (ЛПВ).

По величине Копт воды относятся ко второй категории и могут быть охарактеризованы по данной методике как малооптимальные. По величине ИЗВ воды можно охарактеризовать как загрязненные, 4 класса. По величине ЛПВ степень загрязнения вод – опасное загрязнение.

Из проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- имеются различного рода загрязнения, особенно озер;
- необходимо проводить рекультивацию загрязненных участков, не сбрасывать промышленные воды в водоемы;
- в большинстве обследованных водоемов складывается очень напряженная экологическая ситуация, что в целом говорит о неблагоприятной экологической обстановке на территории Нижневартовского нефтяного месторождения.

Литература

1. Алекин О.А. – Гидрохимия. – Л.: Гидрометеиздат, 1952. – 163 с.
2. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование) / Под редакцией Инишевой Л.И. – Томск: ЦНТИ, 2000.
3. Вопросы гидрологии болот Западной Сибири / Под ред. Иванова К.Е. – Л.: Гидрометеиздат: 1969. – Вып.157. – 152 с.
4. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды справочные материалы. – М.: Эколайн, 1999. – 72 с.
5. Инишева Л.И., Цыбукова Т.Н. Эколого-геохимическая оценка торфов юго-востока Западно-Сибирской равнины. // География и природные ресурсы. – М., 1999. – № 1.
6. Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М.: ТОО «Мединор», 1995. – 220 с.
7. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ РАДИОНУКЛИДОВ ОТ ВЫБРОСА АЭС В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

В.А. Воробьев

Научный руководитель профессор Е.М. Дутова
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Работа посвящена исследованию распределения в приземном слое атмосферы концентраций радионуклидов газоаэрозольного выброса двухконтурной атомной электростанции.

Газоаэрозольные отходы атомных электростанций выбрасываются через вентиляционные трубы высотой 100 – 150 м, что служит дополнительным средством защиты приземного воздуха от загрязнения радиоактивными примесями. Температура выброса обычно выше температуры окружающего воздуха и газовая струя в трубе имеет направленную вверх скорость, поэтому эффективное взаимодействие струи выброса с воздушным потоком начинается несколько выше, чем срез трубы. Факел выброса подхватывается ветром, постепенно удаляется от трубы, расширяясь как по горизонтали, так и по вертикали за счет подмешивания воздуха. Внутри факела сохраняются зоны одинаковой концентрации радиоактивного газа или аэрозолей, причем при обычных погодных условиях максимальные концентрации характерны для центральной части факела. Постепенное расширение факела приводит к тому, что на некотором расстоянии от места выброса, т.е. от трубы, факел коснется земли. Начиная с этого расстояния, в приземном слое воздуха обнаруживаются выброшенные газы или аэрозоли.

Обычно газы перемещаются в атмосфере по тем же законам, что и сама атмосфера, хотя при высоких концентрациях тяжелые газы могут иметь упорядоченную скорость оседания. Скорость оседания газов на поверхность земли зависит от их химической активности:

– радиоактивные благородные газы (РБГ) – основа газоаэрозольного выброса АЭС – инертны, они не оседают на поверхность земли, в небольших количествах могут растворяться в воде; очищение атмосферы от РБГ происходит в основном в результате их распада;

– газообразные формы радионуклидов йода, в первую очередь ^{131}I , могут удаляться из атмосферы различными способами: в результате оседаний, реакций с естественными аэрозолями и оседания вместе с ними; вымывания из атмосферы осадками; в результате естественного распада;

– аэрозоли после выброса в атмосферу ведут себя по-разному, в зависимости от их аэродинамических свойств (размеров, формы, плотности, и др.). Сила тяжести заставляет аэрозоли падать на землю, но поскольку обычно они обладают большой поверхностью на единицу массы, закон их падения отличен от закона свободного падения тел – аэрозоли падают с постоянной скоростью. Для аэрозолей выбросов АЭС характерны скорости падения 0,04 – 5,0 см/с, наиболее вероятны скорости 0,4 – 1,0 см/с.

Для решения задачи о распространении газоаэрозольных выбросов надо учитывать строение атмосферы и законы движения воздуха в ней. При этом наибольший интерес представляет ближайший к поверхности земли слой атмосферы – тропосфера. Движение воздуха во всем объеме тропосферы является турбулентным (ламинарный подслои составляет несколько мм у поверхности земли). Изменение скорости воздуха с высотой при турбулентном течении у поверхности земли наиболее точно соответствует логарифмическому закону. Турбулентность атмосферы приводит к быстрому рассеиванию, при этом главную роль играют градиент ветра и температуры, как в пространстве, так и во времени. Задача рассеивания радиоактивных выбросов АЭС за счет турбулентной диффузии решается с помощью эмпирических соотношений, с использованием коэффициента метеорологического разбавления.

Существует понятие опасной скорости ветра, при которой возникает интенсивный вертикальный турбулентный обмен в атмосфере, и концентрация вредных веществ на уровне дыхания людей достигает максимальной величины. При больших или меньших скоростях ветра концентрации примесей в приземном слое атмосферы снижаются.

В данной работе с помощью программы «CONZA» выполнено исследование распределения в приземном слое атмосферы концентраций радионуклидов выброса энергоблока АЭС с реактором ВВЭР электрической мощностью 1 ГВт для условий г. Северска Томской области.

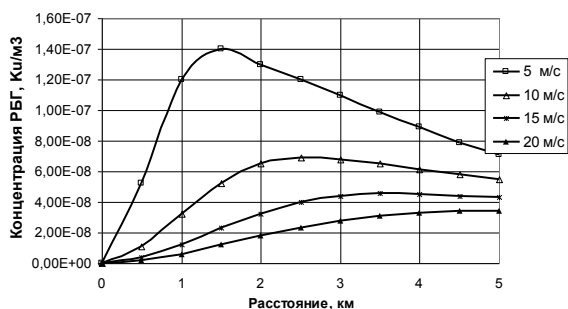


Рис. 1. График распределения концентрации РБГ

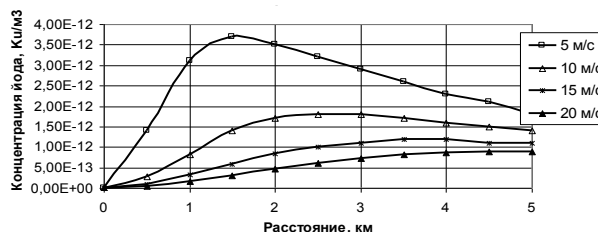


Рис. 2. График распределения концентрации радионуклидов йода

Алгоритм программы «CONZA» построен на методике расчета концентраций вредных выбросов в атмосферном воздухе НО «Гидромет», которая основана на эмпирических исследованиях. Алгоритм предусматривает возможность расчета для одиночных и групповых источников выбросов. Модель, на основе которой построена методика, справедлива для расчета поля примеси от непрерывно действующих высоких точечных источников, поэтому ее можно использовать для выброса из вентиляционной трубы АЭС.

Модель содержит ряд допущений. В ней принято, что скорость ветра не меняется по высоте и направлению. На самом деле это не так, чем дальше от источника, тем больше вероятность изменения направления ветра. Поэтому использовать методику можно для расчета на расстоянии, не превышающие 5 – 6 км. В модели не учитывается влияние на распространение примеси рельефа местности, высоких препятствий, водоемов. Не учитываются вымывание примеси дождем, химические реакции между примесью и атмосферным воздухом.

Несмотря на рассмотренные ограничения, модель позволяет произвести достаточно достоверную оценку поля концентрации радионуклидов выброса АЭС.

В результате расчета по программе «CONZA» определено распределение по оси факела выброса концентраций в приземном слое атмосферы отдельных составляющих выброса АЭС: РБГ, радионуклидов йода и аэрозолей. Для заданных значений скорости ветра рассчитаны коэффициенты метеорологического разбавления в зависимости от координаты, их минимальные значения и соответствующие максимальные значения концентрации в приземном слое атмосферы отдельных составляющих выбросов, расстояние от устья трубы, на котором они достигаются. Определяется также опасная скорость ветра и распределение концентраций РБГ, радионуклидов йода и аэрозолей в приземном слое атмосферы при опасной скорости.

Анализ полученных результатов показывает, что концентрации РБГ в воздухе на 2 – 3 порядка превышают концентрации йода и аэрозолей. Это объясняется сложностью очистки от РБГ, сравнительно низкой их биологической опасностью и малым временем полураспада. Опасная скорость ветра в рассматриваемых условиях составила 1 м/с, при ней концентрации радионуклидов: РБГ – $4,4 \cdot 10^{-7}$ Ки/м³, йода – $1,1 \cdot 10^{-11}$ Ки/м³, аэрозолей $1,3 \cdot 10^{-12}$ Ки/м³.

На рис. 1–3 графически представлены полученные зависимости концентраций радионуклидов в приземном слое атмосферы в направлении оси факела при различных скоростях ветра. Из рис. 1, 2 видно, что зависимости концентраций РБГ и йода от расстояния имеют параболический характер, при скорости ветра 5 м/с концентрации имеют наибольшие значения, имеют место ярко выраженные пики концентрации на расстоянии 1500 м от источника выброса. С увеличением скорости ветра концентрации РБГ и йода значительно снижается, характер кривых сглаживается, явно выраженные пики отсутствуют.

Качественно другой характер имеет зависимость распределения концентрации аэрозолей от скорости ветра (рис. 3). С увеличением скорости ветра растет максимальное значение приземной концентрации аэрозолей C_a^{\max} и расстояние, на котором она достигается. При скорости ветра 5 м/с $C_a^{\max} = 9,3 \cdot 10^{-12}$ Ки/м³ (1500 м), при скорости ветра 10 м/с $C_a^{\max} = 1,5 \cdot 10^{-10}$ Ки/м³ (3000 м), при скорости ветра 15 м/с $C_a^{\max} = 6,3 \cdot 10^{-10}$ Ки/м³ (3500 м), при скорости ветра 20 м/с $C_a^{\max} = 2,0 \cdot 10^{-9}$ Ки/м³ на расстоянии 5000 м, здесь осаждаются практически все аэрозоли и на расстоянии 5500 м от источника их концентрация становится на 6 порядков ниже, т.е. не обнаруживается практически.

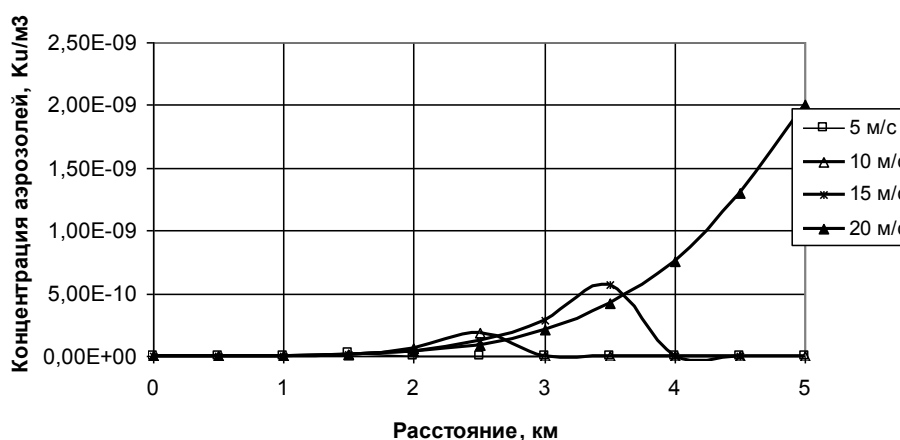


Рис. 3. График распределения концентрации аэрозолей

Полученные результаты были сопоставлены с допустимыми концентрациями (ДК) РБГ, радионуклидов йода и аэрозолей, присутствующих в выбросе АЭС с ВВЭР. Анализ показывает, что при любых скоростях ветра, включая опасную скорость, приземные концентрации составляющих выброса на несколько порядков ниже их ДК в атмосферном воздухе.

Необходимо подчеркнуть, что объемный расход выбрасываемых газов и их активность, принятые в расчете, характерны для нормального режима работы АЭС. Для аварийных режимов необходимо провести дополнительные исследования поля концентрации примесей выброса рассматриваемой АЭС.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РОДНИКОВ Г. ТОМСКА ПО ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Т.А. Девятерикова

Научный руководитель ассистент Е.Ю. Пасечник
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время проблема антропогенного воздействия на природные воды является одной из наиболее актуальных, т.к. вода является наиболее уязвимой составляющей природного ландшафта. Особенно велико загрязнение природных вод в городах. На территории г. Томска насчитывается большое количество родников, которые используются местными жителями в качестве альтернативных источников водоснабжения. В то же время все они, находясь в разных частях города, терпят различного рода антропогенную нагрузку.

Целью данной работы является изучение экологического состояния родников г. Томска по данным гидрогеохимического опробования.

Изучением экологического состояния этих родников уже на протяжении многих лет занимаются сотрудники каф. ГИГЭ, научно-исследовательского центра (в прошлом проблемной научно-исследовательской лаборатории) «Вода» ИГНД ТПУ и различные экологические службы города.

В 70-е годы XX столетия Э.П. Шамолиной под руководством П.А. Удодова проводились исследования микрофлоры родников Лагерного сада. В 1992 г. А.Д. Назаровым проведено комплексное изучение природных вод города Томска и его окрестностей по изучению химического и микробиологического состава. В своих работах он дает ландшафтно-родниковое районирование г. Томска и предлагает проекты обустройства родников [4]. Состав микрофлоры подземных вод территории г. Томска наиболее полно охарактеризован в работе Н.Г. Наливайко [2].

Микробиологический состав водопроявлений широко раскрыт в Атласе бактериальных пейзажей территории г. Томска [4], а также он рассматривается в работе К.И. Кузеванова [1]. С 2005 г. Е.Ю. Пасечник под руководством Н.Г. Наливайко и С.Л. Шварцева изучает экологическое состояние родников города на основе химических и микробиологических показателей [5].

Вода родников пресная или с относительно повышенной минерализацией, нейтральная или слабощелочная. По химическому составу она преимущественно гидрокарбонатная, кальциево-магниева, за исключением родника Дальний Ключ, расположенном в переулке Тихом. Его вода является хлоридной, натриево-кальциевой.

Различия в химическом составе родников отмечаются по наличию и количественному содержанию следующих компонентов: сульфатам, нитритам, нитратам, органическому веществу и нефтепродуктам. Чаще всего в ней присутствуют сульфаты и азотистые соединения.

Формирование состава родниковых вод нельзя понять, не рассматривая равновесия в системе вода-порода. В работе анализируется равновесие вод с карбонатными и алюмосиликатными минералами. Воды практически всех изученных родников являются насыщенными к кальциту, за исключением родников Академический, в Михайловской роще № 1.3, Ботанический основной и Дальний ключ.

Степень насыщения вод относительно основных породообразующих минералов алюмосиликатных пород можно выяснить посредством нанесения данных по составу вод на диаграммы полей устойчивости алюмосиликатов (рис. 1). Анализ полученного материала показал, что все родниковые воды не равновесны с эндогенными алюмосиликатами (альбит, анортит, мусковит) и находятся в состоянии равновесия с вторичными минералами (окислами алюминия, каолинитом, монтмориллонитом).

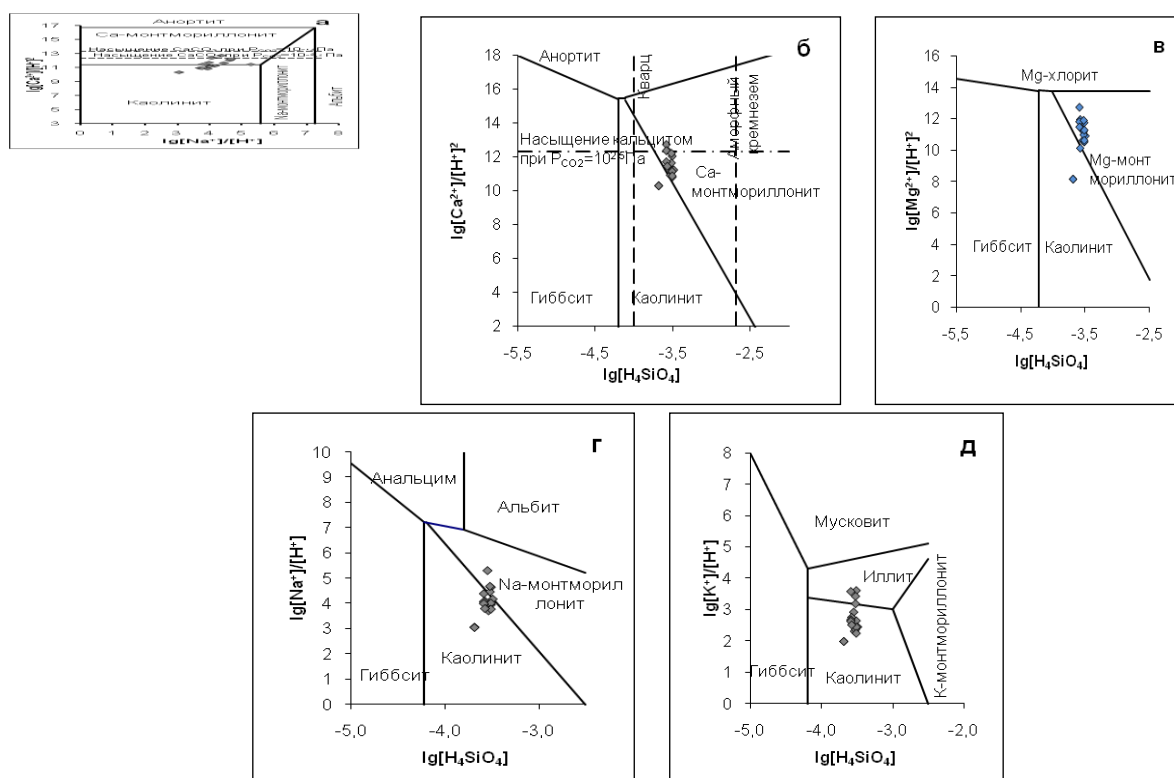


Рис. 1. Диаграммы равновесия состава воды родников г. Томска с некоторыми минералами
 а – система $HCl-H_2O-Al_2O_3-CaO-Na_2O-CO_2-SiO_2$, б - система $HCl-H_2O-Al_2O_3-CO_2-CaO-SiO_2$, в - система $HCl-H_2O-Al_2O_3-CO_2-MgO-SiO_2$, г - система $HCl-H_2O-Al_2O_3-CO_2-Na_2O-SiO_2$, д - система $HCl-H_2O-Al_2O_3-CO_2-K_2O-SiO_2$

Автор в роднике Дальний ключ, расположенном в пер.Тихом, выявил наиболее высокое содержание хлора по сравнению с другими родниками (рис. 2). Во многих родниках существует превышение ПДК по величине общей жесткости (рис. 3). По общей минерализации превышение над ПДК выявлено в роднике Дальний Ключ, что связано, вероятнее всего, с антропогенным влиянием и составом водовмещающих пород.

Органическое вещество является показателем пригодности воды для питья и критерием ее экологического состояния. Загрязнение природных вод органическим веществом может быть связано как с природными процессами, так и с антропогенной деятельностью (загрязнение сточными водами, образование бытовых свалок, а также загрязнения, вызванные хозяйственной деятельностью).

Величина перманганатной окисляемости подвержена значительным колебаниям. Содержание органических соединений в родниках зафиксировано в пределах от 1 до 4,3 мг O_2 /л.

Наибольшим оно является в родниках 19-й Гв.Дивизии, Тихом, Чехова и Буревестник. Это связано с несовершенством каптажного устройства (металлическая труба разного диаметра) и высокой посещаемостью населением города.

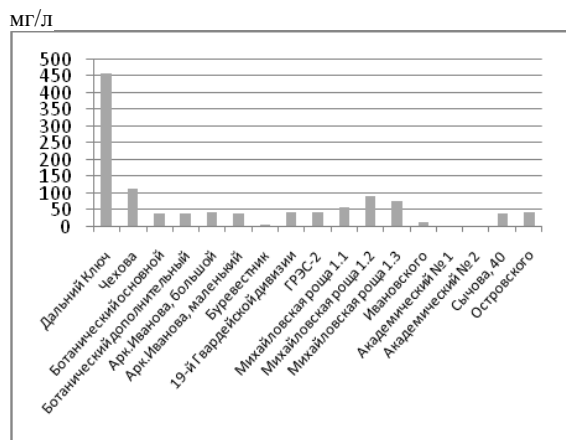


Рис. 2. Содержание Cl-иона в воде родников г. Томска

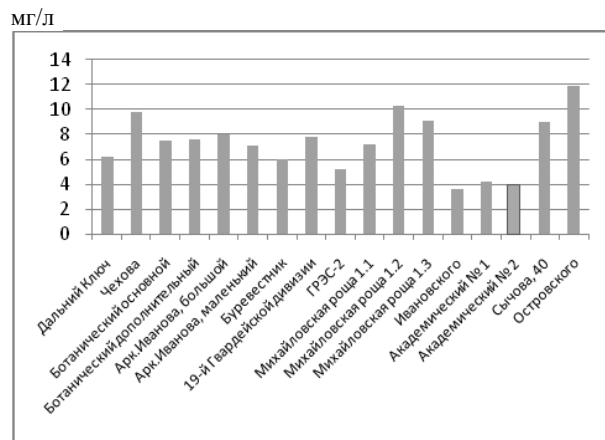


Рис. 3. Величина общей жесткости воды родников г. Томска

Наиболее чистыми по содержанию органического вещества оказались родники, отделенные от жилого массива лесной зоной. Они находятся на улице Ивановского, в Ботаническом саду и в Академгородке.

Изученные родники расположены в различных районах города и подвержены различной техногенной нагрузке, однако по общему химическому составу нельзя сделать вывод о том, загрязнены они или нет. Необходимо в дальнейших исследованиях провести анализ их микрокомпонентного состава.

Литература

1. Кузеванов К.И. Исследование техногенных изменений гидрогеологических условий г. Томска: Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.г.-м.н. – Томск, 1998. – 20 с.
2. Наливайко Н.Г. Микрофлора подземных вод города Томска как критерий их экологического состояния: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. – Томск, 2000. – 20 с.
3. Наливайко Н.Г., Кузеванов К.И., Копылова Ю.Г. Атлас бактериальных пейзажей родников города Томска. – Томск: STT, 2002. – 52 с.
4. Назаров А.Д. Родники г. Томска – распространение, состав, возможности использования и аквапаркового обустройства (краткие сведения по исторической части города)// Известия ТПУ. – Томск, 2002. – Т. 305, – вып.8, – С. 236-256.
5. Пасечник Е.Ю. Эколого-геохимическое состояние природных сред территории города Томска //Вестник Томского государственного университета. – Томск: Изд.ТГУ, 2008. - № 306. - с. 149-153.

РОССИЙСКИЕ И АМЕРИКАНСКИЕ ПРАВОВЫЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНЫМИ РЕСУРСАМИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Л.Л. Камалетдинова

Научные руководители доцент Т.Я. Емельянова, доцент В.В. Янковский
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Природные ресурсы составляют основу экономики России. Для успешного ее развития нашему государству необходимо создать благоприятные условия для рационального использования недр, а именно: грамотное управление. Инструментом управления является закон, корректность и правильность которого может напрямую сказаться на благосостоянии страны. Поэтому российскому реформаторскому правотворчеству рекомендуется не только учитывать интересы государства, граждан и недропользователей, но и принимать во внимание практический опыт других стран. В связи с этим, рассмотрим вопросы недропользования в США, правовые принципы управления которого заметно отличаются от российской системы.

Наиболее существенной отличительной чертой природопользования в США является вопрос собственности на недра. Недра в границах территории Российской Федерации, согласно Федеральному закону о недрах, включая подземное пространство и содержащиеся в недрах полезные ископаемые, энергетические и иные ресурсы, являются государственной собственностью. Вопросы владения, пользования и распоряжения недрами находятся в совместном ведении Российской Федерации и субъектов Российской Федерации. В США собственность на недра была установлена еще со времен введения в силу первого Закона «О Горнодобыче» 1872 г. Право федеральной собственности распространяется на все свободные земли Соединенных Штатов, включая Аляску (1/3 земельной территории страны). Помимо земель, находящихся в федеральной собственности, часть земель принадлежит штатам, отведенная им в пользование актами Конгресса. Остальные земли находятся в частной собственности американцев, переданные чаще всего в виде наследства, пожизненно. В России участки недр не могут быть предметом купли, продажи, дарения, наследования, вклада, залога или отчуждаться в иной форме. Права пользования недрами могут отчуждаться или

переходить от одного лица к другому в той мере, в какой их оборот допускается федеральными законами. В США только государственные земли, представляющие ценность с точки зрения содержащихся в них полезных ископаемых, не подлежат продаже. Да и право собственности на недра по существу является в США номинальным, так как частным компаниям предоставляется полная свобода разведки ископаемых на государственных землях и приобретения в собственность или на началах аренды участков, на которых обнаружены месторождения. Изъятие сделано лишь для радиоактивных материалов, право исключительного пользования которыми зарезервировано за государством [1, 3].

Предоставление минеральных ресурсов в США регулируется законодательством федерации, штатов и правовыми актами местной власти в зависимости от того, принадлежат ли земли, под которыми скрыты полезные ископаемые, федерации, штатам, местным властям, либо находятся в частной собственности. Титул на участок утверждается патентом, в котором указываются права в отношении поверхности и недр. Правовые отношения по поводу земельных участков, принадлежащих штатам, регулируются законодательством штатов. Частное землевладение является предметом регулирования федерации и штатов. Особенно удивителен тот факт, что условия недропользования на этих землях определяются договором (или иным документом) только между собственником земли и недропользователем. Иная ситуация в Российском законодательстве, где для получения права недропользования необходимо трехстороннее согласование между местными властями, федеральными и непосредственно недропользователем. Обязательным документом является лицензия. Добытые из недр полезные ископаемые и иные ресурсы по условиям лицензии могут находиться в федеральной государственной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, муниципальной, частной и в иных формах собственности. В соответствии с лицензией на пользование недрами участок недр предоставляется пользователю в виде горного отвода - геометризованного блока недр. Пользователь недр, получивший горный отвод, имеет исключительное право осуществлять в его границах пользование недрами в соответствии с предоставленной лицензией. Любая деятельность, связанная с использованием недр в границах горного отвода, может осуществляться только с согласия пользователя недр, которому он предоставлен. Таким образом, в России за недропользователем закрепляется право распоряжаться земельным участком и недрами, расположенными под ним, то есть земля не рассматривается отдельно от месторождения.

В США понятие земельная собственность и собственность на недра разделяются, хотя и регулируются одним и тем же земельным законодательством. Как было обозначено выше, недра могут принадлежать федерации, штатам или частным лицам. Для тех земель, которые не принадлежат ни федеральному правительству, ни правительству штатов, право на разведку полезных ископаемых принадлежит собственнику земельного участка или его арендатору. США – одна из немногих стран, где частный собственник может являться не только владельцем земельного участка, но и собственником недр. Право собственности на недвижимость (real property) базируется на понятии freehold – свободном, полномочном и безусловном праве собственности на недвижимость. Имеются три основных типа freehold estate: fee simple – право собственности за простую плату, fee tail – заповедное имущество и life estate – пожизненная собственность. Первый тип – всегда недвижимая собственность, наследуемая. Владелец за плату имеет право на исключительное владение землей, то есть использовать ее как пожелает, только с соблюдением действующего законодательства. На собственность второго типа наложены некоторые ограничения. Арендатор заповедного имущества может использовать месторождение или рудник в течение всего его срока службы, но он не должен допускать его обесценивания для наследников. Владелец третьего типа земельной собственности должен сохранить право собственности без существенного ущерба для нее [3].

Развитие законодательства правового режима добычи полезных ископаемых на территории США довольно четко идет по пути предоставления возможности более свободного распоряжения предпринимателем горным имуществом при строгом соблюдении государственных требований и интересов. Право на добычу полезных ископаемых может переходить от одного собственника другому. Недропользователь может делить собственность по горизонтали и вертикали, предоставляя титул на землю одному, на недра – другому. В российском законодательстве такая практика не нашла распространения.

Право недропользования в США приобретает на основании и в порядке удовлетворения заявки на разведку или разработку полезных ископаемых либо посредством заключения сделок. По закону получение горных прав предоставлено только гражданам США, но через сделки его могут получить и иностранцы. Для получения горных прав необходимо доказать очевидность месторождения. Право на разведку и разработку общераспространенных полезных ископаемых, как правило, дается в соответствии с Законом « О добыче общераспространенных полезных ископаемых» 1955 г. при наличии доказательств о возможности горного производства. Другая группа полезных ископаемых (нефть, газ, уголь и др.) предоставляются в пользование на основе арендных договоров. Право недропользования в США оформляется следующими видами документов: патентом, разрешением на проведение изыскания, лицензией (разрешением) на добычу, концессионным договором или соответствующим видом договора, оформляющим сделку о приобретении прав на недра.

Регулированием горных отношений в США занимается ряд служб. На уровне федерации это органы общей компетенции, к которым непосредственно относится Конгресс США и президент, целый ряд комитетов Конгресса. Из органов специальной компетенции следует выделить агентства и подразделения Министерства внутренних дел. В соответствии с законом создан Федеральный консультативный комитет по горному делу, исследованию минеральных ресурсов в ведении Министерства экономики. В его состав входят: заместитель федерального министра экономики, директор Федерального бюро шахт, директор Федеральной геологической службы, директор Национальной академии наук, президент Национальной инженерной академии. Комитет занимается планированием и финансированием деятельности созданных научных учреждений, следит за подготовкой необходимого количества специалистов горного производства. Научные исследования являются приоритетными, в связи с чем координация деятельности в этой области осуществляется президентом США. В системе административного управления и регулирования горных отношений несомненный интерес представляют распределение полномочий между федерацией и штатами, практическая деятельность по управлению недропользованием. В США эта проблема решена следующим образом: право

собственности на земли и недра, находящиеся в частной собственности, продажа, аренда и иные договоры, связанные с использованием частновладельческих участков для горнопромышленных нужд, регулируются законодательством штатов, а вопросы, связанные с федеральными налогами, безопасностью работ и т.п. – федерацией. При этом государственное регулирование осуществляется опосредованно – через формирование благоприятных условий для горного бизнеса (финансирование научных исследований и пр.). Чтобы обеспечить применение установленных законом норм в горной промышленности на уровне штатов, они могут создавать специальные административные органы, органы правосудия или комитеты и наделять их властными полномочиями. Специализированное управление недропользованием на федеральном уровне в США сейчас осуществляют: Федеральная геологическая служба, Горное бюро, служба управления минеральными ресурсами, бюро по управлению земельной собственностью Министерства внутренних дел США, управление по рекультивации земель и открытых разработок, служба геологического надзора [3].

В отличие от американской системы управления по недропользованию, в России эта система выглядит более единой и централизованной, возможно лишь в силу того, что территория Америки поделена на штаты, которые вправе регулировать многие вопросы самостоятельно без вмешательства федерации на территориальном уровне.

Хотелось бы отметить и особенности экологического управления в США. Система природных объектов, в силу экологической значимости особо охраняемых государством от хозяйственного освоения, составляет гордость США. Законодательство предоставляет большие возможности федеральным ведомствам учитывать интересы охраны окружающей среды и выдачи лицензий. Экологическая ориентация закона (Environmental Law) определила его широкую юрисдикцию: он действует в отношении открытых разработок на любой земельной собственности – федеральной, штатной и частной. Вообще в сфере правового регулирования США существует и действует, в отличие от России, огромный потенциал судебной власти, превращающий абстрактные правила законодательства в эффективные инструменты обеспечения экологически правового корректного поведения субъектов права, а следовательно, и защиты природной среды и рационального использования природных ресурсов. Не менее значимую лепту в политику страны по сохранению первозданных качеств природы вносят общественные организации и частные лица [2].

Правовое определение круга и объема полномочий, а также функций штатных органов представляет сегодня сложный и важный аспект американской деятельности по совершенствованию управления в природопользовании. Практический опыт США полезно изучать и учитывать в разработке соответствующих решений в нашей стране. Например, принять во внимание следующие факты.

Акты природоресурсного законодательства не принимаются, если не подготовлены условия для их реализации. Несомненным достоинством американской практики является установившаяся традиция организовывать реализацию вновь принятых законов с помощью специальных программ, принимаемых федерацией, штатами, а также на местном уровне.

Экосистемный подход – характерная черта американского природопользования. Это ряд программ, направленных на комплексное изучение и использование недр.

Не так просто разобраться в системе управления другого государства, а еще труднее оценить и применить опыт «соседей» в стране, в которой мы живем. Те законы, которые отлично действуют на территории США, могут быть абсолютно неподходящими для России. Причина этого и в уровне жизни, и в воспитании, ментальности. Но детально изучать и присматриваться к законодательству зарубежных стран, безусловно, не пустая трата времени, а своевременная подготовка к новому шагу в развитии экономики России.

Литература

1. Клюкин Б.Д. Горные отношения в странах Западной Европы и Америки (Англия, Канада, США). – М.: Международные отношения, 2000 - 442с.
2. Красова И.О. Экологическое право и управление в США. – М.: Байкальская академия, 1992. – 240с.
3. Федеральный закон о недрах от 21.02.1992.. Консультант Плюс: Высшая школа. – М., 2004-2008.

ГЕОХИМИЯ ОЗЕРНЫХ ВОД КОТЛОВИНЫ БОЛЬШИХ ОЗЕР МОНГОЛИИ

М.Н. Колпакова

Научный руководитель профессор С.Л. Шварцев

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На современном этапе развития минерально–сырьевой базы МНР наряду с традиционными полезными ископаемыми все возрастающее значение для развития народного хозяйства страны приобретают ее водные ресурсы, в частности озера. Расширяется бальнеологическое использование минеральных ресурсов, а также использование запасов поваренной соли, соды и других видов химического сырья, генетически связанных с озерными водами.

Котловина Больших Озер является подрайоном Гобийской области. Она расположена в западной части страны между Алтайскими горами на западе и Хангаем на востоке, простираясь на 600–700 км в длину. КБО – один из крупнейших бессточных бассейнов аридной области Центральной Азии, где расположены крупные пресноводные и солоноводные озера [3].

Соли озер, расположенных в котловине Больших Озер, не связаны с морем в настоящее время и не были связаны в прошлом. Это – соли чисто континентального происхождения. Одни соляные озера содержат соли, образовавшиеся за счет химического выветривания изверженных пород, другие – соли, выщелоченные из осадочных пород континентального типа. Солевой состав формируется преимущественно под влиянием пород водосбора озера через поверхностные и подземные воды, при этом важную роль играют как геохимические характеристики пород, их растворимость, так и особенности залегания, трещиноватость, литологические характеристики, морфология поверхности и др. Атмосферные осадки поставляют растворенные вещества с пылью территорий, нередко отстоящих от озера на большие расстояния. Влияние пород непосредственно озерной котловины на состав озерных вод относительно

невелико, так как они отделены от контакта с водой толщей озерных отложений [3]. В данной работе рассмотрены озера с минерализацией больше 100 г/л, данные по которым приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав вод озер МНР

№ п/п	Озера	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	SiO ₂	M	pH
		мг/л									
Котловина Больших Озер											
1	Хара-Ус-Нур	21,2	5	10,6	2	98,8	8	5,7	17	0,16	7,3
2	Хиргис-Нур	10	300	2100	230	850	2400	1400	211	8	9,5
3	Убсу-Нур	120	800	5400	230	1400	5000	6400	76,3	19,3	8,4
4	Ихэс-Нур	120	7000	26800	250	800	39100	32900	21,2	107,1	7,2
5	Булт-Нур 1982	0,8	90	97000	4800	7300	65400	10700	312,3	263,5	10
6	Булт-Нур 1983	16	130	113500	3200	9150	76100	7900	298	302,9	9,8
7	Дэвтэр-Нур	500	15300	99600	1420	200	14200	189700	16,1	321,4	6,7
8	Давсан-Нур	30	11000	108600	2700	600	29200	180000	21	332	7
9	Бага-Нур	4	280	8600	200	1100	13600	2900	153	27,2	9
Долина Озер											
10	Давсан-Нур	490	9000	71300	600	700	25600	118300	21	217,9	7,15
11	Боровое	120	47700	60300	2100	2200	90100	166300	15	369,2	6,65

Таблица 2

Состав океанической воды различной степени сгущения [1]

Стадия сгущения	Жидкая фаза, г/кг								Состав твердой фазы
	CaCO ₃	CaSO ₄	MgSO ₄	MgCl ₂	NaCl	KCl	NaBr	сумма солей	
нормальная океаническая вода	0,13	1,28	2,3	3,38	27,67	0,76	0,09	35,6	CaCO ₃
начало садки гипса	0,34	4,9	9,5	14,9	99,1	2,4	0,26	131,4	CaSO ₃ 2H ₂ O
начало садки галита	0,52	0,46	21	33,4	214,1	5,2	0,59	275,3	NaCl
начало садки эпсомита	2,24		89,2	158,2	50,5	22,9	2,72	325,8	Mg ₂ SO ₄ 7H ₂ O
начало садки сильвина			75,5	169,1	33,8	49,2		327,6	KCl
начало садки корналлита	3,01		64,4	218,4	24,2	31,6	3,9	345,5	KCl MgCl ₂ 6H ₂ O
эвтоника	4,57		39,9	308,6	10,5	1,9	5,99	371,5	MgCl ₂ 6H ₂ O

По этим данным можно видеть, что pH зависит от состава вод; содовые воды самые щелочные. Все озера относятся к хлоридно-натриевому и к сульфатно-натриевому типу вод. Содержание ионов Na⁺ и Cl⁻ с увеличением минерализации растут. Они остаются в растворе и концентрируются [4].

Процессы континентального соленакопления проявляются в поверхностных, подземных и грунтовых водах и почвенных растворах; в конечных ложбинах поверхностного и подземного стока – в котловинах соляных озер – отличаются. В отличие от рек озера – это водоемы замедленного водообмена. Степень их минерализации в большей степени зависит от их проточности. Озера, имеющие постоянный сток, как правило, пресные. Озера бессточные обычно соленые или рассольные. Озера с периодическим стоком имеют промежуточную минерализацию вод [2].

Климат Гобийского района аридный характеризуется высокими температурами воздуха и значительными величинами испарения, часто во много раз превышающими количество выпадающих осадков. Для этого района характерны засоленные почвы и грунтовые воды высокой минерализации, бессточные котловины. По мере роста

минерализации воды озера происходит образование твердых фаз, накопление донных химических осадков, дальнейшее формирование поверхностных и донных рассолов: устанавливается новое солевое равновесие [3].

Рост минерализации воды в процессе испарения в озерах сопровождается стадийной сменой качественного состава солей в рассолах. Исходя из данных о совместной растворимости солей, М.Г. Валяшко выделил три основных химических типа рассолов соляных озер: гидрокарбонатный, сульфатный и хлоридный в зависимости от комбинации главных ионов (CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Mg^{2+} , K^+ , Na^+). Сульфатный тип имеет два подтипа: сульфатно-натриевый и сульфатно-магниевый [1].

При отсутствии стока из озера и в процессе испарения происходит накопление растворенных в морской воде солей и она становится насыщенной по отношению ко все большему числу химических соединений. Как только достигается насыщение той или иной солью, накопление соответствующих элементов в воде резко замедляется. В табл. 2 приведен состав океанической воды, рассолов и солей, образующихся в процессе лабораторного испарения. Из приведенных данных видно, что сначала нормальная морская вода в процессе испарения теряет кальциевые соли (карбонат и сульфат), затем начинает кристаллизоваться главный солевой компонент – галит и идет обогащение рассолов магниевыми и калийными солями. Рассолы все больше и больше обогащаются хлоридами магния [1].

По ПК HydroGeo были рассчитаны активности химических компонентов, а затем по ПК Excel строились диаграммы равновесия (рис. 1, 2, 3).

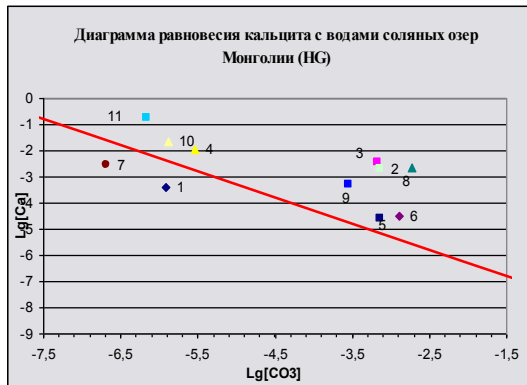


Рис. 1. Диаграмма равновесия вод соляных озер Монголии с карбонатными минералами при температуре 25 °С

Степень насыщения подземных вод по отношению к кальциту определяется по произведению растворимости его ионов в соответствии с реакцией: $\text{CaCO}_3 = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$, константа которой для температур 5 и 25 °С равна $10^{-8,09}$ и $10^{-8,34}$ соответственно. На рис. 1 равновесие вод с кальцитом при температуре 25 °С показано линией. Если точки, характеризующие состав конкретной пробы воды, выше линии, то подземные воды насыщены к карбонату кальция, а ниже – не насыщены [5]. Исследования характера равновесия вод с карбонатами показали, что практически все исследуемые воды равновесны к кальциту и только несколько точек близки к равновесию. Это свидетельствует о наличии пересыщения вод относительно карбоната кальция и о возможности его осаждения из вод. Часть вод оказалась недонасыщенной относительно карбонатов кальция и поэтому способна выщелачивать его из водовмещающих пород.

Карбонаты составляют новообразованную вторичную твердую фазу, формирующуюся на протяжении всего времени

взаимодействия в системе вода–порода.

Лишь немногие воды соляных озер Монголии насыщены относительно гипса – только воды с высоким содержанием ионов SO_4^{2-} (более 30 г/л). Возможно, равновесие устанавливается только в определенные сезоны года на участках интенсивного испарения. Региональная насыщенность гипсом наступает только при минерализации хлоридных вод не менее 100 г/л.

Равновесия с галитом не достигается ни в одной точке. Ионы натрия и хлора накапливаются в озерах, но в недостаточном для образования галита количестве.

Таким образом, мы можем сказать, что последовательность выпадения солей в озерах Монголии на территории котловины Больших Озер совпадает с последовательностью, предложенной М.Г. Валяшко. Особенно большая роль в процессах концентрирования и изменения химического состава вод в зоне соляных озер принадлежит испарению, а также зависит от стадии, на которой находится формирование минерализации грунтовых вод. По мере увеличения возраста и степени засоления происходит нейтрализация карбонатов и почвенная толща характеризуется преимущественно сульфатным засолением, высоким содержанием гипса. При высоких степенях засоления в почвенной толще сернокислые соли отходят на второй план и начинают преобладать хлориды натрия.

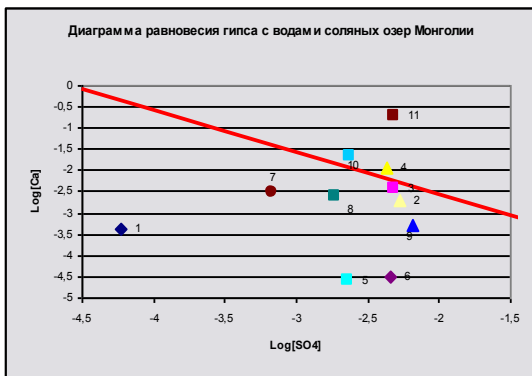


Рис. 2. Диаграмма равновесия вод соляных озер Монголии с гипсом при температуре 20 °С

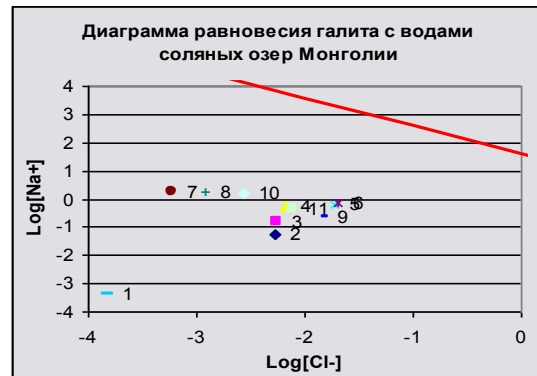


Рис. 3. Диаграмма равновесия вод соляных озер Монголии с галитом при температуре 20 °С

Каждому соляному озеру, а иногда и его отдельным частям, свойственны специфические условия формирования химического состава и концентрации растворенных веществ.

Литература

1. Валяшко М.Г. Закономерности формирования месторождений солей. – М.: МГУ, 1962. – 397 с.
2. Дзенс-Литовский А.И. Соляные озера СССР и их минеральные богатства. – М.: Недра, 1968. – 119 с.
3. Рассказов А.А., Севастьянов Д.В., Егоров А.Н., Цэрэнсодном Ж. Озера МНР и их минеральные ресурсы. – М.: Недра, 1991 г. – 136 с.
4. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. – М.: Недра, 1972 г. – 288 с.
5. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 336 с.
6. Геологическая эволюция и самоорганизация системы "вода-порода": Том 2. / отв. редактор Шварцев С.Л. – Томск: Издательство СО РАН, 2005. – 244 с.

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ДРЕНАЖНЫХ ПОТОКОВ С ПРИРОДНЫМИ ВОДАМИ

Т.В. Корнеева

Научный руководитель ведущий научный сотрудник С.Б. Бортникова
Институт нефтегазовой геологии и геофизики Сибирского отделения
Российской Академии наук, г. Новосибирск, Россия

Процессы выветривания и окисления отходов горно-обогатительных предприятий приводят к образованию кислых дренажных потоков с высокими концентрациями тяжелых металлов и других элементов в окружающей среде [2]. Сложное взаимодействие физических, геохимических и биологических процессов, включая процессы смешения, разбавления, испарения, эрозии, окислительно-восстановительных реакций, минерального осаждения и растворения, адсорбции и других процессов определяют возможную судьбу элементов, выщелоченных из вещества отвалов рудно-породной массы или отходов горно-обогатительных предприятий [2]. Критическое влияние на миграцию тяжелых металлов, выщелачиваемых в зонах окисления из вещества рудосодержащих отвалов, оказывают взаимодействия с природными водами в зоне смешения. Эффективность подобного рода геохимических барьеров определяется контрастностью составов транспортирующих потоков и буферными свойствами депонирующей среды.

На примере четырех дренажных ручьев в районе действия Салаирского ГОКа (Кемеровская область) прослежены изменения содержания основных ионов и токсичных металлов в поверхностных водах и донных осадках. Два из них – Водопадный и Березовый являются дренажом действующего хвостохранилища Салагаевский лог [1] и впадают в р. Малая Талмовая. То, что они дренируют по всему телу хвостов, является артефактом, т.к. сток предполагался по трубам из дренажных колодцев. Ручей Екатерининский представляет собой выход шахтных вод из законсервированной штольни, впадает в ту же реку. Ручей Шахтный просачивается по трещиноватым породам зоны окисления и выходит в борту действующего Новосалаирского карьера, попадая в карьерное озеро. Все четыре ручья взаимодействуют с веществом приблизительно одного и того же состава: Водопадный и Березовый – с отходами флотационного обогащения полиметаллических руд, Екатерининский формируется из подземных вод рудного поля, Шахтный проходит через окисленные тела верхних горизонтов оруденения. Основным сульфидным минералом руд является пирит, в меньшем на порядок количестве присутствуют сфалерит, галенит, халькопирит, тетраэдрит. Общее содержание сульфидов не превышает 2–3 %. Вмещающими породами рудного поля являются известняки и доломиты.

Еще раз подчеркнем, что исследование проводилось для устьевой части ручьев, зон их смешения с рекой (3 ручья) или карьерным озером (ручей Шахтный), т.е. рассматривается результирующий состав дренажных потоков после всех взаимодействий на пути их движения. Вода дренажных ручьев солоноватая (по классификации А.М. Овчинникова), три из них (Водопадный, Березовый, Екатерининский) характеризуются слабощелочной средой ($pH = 6,95 - 8,17$) и относятся к сульфатно-гидрокарбонатному классу, кальций-магниевому типу. Шахтный ручей имеет кислую среду, анионный состав полностью представлен сульфатом. В катионном составе преобладающим в Водопадном и Шахтном ручьях является кальций, в Березовом и Екатерининском – магний, содержания этих элементов превышают фоновый уровень более, чем на порядок:

$M_{2,5} \frac{SO_4 81 HCO_3 16 Cl 3}{Ca 66 Mg 18 Na 14} pH_{8,17}$	Водопадный
$M_{3,2} \frac{SO_4 95 HCO_3 2,7 Cl 2,3}{Mg 50 Ca 40 Na 9} pH_{7,52}$	Березовый
$M_{9,1} \frac{SO_4 97,4 HCO_3 1,3 Cl 1,2}{Mg 57 Ca 39} pH_{6,95}$	Екатерининский
$M_{2,4} \frac{SO_4 100}{Ca 61 Mg 37} pH_{3,54}$	Шахтный
$M_{2,4} \frac{SO_4 100}{Ca 67 Mg 41} pH_{3,02}$	Новосалаирское карьерное озеро
$M_{0,6} \frac{HCO_3 52 SO_4 42 Cl 6}{Ca 68 Mg 24 Na 6} pH_{7,94}$	р. Малая Талмовая

Обращает на себя внимание высокая минерализация ручья Екатерининский за счет концентрации сульфат-иона. Река М. Талмовая, в которую впадают ручьи Водопадный, Березовый и Екатерининский характеризуется слабощелочным рН (7,94) и относится к гидрокарбонат-сульфатному, кальциевому типу с минерализацией 0,6 г/л. Новосалаирское южное озеро образовалось путем заполнения одного из карьеров атмосферными и грунтовыми водами. Вода медленно поступает в карьер и взаимодействует с окисленными рудными телами, что приводит к образованию кислых растворов с повышенной сульфатной минерализацией и высокими концентрациями металлов.

Во всех ручьях обнаружены повышенные по сравнению с фоном содержания металлов: Fe, Mn, Zn, Cd, Co, Ni, преобладающим среди них является цинк. Его концентрации в водах разных ручьев сильно различаются: от 6,6 до 100 мг/л. В Водопадном концентрации цинка составляют 6,6 мг/л, а в воде руч. Березовый – 42 мг/л. В Екатерининском и Шахтном ручьях концентрации цинка близки: 100 и 89 мг/л соответственно. Руч. Шахтный, обладающий кислой средой, характеризуется повышенными (более чем на порядок) содержаниями Pb, Cu, Cd по сравнению с ручьями, в которых значения рН находятся в нейтральной области.

Содержания основных катионов в зонах смешения трех ручьев (Водопадного, Березового, Екатерининского) постепенно снижаются, не достигая, однако, фонового уровня. Поскольку руч. Шахтный впадает в карьерное озеро, вода которого имеет очень сходные характеристики, в зоне смешения концентрация элементов остается практически на том же уровне, что и в ручье. Непосредственно в зонах смешения трех ручьев и р. М. Талмовой содержания металлов резко снижаются. Наиболее контрастная разница у тех элементов, содержания которых в ручьях были высокими: Zn, Mn, Cd. Такие же элементы как Ni, Co, Cu более стабильно остаются в растворенном виде.

Долевое соотношение химических форм нахождения металлов в воде ручьев различно. Как уже говорилось выше, в растворах дренажных ручьев среди металлов преобладает Zn. Химические формы его нахождения представлены аква-ионами (Zn^{2+}_{aq}), сульфатными ($ZnSO_4^0$, $Zn(SO_4)_2^{2-}$), карбонатными и гидрокарбонатными комплексами ($ZnCO_3$, $Zn(CO_3)_2^{2-}$ и $ZnHCO_3^+$). В руч. Водопадном преобладают карбонатные и гидрокарбонатные комплексы, хотя немалая доля представлена свободными аква-ионами и сульфатными комплексами. В руч. Березовом 50 % Zn присутствует в виде сульфатных комплексов и аква-ионов (43 %); в Екатерининском ручье доля сульфатной формы еще больше, а в руч. Шахтном сульфатные комплексы и свободные ионы присутствуют в равных долях. В зонах смешения с рекой общей закономерностью является переход цинка в карбонатные соединения (за исключением руч. Шахтный) и увеличения доли свободных ионов. Близкий по свойствам цинку кадмий во всех четырех ручьях образует главным образом сульфатные комплексы, хотя доля его аква-ионов также значительна; в зоне смешения и в реке она увеличивается. Железо (III) в руч. Водопадном, Березовом, Екатерининском присутствует исключительно в гидроксидных комплексах; эта же форма характерна и для меди в Водопадном и Березовом ручьях, в Екатерининском преобладающей формой меди является сульфатная. В руч. Шахтном железо представлено закисной формой, находится в виде аква-ионов (преобладающая форма) и сульфатных комплексов. Химическими формами меди здесь также являются свободная и сульфатная. Обнаруженный только в руч. Шахтном свинец находится в виде сульфатных комплексов (67 %) и аква-ионов (33 %).

Термодинамические расчеты показали, что воды всех дренажных ручьев пересыщены по отношению к гидроксидам железа (III) и оксидам Mn. Ионы Fe^{3+} осаждаются главным образом в виде гётита, в меньшем количестве в виде ярозита. Общей характеристикой ручьев (кроме Шахтного) является насыщение их растворов по отношению к силикатным фазам магнезия и кальция, а также цинка (виллемит). В зоне смешения руч. Водопадного индексы насыщения силикатов уменьшаются, свидетельствуя о возможном растворении взвешенных частиц, а в зонах смешения руч. Березового и Екатерининского, наоборот, возрастают.

Близки к насыщению воды ручьев по отношению к карбонатам: марганца (за исключением кислого Шахтного), цинка (Березового), кальция (Водопадного). В зонах смешения индексы насыщения карбонатов в целом, возрастают, и в реке возможно образование их взвеси с последующим осаждением в донный осадок. Кроме упомянутых, индексы насыщения карбонатов магнезия и кадмия приближаются к единице в воде реки после впадения в нее ручьев. Из сульфатов в ручьях возможно формирование барита. Сульфаты кальция, стронция, калия близкоравновесные в воде ручьев, могут растворяться в условиях реки. Кроме того, вода пересыщена по отношению к ряду минеральных фаз, таких как родохрозит, барит, манганит, ферригидрит. Равновесное содержание калиевого ярозита в ручье сменяется недосыщенной его фазой в реке (рН ручья составляет 7,52 по сравнению с 8,02 реки).

Водный раствор Водопадного ручья также пересыщен по отношению к кальциту, доломиту и родохрозиту. В равновесном состоянии могут присутствовать минеральные фазы: смитсонит, магнезит, гипс, ангидрит. Кроме того, в воде реки после впадения в неё ручья может формироваться $CdCO_3$ (отавит). В отличие от Березового, в растворе Водопадного появляется Mn_2O_4 (гаусманит).

В Екатерининском ручье преобладают разные формы ярозита, но при впадении его в р. Малая Талмовая вода становится недосыщенной по отношению к этим фазам и раствор постепенно насыщается сульфатом Ba. В свою очередь, вода ручья близко равновесна по отношению к гипсу, смитсониту. По мере впадения дренажа в р. Малая Талмовая раствор насыщается оксидами Mn (биксбиит).

В воде Шахтного ручья могут находиться равновесные формы целестита, урбанита, ангидрита, гипса, барита и маггемита. Растворы ручья и карьерного озера пересыщены по отношению к гидроксидам железа (III), алюминия, а также оксидам меди и железа (III), в виде куприферрита и магнетита.

Концентрации металлов в донных осадках ручьев были пронормированы по отношению к концентрациям в донных осадках фонового района (Гавриловского водохранилища), расположенного в г. Салаир. По полученным результатам донные осадки накапливают высокие содержания Cd (5–80 мг/г), Zn (600–150000 мг/г), Pb (600–1700 мг/г), Fe (до 700000 мг/г), V (400–1700 мг/г), Sb (15–50 мг/г). Остальные элементы находятся на уровне фона или ниже его. По коэффициентам распределения элементов между донными осадками и водой к весьма подвижным элементам ($K_{распр} < 2,5$) в этой системе можно отнести: Ca (из числа макрокомпонентов), Mn, Zn, Ni, Cu (из микроэлементного состава). Подвижными элементами ($K_{распр} = 3–3,5$) можно считать K, Cd. Инертные элементы – Fe, Cu (в Березовом и

Екатерининском), Ni (в Екатерининском), K (в Шахтном) ($K_{распр} > 4,5$). Токсичные элементы Cd, Zn в данных условиях обладают высокой способностью переходить из донных отложений в раствор, что приводит к вторичному загрязнению рек.

Таким образом, в реке Малая Талмовая содержание практически всех элементов значительно ниже, чем в дренажных ручьях, т.е. река является гидрогеохимическим барьером. Однако содержания некоторых элементов, в частности цинка, выше фоновых в 100–1000 раз, что указывает на опасность загрязнения реки.

Литература

1. Бортникова С.Б., Гаськова О.Л., Айриянц А.А. Техногенные озера: формирование, развитие и влияние на окружающую среду / Отв. ред. д-р. геол.-мин. наук Г.Н. Аношин. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2003, -120 с.
2. Laurie S. Balistrieri, Robert R. Seal II, Nadine M. Piatak, Barbara Pau Assessing the concentration, speciation, and toxicity of dissolved metals during mixing of acid-mine drainage and ambient river water downstream of the Elizabeth Copper Mine, Vermont, USA //Applied Geochemistry 22 (2007) 930–952.

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ СЕВЕРО-ВАРЬЕГАНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Н.О. Костюкова

Научный руководитель доцент А.Д. Назаров
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Понятие зональности как проявление закономерности дифференциации условий залегания и движения, свойств и состава литосферных вод и других признаков широко используется в гидрогеологии. В основу научного обоснования явлений зональности в распространении подземных вод положен закон естественно – исторической зональности в природе Докучаева (1898 г.). На существование гидрогеологической зональности указывали В.И. Вернадский, Б.Л. Личков и другие исследователи, а Н.К. Игнатович (1949) явление гидрогеологической зональности, в том числе в нефтегазоносных бассейнах, возвел в разряд одного из базовых гидрогеологических законов.

Существует два вида зональности: горизонтальная (широтная) и вертикальная (глубинная). *Горизонтальная (особенно широтная) зональность* обусловлена физико-географическими факторами и наиболее контрастно проявляется в самых верхних частях земной коры, особенно в горизонте грунтовых вод. *Вертикальная (глубинная и площадная) зональность* прослеживается с глубиной в более глубоких горизонтах гидрогеологических (в том числе нефтегазоносных) бассейнов по мере ослабления физико-географических и усиления глубинных геологических факторов и процессов.

В природе, как правило, не наблюдаются четкие и резкие границы между различными гидрогеохимическими зонами; химический состав подземных вод, особенно по пласту, обычно изменяется постепенно. Поэтому принято выделять гидрогеохимические зоны, которые в каждом конкретном случае могут быть различными. Под *гидрогеохимической зоной* принято понимать часть бассейна подземных вод (или водоносного пласта), относительно однородную по химическому составу вод, в пределах которой принятый за основу выделения зон гидрогеохимический показатель (или сумма показателей) изменяется в сравнительно узких, условно устанавливаемых границах [2].

Помимо гидрогеохимических зон выделяются *гидрогеохимические пояса*, под которыми понимается то или иное сочетание зон, отражающее гидрогеохимический разрез на всю мощность осадочного чехла бассейнов. Сочетание зон может быть самым разнообразным, отражающим прямую, обратную, переменную и сложную гидрогеохимическую зональность разреза. Под *прямой зональностью* понимается последовательное увеличение минерализации подземных вод (и соответственно изменение химического типа воды) с глубиной. *Обратная зональность* (гидрогеохимическая инверсия) характеризует уменьшение минерализации вод по разрезу. При *переменной зональности* нет строго определенного изменения минерализации вод с глубиной.

Исследуемое Северо-Варьеганское месторождение расположено в пределах Нижневартовского района Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области в 180 км к северу от г. Нижневартовска и в 20 км от г. Радужный. Оно приурочено к крупной структуре размером 36×15 км.

По характеристике местности район представляет собой сильно заболоченную равнину, с небольшим уклоном (около 1 м/км) поднимающуюся на север, в сторону Сибирских увалов, являющихся основным водоразделом Западной Сибири. К северу от Сибирских увалов все реки текут на север, в Карское море, а к югу – являются притоками реки Обь. Основной элемент рельефа – плоские заболоченные междуречья, разделенные неглубокими балками, реками и ручьями. Поймы и надпойменные террасы водотоков опесчанены, залесены. Большая часть территории представляет собой труднопроходимые болота, плохо промерзающие зимой.

В гидрогеологическом отношении территория месторождения приурочена к центральной части Западно-Сибирского артезианского бассейна. В разрезе выделяют два гидрогеологических этажа, разделенных региональным водоупором - мощной толщей турон-нижнеолигоценного возраста преимущественно глинистого состава.

Верхний гидрогеологический этаж объединяет осадки палеоген-четвертичного возраста, характеризуется свободным водообменом и содержит пресные воды. По условиям залегания и стратиграфической приуроченности выделяются следующие горизонты:

- водоносный горизонт четвертичных отложений;
- атлымско-новомихайловский водоносный горизонт;
- тавдинский водоносный горизонт.

Подземные воды четвертичного водоносного горизонта по химическому составу пресные с минерализацией, не превышающей 0,2–0,4 г/л, гидрокарбонатные магниево-кальциевые (рис.). Питание этих вод связано, в основном, с поверхностными источниками и инфильтрацией атмосферных осадков.

Атлымско-новомихайловский водоносный горизонт в пределах Западно-Сибирского артезианского бассейна распространен повсеместно. По своим физико-химическим свойствам подземные воды этого горизонта удовлетворяют требованиям ГОСТа «Вода питьевая». Вода пресная с минерализацией 0,18–0,6 г/л, гидрокарбонатная (рис.).

Тавдинский водоносный горизонт в пределах территории расположения Северо-Варьганского месторождения распространен повсеместно. Водоносными являются песчаные отложения корликовской толщи. По своим физико-химическим свойствам подземные воды удовлетворяют требованиям ГОСТа «Вода питьевая». Минерализация воды не превышает 1,1 г/л, вода хлоридно-карбонатная и магниево-кальциево-натриевая (рис.). В санитарно-бактериологическом отношении воды пригодны для питьевых целей. Однако тавдинский водоносный горизонт для целей водоснабжения месторождения не используется, поскольку уступает атлымско-новомихайловскому (куртамышскому) по продуктивности, а также в связи с тем, что он залегает значительно глубже.

Нижний гидрогеологический этаж отличается более надежной изоляцией водоносных горизонтов от поверхностных природно-климатических факторов. Здесь, в условиях затрудненного водообмена формируются минерализованные термальные подземные воды. В разрезе нижнего гидрогеологического этажа выделяется пять водоносных комплексов, описание которых приведено снизу вверх.

Первый водоносный комплекс представлен трещиноватой зоной фундамента, породами коры выветривания. В целом воды, заключенные в рассматриваемых породах, соленые хлоркальциевого типа с минерализацией в среднем 26,5 г/л (рис.).

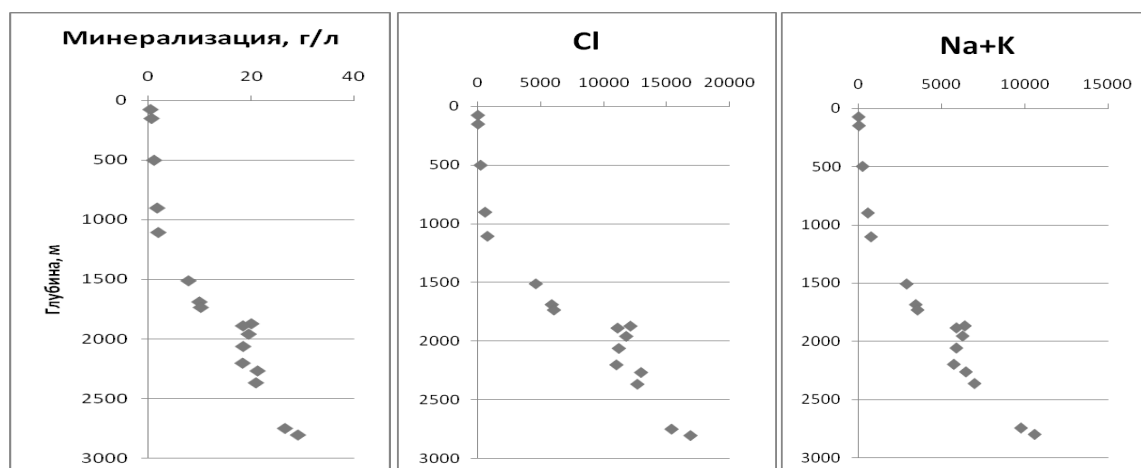


Рис. Графики зависимости минерализации, Cl, Na+K от глубины

Второй гидрогеологический комплекс на месторождении наиболее изучен. К нему относятся отложения васюганской свиты, к которой приурочены основные залежи нефти и газа на месторождении (ЮВ₁¹, ЮВ₁², ЮВ₁³). Минерализация воды юрских пластов находится в пределах 36,4–63,9 г/л (рис.). Пластовые воды комплекса, в основном, хлоркальциевого типа, однако в восточной и северо-восточной части месторождения встречаются воды хлоридно-магниевые, карбонатно-натриевые.

Третий гидрогеологический комплекс включает ачимовскую толщу, представленную чередованием песчано-алевритовых пород и глин. Общая минерализация этого комплекса по району изменяется от 22,7 г/л до 28,4 г/л. Тип вод – хлоркальциевый (рис.).

Четвертый водоносный комплекс состоит из отложений верхней части мегионской и вартовской свит. Песчаники характеризуются высокими коллекторскими свойствами. К породам данного комплекса приурочена одна из основных залежей нефти и газа (пласт БВ₈). Воды хлоркальциевого типа, минерализация находится в пределах 21,3–30,9 г/л (рис.), рН изменяется от 5,6 до 8,4. Воды жесткие.

Пятый гидрогеологический комплекс складывается породами покурской свиты апт-альб-сеноманского возраста. По результатам анализа воды проб по Ваньганскому месторождению воды напорные, хлор-кальциевого типа, бисульфатные. Минерализация изменяется от 14,1 до 27,2 г/л (рис.). Воды этого комплекса используются для заводнения при разработке месторождения.

Из микрокомпонентов в пластовых водах присутствует йод (до 11,19 мг/л), бром (до 96,2 мг/л), бор (до 16,5 мг/л). Однако их концентрации не достигают кондиционных величин. На Северо-Варьганском месторождении были проведены исследования на содержание в пластовых водах редких элементов (литий, рубидий, цезий, стронций, барий). В целом, наблюдается увеличение их с глубиной в соответствии с ростом общей минерализации подземных вод.

По графикам видно, что с глубиной пресные гидрокарбонатные воды сменяются соленоватыми и солеными хлоридно-натриевыми водами. Таким образом, на месторождении прослеживается нормальная вертикальная гидрогеохимическая зональность.

Литература

1. Гидрогеология СССР: Т. 16: Западно – Сибирская равнина / Под ред. В.А. Нуднера. – М.: Недра, 1970. – 367 с.
2. Карцев А.А., Вагин С.Б., Матусевич В.М. Гидрогеология нефтегазоносных бассейнов. – М.: Недра, 1986. – 224 с.
3. Крайнов С.Р., Швец В. М. Гидрогеохимия. – М.: Недра, 1992. – 463 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНОГО ГИАЦИНТА ЭЙХОРНИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД ОТ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ**Н.Ю. Ломакина****Научный руководитель старший преподаватель Н.Т. Усова
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Существуют разные способы очистки водоемов от загрязняющих веществ и биогенных элементов. Одним из них является очистка с помощью высшей водной растительности. В последние годы особой популярностью для очистки водоемов и сточных вод пользуется водный гиацинт – эйхорния.

Актуальность исследования связана с возможным использованием эйхорнии для очистки торфянико - болотных мелководных озер, содержащих гумусовые кислоты, которые, попадая в реки, вызывают их загрязнение.

Цель работы: оценить возможность использования эйхорнии для очистки природных вод от гумусовых кислот.

Задачи исследования:

- изучить возможности использования эйхорнии для очистки поверхностных вод по данным литературных источников;
- выбрать методику для определения гумусовых кислот;
- разработать и осуществить модельный эксперимент для достижения поставленной цели.

Растение эйхорния (*Eichornia crassipes*) – типичный гидрофит. Его родина – река Амазонка, откуда он был вывезен 100 лет назад и быстро адаптировался и распространился уже более чем в 50 странах на пяти континентах. Окисляя различные вещества, находящиеся в воде, эйхорния расщепляет их, используя свободный кислород воды. Чем грязнее водоем, тем быстрее эйхорния растет и размножается. Для проведения эксперимента мы решили воспользоваться методикой определения гумуса в почвах по методу Тюрина. Исследования были начаты 12.07.2007 г. и продолжались один месяц. Почвенный раствор разливали в четыре одинаковые емкости. В три из них помещали эйхорнию. Емкости находились в теплице на улице. За первую неделю эксперимента в воде с эйхорнией содержание гумуса уменьшилось на 30 %. На второй неделе эксперимента в воде всех емкостей появились сине-зеленые водоросли (по данным микроскопического анализа), что соответственно повысило содержание органики в воде всех емкостей. Резкое уменьшение содержания гумуса в воде всех емкостей произошло на третьей неделе эксперимента, что, по-видимому, можно объяснить «прожорливостью» сине-зеленых водорослей. На четвертой неделе - эйхорния стала гибнуть, поэтому эксперимент был прекращен. Для того чтобы избежать влияния сине-зеленых водорослей, мы решили изменить постановку эксперимента. Емкости закрыли темными пакетами, в которых проделали отверстия и поместили эйхорнию. В первые две недели произошло увеличение содержания гумуса в почве с эйхорнией. Вероятно, это объясняется адаптацией растения к новым условиям и гниением старых корешков, которое давало дополнительное питание растению и соответственно содержание гумуса не уменьшилось и даже увеличилось. На третьей неделе, когда появились новые свежие корешки, эйхорния начала поглощать гумус почвы (уменьшение на 50 %). Даже невооруженным взглядом было хорошо заметно, что вода в емкости с эйхорнией гораздо светлее, чем без растения; кроме этого, в данном эксперименте растение сильно поглощало воду.

Выводы.

1. Эйхорния уменьшает содержание гумуса, что соответственно приводит к снижению концентрации гумусовых кислот в воде.

2. На развитие эйхорнии губительно влияют сине-зеленые водоросли, поэтому размещать в водоеме ее необходимо не единичными растениями, а в виде плотной «клубы».

3. Целесообразно рекомендовать использование эйхорнии для очистки природных вод от гумусовых кислот.

Выражаем благодарность доценту МФСХ ТГУ Семенову С.Ю. за оказанную помощь в проведении работы.

Литература

1. Методическое пособие по дисциплине «Экологический мониторинг»: Учебное пособие/Под ред. Г.И. Хараева. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. – 77с.
2. Вильдфлуш И.Р., Кукреш С.П., Ходянкова С.Ф. и др. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие для с.-х. вузов. – Мн.:Ураджай, 1998. – 270с.
3. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв: Учебник – М.: Высш.шк., 2005.-558 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ООО ЗПП (ЗАВОД ПРИБОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ)

Г. ТОМСКА

Т.В. Майкова

Научные руководители профессор Н.М. Рассказов, доцент Р.Ф. Зарубина
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Актуальность тематики обусловлена, с одной стороны, большим интересом к методам очистки сточных вод, с другой – ее недостаточной разработанностью. Рассмотрение вопросов, связанных с ней, имеет как теоретическую, так и практическую значимость.

Целью работы является исследование химического состава сточных вод ООО «Завод приборных подшипников» и оценка эффективности их очистки существующим методом и перспективным методом электрообработки.

ООО «ЗПП» расположен в северо-восточной части г. Томска. Для питьевых целей, а также для водообеспечения производственных цехов используются подземные воды. Забор их осуществляется из одиночной скважины, находящейся на территории ООО «ЗПП», глубиной около 120 м. По химическому составу эта вода гидрокарбонатная магниевно-кальциевая, нейтральная, жесткая, с общей минерализацией менее 1 г/л.

В настоящее время производственные и хоз-бытовые сточные воды ООО «ЗПП» в объеме около 200 м³/сут. проходят очистку на заводских сооружениях, из которых запущена в эксплуатацию только линия отстойников – первичный отстойник сточных вод (совместно хоз-бытовых и производственных) и вторичный отстойник, после которого стоки поступают в городской коллектор.

В ходе работы были отобраны и проанализированы пробы сточных вод, поступающих в первичный отстойник, и стоков на выходе из очистных сооружений. Состояние сточных вод характеризует показатель их загрязнения компонентами (i) относительно ПДК_{i,р-х} для вод рыбохозяйственного назначения ($C_i / \text{ПДК}_{i,р-х}$). Анализ показывает, что на выходе из ОС ООО «ЗПП» содержание железа в стоках превышает ПДК_{р-х} в 7,4 раза; содержание нитритов – более чем в 100 раз; лития – в 24 раза; фосфатов – более чем в 3 раза; содержание взвешенных веществ превышает ПДК_{р-х} в 1,5 раза.

Заводские очистные сооружения в настоящее время работают в режиме не доочистки. Процент очистки сточных вод ООО «ЗПП» на существующей линии отстойников составляет менее 37 %. Кроме этого, напорный коллектор этих вод протяженностью около 1 км постоянно выходит из строя и требует значительных затрат на капитальный ремонт и обслуживание. Поэтому необходима реконструкция существующих ОС ООО «ЗПП».

С участием автора был проведен эксперимент по улучшению химического состава сточных вод ООО «ЗПП» методом электроразрядной обработки в слое металлических гранул. Исследования проводились на экспериментальной установке, созданной в научно-исследовательском институте высоких напряжений при ТПУ [1, 3].

В процессе электрообработки происходит увеличение pH воды до величины 8,0–8,5 (рис. 1).

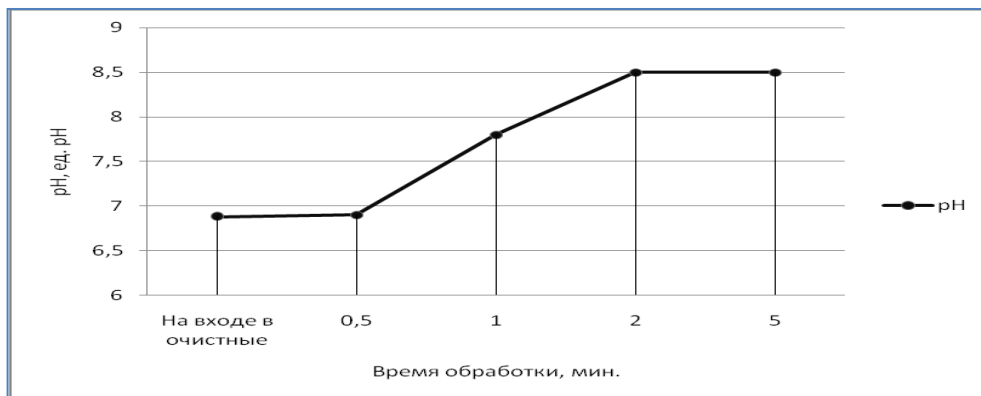
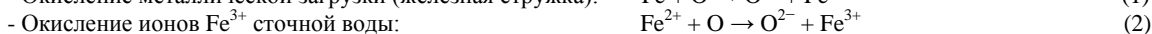
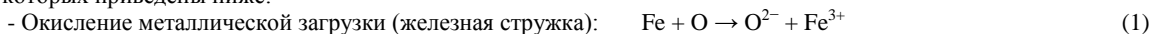


Рис. 1. Изменение величины pH в сточных водах ООО «ЗПП» в зависимости от времени электрообработки

Содержание Na⁺, K⁺, Cl⁻ в процессе электрообработки не меняется.

При протекании тока через железную стружку в воде появляются катионы железа Fe³⁺ (уравнения 1, 2), анионы OH⁻ (уравнение 3). В слабощелочной среде происходит образование нерастворимого гидроксида железа (уравнение 4), выпадающего в осадок и образующего в воде положительно заряженные коллоидные частицы (уравнение 5), к которым затем притягиваются отрицательно заряженные частицы из числа водных примесей (NO₂⁻, NO₃⁻, HSiO₃⁻ (уравнение 6).

Химический процесс образования нерастворимого гидроксида железа, с последующим формированием хлопьев, способных адсорбировать мелкодисперсные примеси воды, происходит в несколько этапов, химические реакции которых приведены ниже:



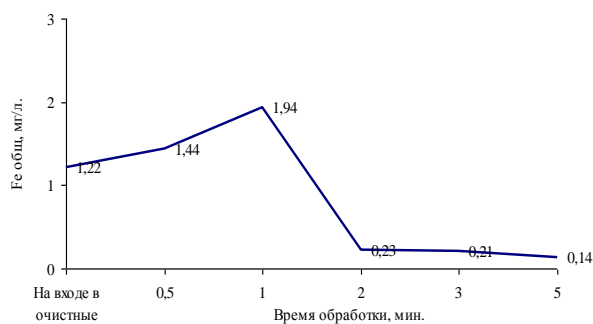


Рис. 2. Изменение содержания железа в сточных водах ООО «ЗПП» в зависимости от времени электрообработки

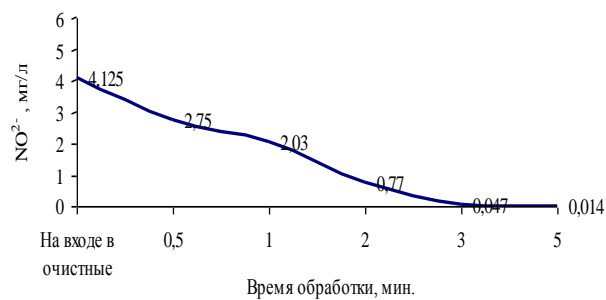
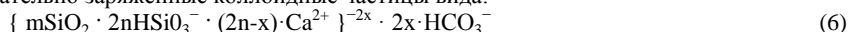


Рис. 3. Изменение содержания нитритов в сточных водах ООО «ЗПП» в зависимости от времени электрообработки

В процессе протекания электрического тока pH воды увеличивается, в щелочной среде магний выпадает в осадок в виде нерастворимых гидроксидов. За счет взаимного соосаждения с CO_3^{2-} снижается концентрация стронция (рис. 4).

В процессе электрообработки происходит снижение содержания кремния (рис. 5). При протекании электрического тока образуются отрицательно заряженные коллоидные частицы вида:



Отрицательно заряженный коллоид кремния притягивается к положительному коллоиду железа, происходит их взаимная коагуляция и осаждение.

В процессе электрообработки изменяется макрокомпонентный состав сточной воды ООО «ЗПП» (рис. 6).

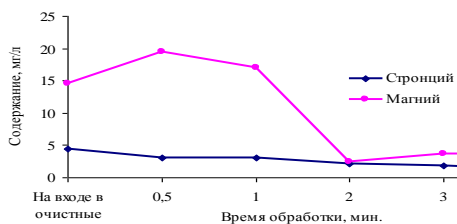


Рис. 4. Изменение содержания магния, стронция в сточных водах ООО «ЗПП» в зависимости от времени электрообработки

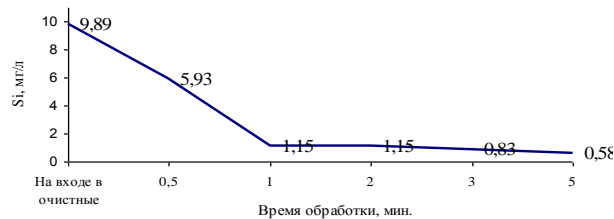


Рис. 5. Изменение содержания кремния в сточных водах ООО «ЗПП» в зависимости от времени электрообработки

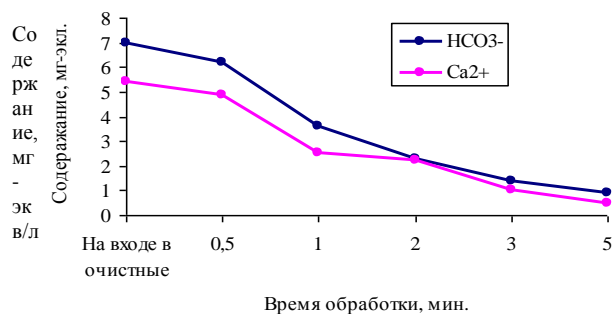


Рис. 6. Изменение содержания кальция, гидрокарбонатов в сточных водах ООО «ЗПП» в зависимости от времени электрообработки

С увеличением pH воды HCO_3^- разрушается до CO_3^{2-} (уравнение 7), который, взаимодействуя с Ca^{2+} , образует карбонат кальция CaCO_3 , выпадающий в осадок (уравнение 8).



Результаты проведения эксперимента представлены в табл.

Результаты исследований по изменению химического состава сточных вод после очистки на ОС ООО «ЗПП» и в процессе их электрообработки (ЭО)

Показатели,	ПДКр-х [2]	Содержание на входе в ОС	Содержание на выходе из ОС	Степень очистки на ОС, %	Содержание после ЭО, 3 мин.	Степень очистки после ЭО, 3 мин., %
HCO ₃ ⁻ , мг/л	–	344 ± 34	366 ± 36	–	85,4	80,0
Ca ²⁺ , мг/л	180	108	94	13,0	20	81,5
Mg ²⁺ , мг/л	40	14,64	18,3	0,0	3,6	75,4
pH, ед. pH	–	7,33	7,08	–	8,2	–
Fe _{общ.} , мг/л	0,1	1,22	0,74	39,3	0,2	83,6
Si, мг/л	–	9,89	9,89	–	0,83	91,6
NO ₃ ⁻ , мг/л	40	12,32	10,12	17,9	3,43	72,2
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,08	4,125	8,25	0,0	0,047	98,9
Li, мг/л	0,0007	0,017	0,017	–	0,009	47,1
Sr, мг/л	0,001	4,5	4	11,1	1,8	60,0
Фосфаты, мг/л	0,05	5,6	6,7	–	0,012	99,8

В результате исследований можно сделать вывод о том, что сточные воды ООО «ЗПП» не удовлетворяют нормативным требованиям по ряду показателей вод для рыборазведения. Эффективность очистки на существующих очистных сооружениях очень низкая. В ходе проведения эксперимента было выяснено, что при электроразрядной обработке в слое металлических гранул сточных вод ООО «ЗПП» в течение трех минут степень очистки от ряда компонентов увеличивается до 80–99 %.

Литература

1. Майкова Т.В. Улучшение качества питьевой воды с. Каргасок Томской области. // Проблемы геологии и освоения недр: XII Международный научный симпозиум имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвящённый 100-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири и 90-летию создания Сибгеолкома в России. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – С. 266–268.
2. Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М.: ТОО «Мединор», 1995.
3. Андрейченко А.А., Черкашин В.И., Гончаров О.Ю., Яворовский Н.А.. Электроразрядные технологии в системах водоснабжения хозяйственно-питьевого назначения. // Основные водохозяйственные проблемы и пути их решения: Материалы научно-практической конференции. — Томск: Томскводоканал, 2005.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНОЙ СРЕДЫ НА ШАХТАХ, ПРИМЕНЯЮЩИХ ГИДРАВЛИЧЕСКУЮ ЗАКЛАДКУ

Т.Ф. Мельникова¹, А.С. Вдовина¹, Е.И. Кропачев²

Научный руководитель профессор Ю.В. Лесин²

¹Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

²Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово, Россия

Гидравлическая закладка выработанного пространства применяется при разработке угольных месторождений в России, Польше, Франции, Румынии, Венгрии, Германии, Австрии, Индии, Чехии, Словакии и других странах. В ряде стран она используется и в рудной промышленности (США, Канада, Германия, Австрия и др.) [1].

В Кузбассе гидравлическую закладку применяют на шахтах Прокопьевско–Киселёвского района, необходимость ее применения для управления кровлей на шахтах района обусловлена наличием мощных крутых пластов с самовозгорающимися углями, склонных к внезапным выбросам угля и газа, и условиями охраны различных объектов на поверхности. Как отмечалось в работе [2], при правильном развитии добыча угля с закладкой в этом районе Кузбасса должна составлять около 70 % объёма всей подземной добычи, однако из-за отсутствия технических решений ряда вопросов теории и практики закладочных работ и необходимых инвестиций, добыча угля с закладкой до настоящего времени держится практически на одном уровне – около одного млн т. Благодаря большой плотности намываемого массива, высокой производительности и сравнительно низкой энергоёмкости, гидравлическая закладка является и в ближайшее время останется основным способом закладки выработанного пространства на шахтах Кузбасса.

Наряду с этими достоинствами гидравлическому способу присущи существенные недостатки, основными из которых являются необходимость управления большими объёмами технологической воды, используемой для транспортировки и укладки породы в выработанном пространстве и вынос дисперсных частиц закладочного материала отходящей водой из забоя. Вынос мелких фракций приводит не только к потере закладочного материала, снижению качества формируемого массива и заиливанию горных выработок и необходимости сооружения дополнительных выработок и устройств, но и к интенсивному загрязнению шахтных вод.

Таблица

Результаты анализа содержания взвешенных частиц в пробах воды, отобранных при закладке крупнокусковыми коренными породами кузнецкой свиты

Место отбора проб	Число проб	Содержание взвешенных частиц г/дм ³			Количество вынесенного закладочного материала при Т:Ж = 1:5 кг/м ³			Дисперсия г/дм ³	Кэф-фициент вариации	Необходимое число проб
		Среднее	Максимальное	Минимальное	Среднее	Максимальное	Минимальное			
На входе в закладочный массив	147	52	89	31	260	445	155	4,95	9,62	24
На выходе из закладочного массива	360	25,8	46	15	128	230	75	3,01	11,6	34
На выходе из отстойника	270	19,6	44	10	98	220	50	3,38	17,2	78

Натурные исследования загрязнения воды при гидравлической закладке коренными породами кузнецкой свиты крупностью 0–60 мм и мелкокусковыми горельниками и песками проводились на 10 выемочных участках шахт «Коксовая», «им. Ворошилова», разрабатывающих пласты Горелый, Прокопьевский, Лутугинский, Мощный, Безымянный, II, III, IV, Внутренний как послойно, так и на полную мощность системами разработки поперечно-наклонные слои, полосы и наклонные слои.

С целью исследования степени загрязнения воды мелкими фракциями закладочного материала были отобраны и исследованы пробы в различных точках движения воды. Как показали исследования процесса выноса при заполнении выработанного пространства, в различных системах разработки крупнокусковыми закладочными материалами, среднее содержание мелких частиц в воде, прошедшей через закладочный массив, снижается (табл.).

Однако, как показали дальнейшие исследования, на величину загрязнения отработанной воды и вынос мелких фракций оказывают значительное влияние следующие факторы: непрерывно меняющийся гранулометрический состав закладочного материала, поступающего в смесительную камеру, различная интенсивность образования мелких фракций в процессе гидротранспортирования пульпы, неравномерность распределения частиц породы и потоков воды в закладочном массиве и другие.

Следовательно, содержание взвеси в отработанной воде в различных точках её движения является величиной случайной. Данные, полученные в результате натурных исследований степени загрязнения отработанной воды в различных условиях процесса гидравлической закладки, подтверждают этот вывод.

На основании результатов исследований установлено, что из общего объема мелких частиц, поступающих в забой, 52 % удерживается в забое, 9 % – оседают в отстойнике и 39 % поступают в водосборник насосной камеры и при незамкнутом цикле водопользования гидрозакладочных комплексов сбрасываются в поверхностные водоемы, а при замкнутом цикле происходит их накопление в оборотной воде.

Высокая концентрация взвеси в отработанной технологической воде препятствует созданию замкнутых водооборотных схем, что приводит к образованию высоко загрязненных сточных вод. Тем не менее, гидравлическая закладка выработанного пространства остается наиболее удобным способом предотвращения оседания земной поверхности, так как возможно увеличивать осаждение мелких фракций непосредственно в отработанном массиве с помощью коагулянтов. На данный момент не существует эффективных методов для решения этой проблемы в промышленном масштабе, их еще предстоит разработать.

Литература

1. Барсуков И.И., Михайлов П.Г., Гуттер А.А и др Возведение закладочного массива способом намыва. // Совершенствование технологий разработки крутых угольных пластов Кузбасса. — Кемерово, 1975. — №26. — С. 128 — 133.
2. Гидравлическая закладка выработанного пространства на угольных шахтах / Под ред. А.С. Кузьмина. — М.: Недра, 1975. — 232с.
3. Ю.В. Лесин, Л.С. Скрынник Охрана и рациональное использование водных ресурсов при разработке угольных месторождений Кузбасса. — Кемерово: Кузбассвуиздат, 2008. — С. 13-15.

РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КОТЛОВИНЫ БОЛЬШИХ ОЗЕР И ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ ОБЪЕКТЫ ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ

П.В. Мирончук, Д.В. Стреляева

Научный руководитель доцент В.Н. Устинова

Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Международный туризм является относительно молодой отраслью в Монголии. Политические и социально-экономические тенденции страны позволяют создать оптимальные условия для развития и совершенствования туристской инфраструктуры и других ресурсов туристского рынка. Туристский рынок очень чувствителен к изменениям в экономике. Позитивной тенденцией, которая имела место за последние годы в социально-экономическом развитии

Монголии, является снижение уровня инфляции и относительно благоприятные условия для стабилизации экономики страны. Западная Монголия – это ледники Монгольского Алтая и огромные межгорные впадины, песчаные пустыни и многоводные реки, заснеженные вершины массива Цастуул Цамбагарав и Котловина Больших озер. К востоку от Монгольского Алтая располагается обширная впадина – Котловина Больших озер, которая состоит из нескольких котловин, в которых расположены крупные озера. Котловина расположена в большой, глубокой депрессии между горными хребтами Центральной Азии и включает в себя высокие отроги Монгольского Алтая, вытянутые цепочкой от озера Уурэг – Нуур на северо-западе до озера Ихес-Нуур на юго-востоке, а также северо-западный отрог Хангайского хребта. Эта озерная депрессия представляет большой грабен, приуроченный к горной области Западной Монголии, исключительно сложной в тектоническом отношении [6]. Котловина Больших озер представляет наклонные равнины, на которых заметны мелкосопочники, увалистые участки, а также нередки пески и выходы гранитов в виде отдельных или групповых скал, холмов и даже целых возвышенностей. Иногда котловина пересекается горными хребтами, являющимися отрогами Хангая или Алтая. Ландшафты Котловины Больших озер представлены полупустынями и пустынями, а склоны окружающих гор – горными степями.

Эти озерные бассейны в прошлые периоды соединялись между собой, образуя своеобразные внутриконтинентальные пресноводные и солоноватые морские водоемы. Реки, впадающие в озера, вносили и продолжают доставлять в озерные впадины значительное количество преимущественно песчаных отложений. В их долинах образовались довольно обширные песчаные равнины. Деятельность ветра создала на базе песчаных равнин крупный песчаный массив – Монгол-Элс. В целом, пески в Западной Монголии занимают немалые пространства. Пески в этой части страны часто закреплены растительностью: типичные формы песков здесь грядовые, бугристые, по берегам некоторых озер – дюны. Барханные цепи — явление сравнительно редкое, но они имеются в Котловине Больших озер; настоящих же барханов,двигающихся по твердым такырным грунтам, очень мало – они как будто нигде не образуют сплошных скоплений, а характерны только на окраинах больших такыров. Современный рельеф Западной Монголии является важным фактором формирования природной среды, на его поверхности разворачивается хозяйственная деятельность человека. В процессе интенсивного освоения страны антропогенному воздействию подвергаются почти все типы рельефа: от низких озерных равнин до высоких перигляциальных и предледниковых горных равнин. Их устойчивость к антропогенным нагрузкам неодинакова, поэтому освоение территории требует продуманной системы. Вопросы сохранности рельефа, его охраны и рационального использования должны решаться путем проведения комплексных исследований на ряде биосферных заповедников и охраняемых территорий.

В озерах Западной Монголии заключено около 400 куб. м воды, пригодной для водоснабжения, что почти в 15 раз превышает сток всех рек страны. Озера богаты рыбой и запасами солей. Минерализованные озера содержат лечебные грязи и рапу. Некоторые проточные озера могут быть использованы для получения гидроэнергии.

Сейчас задача охраны воды в процессе ее использования становится особенно важной. Проводится комплекс мероприятий по рациональному использованию и охране водных ресурсов: применение дождевальных установок, строительство небольших ирригационных систем. Разработаны генеральная и региональная схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов Монголии. Таким образом, сочетание столь контрастных природных комплексов на относительно небольшой территории позволяет осуществлять туристические проекты различной направленности, в том числе и экотуризм.

Культурно-исторические и этнографические направления так же являются одними из главных составляющих в развитии туризма в Западной Монголии. Здесь в большом количестве встречаются следы древних цивилизаций, от прекрасно сохранившихся скифских петроглифических ансамблей, до древних рунических надписей, от поражающих воображение комплексов погребальных курганов, до протянувшегося на многие километры вала Чингис-Хана. Сохранившейся до наших дней кочевой образ жизни в войлочных юртах и национальная одежда в повседневной жизни дают исследователям возможность изучать традиции и жизнь монгольских кочевников. Большой интерес вызывает современный быт местного населения, который, несмотря на проявления современной цивилизации, по сути своей за века претерпел очень незначительные изменения. Монголия поражает обилием и разнообразием памятников-захоронений. Целые поля огромных каменных курганов, как одиночных насыпей, так и групп; вертикально установленные каменные стелы, часто со следами ручной обработки. В высокогорье очень много скал и отдельно лежащих валунов с древними петроглифами. Материалы исследований археологических памятников убедительно свидетельствуют о том, что именно здесь располагались в древности центры поселений и распространения великих кочевых культур.

Среди многочисленных памятников древности особое место занимают каменные изваяния, известные в археологической литературе под неточным, но традиционным названием «каменные бабы». Каменные бабы (Хун чулуу) – каменные изваяния на княжеских могилах тюркского времени VI–VIII вв. н. э. Тюрками были воздвигнуты первые скульптурные монументы на погребальных могилах. Изваяния прославляли боевые подвиги военачальников. Согласно китайским источникам на тюркских погребальных постройках устанавливались ряды простых камней–балбанов, соответствующих числу убитых и побежденных врагов. В погребальном комплексе Хушо-Цайдама на реке Орхон протянулись на 3 км более 900 камней–балбанов [3]. Каменные бабы, встречающиеся в центральной части Монголии, большей частью находятся без головы. Обезглавливание каменных идолов связано с проникновением в Монголию буддизма – считалось, что отбивая головы изваяниям, отвергается тем самым основная религия тюрко–шаманизм. В тех краях, где шаманизм сохранил свои позиции на долгие годы, тюркские изваяния стоят и поныне целыми, с головами. Керексуры – так называют в Монголии аллеи древних менгиров VII–VIII вв. н. э. Как правило, аллеи менгиров ориентированы с востока на запад. Отдельные менгиры достигают высоты свыше 4 м, вес свыше 4–5 т. Такие, отдельно стоящие в ровной степи менгиры, озадачивают исследователей своим происхождением. Часто рядом нет никаких видимых скал, где могли бы заготовить такой большой моноклитный камень. Возраст менгиров настолько древний, что со временем их стали почитать как обиталище духов. На каменных гранях менгиров иногда можно увидеть масляные

следы. Отдельные из них за время существования неоднократно перетаскивались с места на место, так что в настоящее время трудно определить их первоначальное местонахождение. На некоторых сохранились загадочные символы.

На территории Монголии обнаружены многочисленные следы первобытного искусства. Самые ранние памятники - сосуды с сетчатым орнаментом, а также рисунки, выполненные красной краской или процарапанные на поверхности скал, относятся к эпохе неолита. Первые бронзовые изделия и узорчатая керамика датируется примерно II тысячелетием до н. э. В конце I тысячелетия до н. э. на территории Монголии создается крупный племенной союз гуннов. Разнообразные изделия из бронзы, серебра и золота, вышивки и войлочные ковры с аппликациями украшались фигурами зверей, выполненными в причудливом и изощренном «зверином стиле». Кочевая культура не оставила после себя монументальных сооружений, поселения-ставки были кочевыми. Первые большие оседлые города стали строиться только в XII в. Единственными сохранившимися до наших дней памятниками передвижения кочевых племен являются многочисленные группы могильных холмов и курганных погребений, плиточные могилы, относящиеся к скифо-сибирской культуре VII-V вв. до н. э., мегалитические сооружения (менгиры, кромлехи) Древняя и средневековая история Монголии, культуры населявших её племён и народов давно привлекают внимание не только специалистов, но и туристов со всего мира. Они являются национальным достоянием страны, требующим подробного изучения и дальнейшего развития туристской деятельности.

Таким образом, в мире осталось мало государств, природа которых целиком и полностью сохраняет свое естественное состояние. И самое главное – можно проложить свой маршрут по совершенно нехоженным местам, где нет следов присутствия человека.

Литература

1. Асеев И. В. О раннемонгольских погребениях // История и культура востока Азии. – Новосибирск, 1975. – Т. 3.
2. Банников А. Г. Первые русские путешествия в Монголию и Северный Китай. – М., 1949.
3. Васильев В. П. История и древности восточной части Средней Азии от X до XIII века. – СПб., 1857.
4. Кляшторный С. Г. Древнетюркские рунические памятники. – М. – Л., 1964.
5. Кызласов Л. Р. Ранние монголы (к проблеме истоков средневековой культуры). // История и культура востока Азии. – Новосибирск, 1975. – Т. III.
6. Мурзаев Э. М. Центральная Азия // Зарубежная Азия. Физическая география. – М., 1956.
7. Мурзаев Э. М. Монгольская Народная Республика. – Москва, 1952.

МОНИТОРИНГ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В РАЙОНЕ РАЗРАБОТКИ СЕЛИМХАНОВСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

А.С. Мирошкина

Научный руководитель доцент В.В. Янковский
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Разработка нефтегазовых месторождений ведет к проблемам антропогенного характера. Очевидно, что состояние окружающей природной среды (ОПС) является результатом воздействия комплекса природных и техногенных факторов и условий. Следовательно, оценка негативного влияния нефтегазового комплекса (НГК) должна базироваться на установлении связей между элементами ОПС и антропогенной нагрузкой предприятия, на этой основе следует прогнозировать масштабы и виды воздействий.

Рассмотрев влияние хозяйственной деятельности предприятий нефтегазового комплекса на ОПС и на поверхностные ВО в частности, можно сделать вывод, что есть необходимость искать эффективные методы для борьбы с экологически-опасными последствиями в сфере взаимодействия деятельности НГК и ОПС. Но прежде нужно изучить антропогенные изменения и их причины при функционировании предприятий НГК. Это осуществляется посредством мониторинга.

В своей работе автор рассмотрел мониторинг поверхностного водного объекта (ВО) в районе разработки Селимхановского нефтяного месторождения (Верхне-Комбарская площадь, скважина № 296).

Бурение поисковой скважины осуществляется согласно «Индивидуальному рабочему проекту на строительство поисковой скважины № 296 Верхне-Комбарской площади» и новейшим данным, полученных при геофизических исследованиях.

Верхне-Комбарская площадь находится в Парабельском районе Томской области, в 30 км от г. Кедровый. Гидрографическая сеть представлена р. Комбарс и её притоками. Река является правобережным притоком р. Чузик. Ширина долины р. Комбарс в районе работ составляет от 1,5 до 2 км. Ширина поймы колеблется от 2 до 1 км. Пойма заросла смешанным лесом и кустарником, а её широкие участки занимают болота. Русло реки очень извилистое, не редко меняющее свои очертания, образуя старицы и озера – элементы свободного меандрирования. Ширина русла 4–10 м, на отдельных плесах достигает 30 м. Глубина реки от 1,3 м на перекатах и до 2 и более метров на плесах. Дно песчаное, местами илистое. Берега имеют высоту 1,5–2 м. На обширных болотных участках река протекает через торфяники, высота берегов в этих случаях не превышает 0,5 м. Амплитуда колебаний уровня воды, пик которых наступает в период весеннего половодья, достигает 2,5 м. При этом пониженные широкие участки поймы полностью затопляются.

Объектом мониторинга является приток реки Комбарс – Речка 2 (рис. 1).

Задачи мониторинга.

1. Наблюдение и контроль за уровнем загрязнения реки по физико-химическим и гидробиологическим показателям.
2. Изучение динамики концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) с целью составления прогнозов.

При организации мониторинга рек необходимо определить:

- назначение и расположение пунктов контроля;
- программу и периодичность проведения контроля;
- перечень определяемых показателей.

Рассматриваемые объекты мониторинга не достаточно изучены, поэтому пункт контроля за качеством воды относится к категории IV. Пункт контроля включает в себя несколько створов, которые устанавливаются с учетом различных условий: гидрометеорологических, морфометрических особенностей водотока, расположения источников загрязнения, уклона рельефа и других. На изучаемых водотоках установлено расположение створов № 1–3 (рис. 1). Пробы воды на створах наблюдения отбираются с глубины 0,2–0,5 м в центре потока (на стрежне), потому что глубина исследуемых водотоков до 3 м и небольшая ширина русла – до 30 м [2].

Качество воды контролируют по определенным программам. Выбор программы зависит от категории пункта контроля. Для исследуемых водотоков будет выбираться программа контроля по гидрологическим и гидрохимическим показателям (табл.) [2].

Таблица

Программа и периодичность контроля

Программа контроля для пунктов контроля категории IV	Периодичность проведения контроля
Обязательная программа	В основные фазы водного режима

Наблюдения по обязательной программе на водотоках проводят 7 раз в год в основные фазы водного режима: во время половодья – на подъеме, пике и спаде; во время летней межени – при наименьшем расходе и при дождевом паводке; осенью – перед ледоставом; во время зимней межени [1].

Обязательная программа предусматривает определение следующих показателей.

Гидрологических: расход воды, скорость течения, уровень.

Гидрохимических и других:

- температура, цветность, прозрачность, запах;
- концентрация растворенных в воде газов – кислорода, диоксида углерода;
- концентрация взвешенных в воде веществ;
- водородный показатель (рН);
- окислительно-восстановительный потенциал (Eh);
- концентрации главных ионов – хлоридных, сульфатных, гидрокарбонатных, кальция (Ca), магния (Mg), калия (K), общей минерализации;
- химическое потребление кислорода;
- биохимическое потребление кислорода;
- концентрация биогенных элементов – аммонийных, нитритных, нитратных ионов, фосфатов, железа общего, кремния;
- загрязняющих веществ – нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ, летучих фенолов, пестицидов, соединений металлов [2].

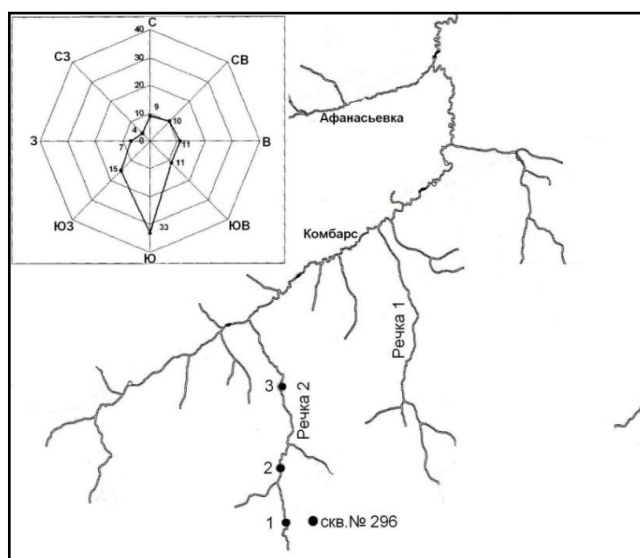


Рис. Схема расположения створов пункта контроля за качеством воды (1, 2, 3 – номера створов)

После отбора и анализа проб выявляют интегральные показатели качества воды: степень загрязнения воды, класс качества [3]. В случае существенного отклонения показателей качества воды от исходных значений в течение нескольких наблюдений подряд по гидрохимическому мониторингу, необходимо провести мероприятия по выявлению и прекращению данного воздействия.

Мониторинг помогает решить следующие задачи:

- 1) оценить фактическое состояние водных объектов;
- 2) определить источники воздействия на водные объекты и их причины;
- 3) выявить тенденции, дать прогноз и оценку будущего состояния водных объектов [3].

Действующий Водный кодекс РФ регламентирует мониторинг водных объектов (ВО), что позволяет органам управления в области охраны водных ресурсов контролировать воздействие предприятий НГК и эффективно реализовывать мероприятия по охране ОПС.

Литература

1. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: Справочные материалы / Под ред. Т.В. Гусевой. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 192 с.
2. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 40 с.
3. Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю. Геоэкологический мониторинг. – Томск: ТПУ, 2004. – 276 с.

ОЦЕНКА ГРАНИЦ ВЛИЯНИЯ ТОМСКОГО ВОДОЗАБОРА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ИХ РЕЖИМ

В.В. Нейфельд, Ал.Ан. Лукин, Ю.А. Батозская

Научный руководитель доцент Ал.Ан. Лукин

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Объект исследования – Томский водозабор подземных вод. Предметом изучения являются волновые процессы в напорном поле эксплуатируемого водоносного горизонта, возбуждаемые неравномерно-прерывистым режимом работы водозаборных скважин. Цель изучения – оценка границ нарушенного типа режима подземных вод под влиянием Томского водозабора на основе волновых критериев, характеризующих затухание бегущих волн в напорном поле. Инженерная задача – районирование области гидродинамического воздействия водозабора и оптимизация системы мониторинга подземных вод.

Методика изучения затухающих бегущих волн основана на математическом моделировании гидродинамического напорного поля в неравномерном и неравномерно-прерывистом режимах работы водозаборных скважин [3–5]. В исследовании реализованы два программных комплекса – HydroGeo [1] и GMS [6].

Условия моделирования. Для экспериментального моделирования выбран участок линейного водозабора II очереди с расположенными на нём эксплуатационными скважинами с 70Аэ по 85э. На участке сооружены и функционируют шесть режимных скважин (рис. 1, а). На рисунке показана моделируемая область участка водозабора (а) и гидрогеологический разрез по его линии (б). Выполнен первый этап экспериментального моделирования. В модель были включены три водозаборные скважины – 75э, 77э, 79э. При этом они работали как одиночные в течение трёх календарных лет – 2004 – 2006 гг. В модельных возбуждениях напорного поля исключались взаимодействие скважин и суперпозиция волн. Основная задача этапа – обозначить следствия выявленных волновых эффектов для методики и практики гидродинамического мониторинга в зоне влияния водозабора.

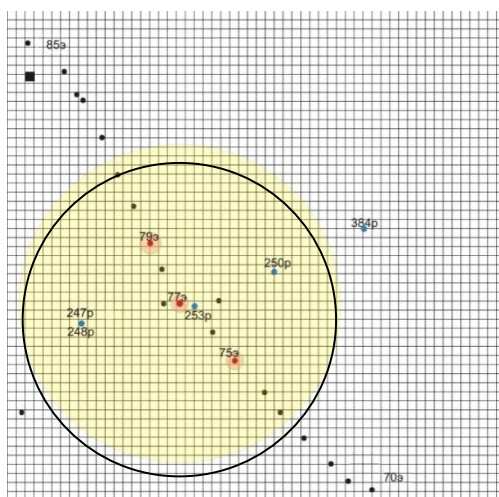


Рис. 1. Область моделирования

Скважины, включенные в модель, как и все остальные эксплуатационные скважины водозабора, работают в неравномерно-прерывистом режиме. Это вызвано, в основном, эксплуатационными ресурсами артезианских насосов. Любой технический сбой сопровождается остановкой скважины на какое-то время. За три моделируемых года таких остановок было: скв 75э – 12, скв 77э – 8, скв 79э – 14. Для примера в таблице дана временная периодизация и фазовая разбивка работы скважины 77э за 2004–2006 гг. В таблице: нумерация периодов (№ П) проведена в хронологической последовательности смены фаз, начиная с 1.01.04 г.; продолжительность периода ($\Sigma\Phi$) включает фазу работы (ФР) и фазу простоя (ФП) скважины; интенсивность возбуждения напорного поля обозначена производительностью артезианского насоса (Q).

Как видно из таблицы, периоды возбуждения ($\Sigma\Phi$) делятся от 49,5 до 410,58 сут. В этих периодах фазы простоя чаще короткие – от 1 ч до 2,7 сут. (5 из 8 периодов – 63 %), длительности остальных ФП изменяются от 7,4 до 90 сут. Режим работы скв. 77э является типичным для эксплуатационных скважин водозабора в целом.

Условия гидрогеологического разреза (рис. 1, б) в модели схематизированы следующим образом. Моделируемая область имеет условные прямоугольные границы со сторонами 5400×5600 м с разбивкой расчётной сетки на квадраты размером 100×100 м. Граничные условия на внешних линейных границах прямоугольной области – или с постоянным напором, или $H = f(t)$ (I рода). Палеогеновый водоносный горизонт ($P_{3nm}+P_{2jr}$) – напорный, сверху и снизу ограничен непроницаемыми слоями, однородный по фильтрационно-ёмкостным свойствам со следующими характеристиками: общая пористость – 35 %, проточная пористость – 20 %,

коэффициент фильтрации – 15 м/сут., коэффициент пьезопроводности – $2 \cdot 10^6$ м²/сут. Эффективная мощность горизонта принималась равной величине, которая приводится в паспорте скважин. Таким образом, водопродовимость горизонта различалась в зависимости от возбуждающей скважины. По условиям взаимодействия скважин с водоносным горизонтом они принимались совершенными.

Таблица

Продолжительность фаз и периодов возбуждения, сут.								
№П	1	2	3	4	5	6	7	8
ФР	120,88	60,96	105	3,08	49,46	60	91,92	51
ФП	0,13	0,04	89,92	407,5	0,04	1	7,38	2,71
ΣФ	121,01	61	239,92	410,58	49,5	61	99,3	53,71
Q, м ³ /сут.	1920							

Результаты моделирования. Они представлены на графиках $H = f(t)$ и $A = f(r)$ (рис. 2 а, б). Графики на рис. 2 а отражают колебательный режим напорного поля в скважине 77э и точках напорного поля, удаленных от скважин по радиусу на расстоянии 100, 200, 300, 500, 1000 и 3000 м. Колебания возбуждаются режимом эксплуатации скв 77э (табл.). Так как временная длительность фаз остановок составляет первые часы и сутки, их невозможно отразить в едином масштабе времени трех лет (1096 сут.). Поэтому для наглядности все временные фазовые отрезки работы и остановок скважин приняты равными, а графическое отображение колебаний носит гармонический характер.

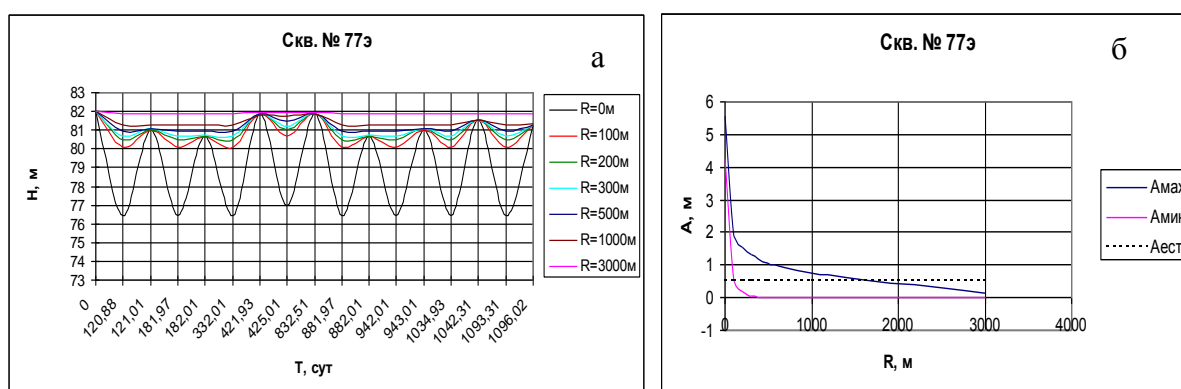


Рис. 2. Модельные графики: а – волновых колебаний точек напорного поля $H = f(t)$ и б – амплитудного затухания бегущих волн $A = f(R)$, формируемых эксплуатационным режимом работы скв 77э

Результаты следующие.

1. Колебательный процесс быстро затухает при удалении от скважин в пределах первой сотни метров и далее замедляется, а за пределами 1000 метров амплитуды колебаний становятся незначительными, близкими к природным (0,5 м – рис. 2, б).

2. Для заданного расхода скважины (табл.) и граничных условий горизонта нижний предел уровня колебаний не зависит от продолжительности временных фаз возбуждения, хотя диапазон их изменения находится в очень широких пределах: от 49,46 до 120,88 сут. (табл.). Это проявление эффекта «срезания частот», описанного в статьях [3–5] и известного в физике волн для частот, находящихся ниже моды свободных колебаний [2].

3. Верхний же предел уровня колебаний (восстановление уровня после остановки скважины) прямо зависит от времени простоя. Хотя в скв. 77э уровень не восстановился (до статического) в принятых модельных условиях даже после 407 сут. простоя. Амплитуда колебаний уровней в водозаборных скважинах имеет прямую зависимость от производительности насоса и времени простоя. Максимальные амплитуды возникают при длительных остановках скважины, минимальные – при коротких.

4. Выполнено районирование расчетной области волнового гидродинамического влияния водозаборных скважин на функциональные зоны мониторинга (рис. 1, а). Выделены три зоны режима: ближнего и дальнего волнового воздействия и внешняя зона естественного режима.

5. В обеих зонах волнового воздействия на гидродинамический режим частоту наблюдений за уровнями подземных вод в наблюдательных скважинах следует полностью согласовать и подчинить фактическому эксплуатационному режиму работы скважин.

Литература

1. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач // Известия Томского политехнического ун-та. – Томск, 2002. – Т. 305. – Вып. 6. – С. 346 – 365.
2. Крауфорд К. Волны: Берклиевский курс физики. / Под. ред. А.И. Шальникова и А.О. Вайсенберга. – Изд. 2-е. испр. – М.: Наука, 1976. – Т. III. – 528 с.

- Лукин А.А., М.Б. Букаты, А.А. Зубков, Е.В. Гусев, Лукин Ал.Ан. Выявление и использование волновых характеристик в напорном поле при обосновании границ гидродинамического влияния геотехнических систем // Известия ВУЗов «Геология и разведка». – М., 2008. – № 1. – С. 35-41.
- Лукин Ал.Ан. Волновой принцип обоснования границ гидродинамического влияния геотехнических систем // Записки горного института. – СПб., 2008. – Т.174. – С. 13-16.
- Лукин Ал.Ан., Нейфельд В.В. Гидрогеоэкологическая технология оценки воздействия на окружающую среду геотехнических систем // Высокорастворимые системы: массоперенос, реакции и процессы»: Материалы III Российско-германского семинара «КарлсТом 2008. – Томск, 2008. – С. 224-236.
- Owen, S.J.; Jones, N.L., and Holland, J.P. (1996). "A comprehensive modeling environment for the simulation of groundwater flow and transport". Engineering with Computers 12: 235–242.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БУРШТЫНСКОЙ ТЭС (УКРАИНА) НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

М.Ю. Никалина

Научный руководитель профессор Е.М. Дутова
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Антропогенное закисление вод является одной из актуальных проблем современной экологии и геохимии. Интенсивное загрязнение атмосферы кислотообразующими веществами от сгорания мазута и каменного угля может привести к формированию кислотных осадков, вызывающих закисление почв и вод, имеющих негативные экологические последствия [1–2]. Выпадения кислотных дождей наблюдаются в США, Германии, Чехии, Словакии, Нидерландах, Швейцарии, Австралии, России и еще во многих странах земного шара. Исключение не составляет и Украина. Территория Украины очень густо заселена, все промышленные предприятия расположены близко друг к другу, следовательно, наблюдается сильная антропогенная нагрузка на поверхностные и подземные воды. Рассмотрим влияние одного из самых крупных предприятий на Западной Украине.

Бурштынская ТЭС размещается на территории Галицкого района Ивано-Франковской области, в 1,5 км на восток от железнодорожной станции Бурштын. Бурштынская ТЭС вырабатывает электрическую и тепловую энергию. Это одно из крупнейших в Ивано-Франковской области предприятий, на долю которого приходится 24 % промышленного производства.

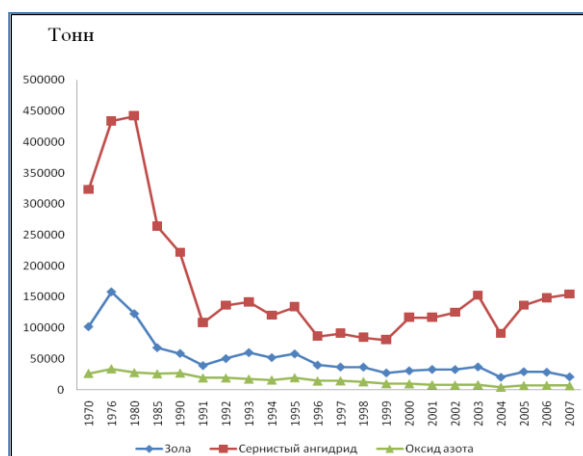
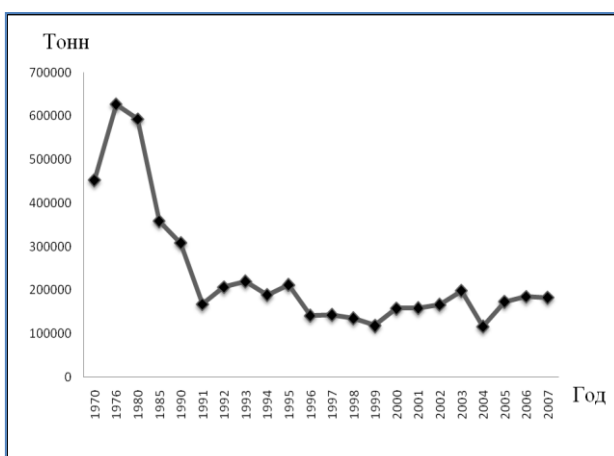
«Остров Бурштынской ТЭС» охватывает территорию 3-х областей Западной Украины общей площадью 27 тыс. км² с населением до 3-х млн чел.

Основные виды воздействия ТЭС на компоненты окружающей среды:

- атмосфера – потребление кислорода, выбросы газов, паров и твердых частиц;
- гидросфера – потребление воды, сброса загрязненных и нагретых вод;
- литосфера – потребление ископаемых топлив, изменение водного баланса, изменение ландшафта.

Рассмотрим взаимосвязь первых двух воздействий: загрязнение атмосферы промышленными выбросами и закисление поверхностных водных объектов.

Ежегодно Бурштынская ТЭС выбрасывает через дымовые трубы в атмосферу около 182 тыс. т вредных веществ. На Бурштынской ТЭС сжигается уголь, природный газ и мазут. В дымовых газах содержатся продукты окисления угля, серы и азота. В год на территорию Галицкого района от ТЭС выбрасывается до 120 т/км² загрязняющих веществ. Галицкий район относится к урбанизированной зоне, т.е. содержание серы и азота в атмосферном воздухе практически полностью обусловлено антропогенной эмиссией.



а) б)
Рис. 1. Динамика выбросов в атмосферу загрязняющих веществ:
а) всего, т; б) по основным загрязняющим веществам

Одним из наиболее токсичных отходов энергоустановок является сернистый ангидрид (SO_2), обеспечивающий примерно от 98 % до 99 % выбросов сернистых соединений (остаток составляет SO_3). Большое количество выбросов

сернистого ангидрида объясняется тем, что каменный уголь Львовско-Волынского бассейна, который используется на БТЭС в качестве топлива, содержит большое количество серы.

Кроме оксидов серы, вредной газоподобной примесью, которая выбрасывается дымовыми газами, является оксиды азота (II класс опасности). Они вырабатываются при окислении азота топлива и азота воздуха в зоне высоких температур. Концентрация оксидов азота быстро возрастает с увеличением температуры и достигает больших значений при температуре до 1750 °С. У камеры сжигания образуется в основном оксид азота (NO), который выбрасывается с дымовыми газами в атмосферу, где доокисляется до двуокиси азота (NO₂) – газ с характерным запахом.

Динамика выбросов веществ в атмосферу в результате сжигания твердого топлива представлена на рис. 1.

Окислы серы и азота, входящие в состав выбросов, являются кислотообразующими соединениями. В результате, при выпадении на водные объекты выброшенных в воздух веществ и загрязненных осадков, наблюдается закисление поверхностных вод.

Таблица

Гидрогеохимическая характеристика вод, используемая при моделировании

Тип воды	Сумма ионов	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	pH
	мг/л							
Атмосферные осадки*	35	4.1	1.1	7.5	1.5	0.4	0.8	4,89
Водоохранилище**	380,6	70.0	30.0	195.7	42.0	7.0	24.0	8,0

* - по Никанорову А.М. [1].

** - по материалам мониторинговой службы Бурштынской ТЭС.

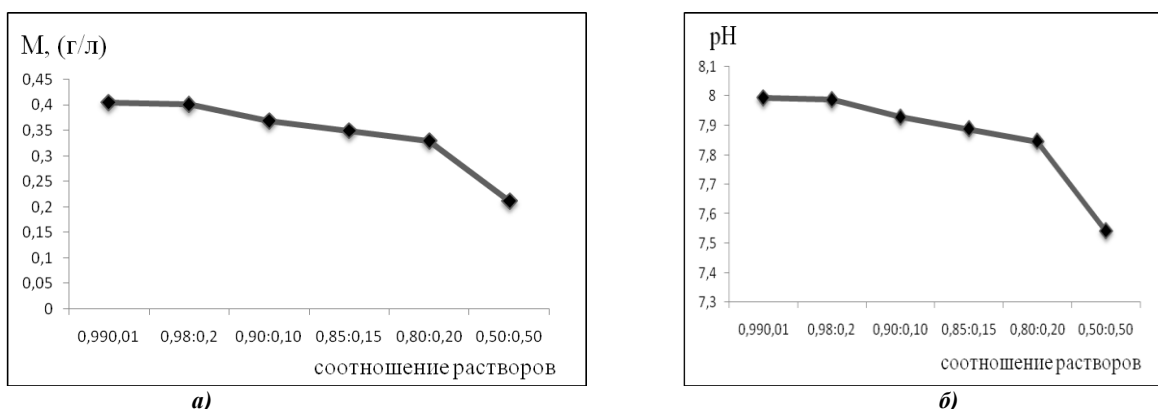


Рис. 2. Изменение основных водных характеристик при разном процентном соотношении растворов: а) общей суммы ионов; б) изменение pH

Основными водными объектами, на которые оказывается прямое воздействие, являются р.Гнилая Липа и созданное в ее русле водохранилище. Бурштынское водохранилище создано как охладитель оборотной системы охлаждения Бурштынской ТЭС. Длина 6,5 км, ширина 3,5 км, площадь 1260 га и вмещает около 50 млн м³ воды.

Выпадение атмосферных загрязнений может происходить в результате следующих процессов: взаимодействие дождевых капель и снежных кристаллов с газами и частицами в атмосфере, непосредственное сжижение газов и выпадение их в осадок; осаждение из облаков и тумана, когда атмосферное загрязнение внедряется в капельки тумана или облаков, которые затем осаждаются на водосборы или водную поверхность. Последний процесс иногда называется «скрытым осаждением».

В результате приведенных выше реакций возникают сульфатные, нитратные и аммониевые аэрозоли, которые формируют ядра конденсации в облаках. Газообразные SO₂ и NH₃ могут быть непосредственно абсорбированы осаждающейся влагой.

На территории Западной Украины наблюдается однородность анионного состава осадков в течение года. Преобладающими анионами здесь являются сульфаты и лишь в теплое время года возможно некоторое увеличение концентрации ионов HCO₃⁻. Среди катионов такой однородности не наблюдается.

Состав осадков преимущественно гидрокарбонатный кальциевый, сульфатный кальциевый и сульфатно-гидрокарбонатный кальциевый. Среднегодовая минерализация осадков по району около 30–40 мг/л, поступление солей с атмосферными осадками в этом регионе 10–15 т/(км²·год). pH этих осадков часто ниже 7,0, в основном в пределах 5–6. Понижению pH до 5–6 способствует присутствие в атмосфере NO₂ и SO₂ и CO₂.

Таким образом, растворы серной и азотной кислот в дождевой воде снижают концентрацию некоторых ионов и уменьшают pH.

С помощью программного продукта Hydrogeo [3] промоделированы процессы смешения поверхностных вод и выпадающих на их площадь атмосферных вод.

В качестве водного объекта было взято водохранилище. Была создана модель, включающая в себя базовые ионы, ассоциаты и минералы. Концентрации ионов представлены в табл.

Смешение вод проводилось в разных процентных соотношениях двух растворов. Результат отражен на рис. 2.

В результате проведенного моделирования установлено, что при увеличении доли атмосферных осадков в водной смеси водохранилища, наблюдается уменьшение pH, концентрации основных макрокомпонентов и, следовательно, общей минерализации. Таким образом, симптомом закисления вод является не только снижение pH воды (это уже следствие), но и изменение ее ионного состава, потеря стабильности pH. Последняя обуславливается, в первую очередь, содержанием гидрокарбонатов, а также основных катионов.

Закисление вод развивается вследствие сложного взаимодействия техногенных и природных факторов, определяющий вклад которых может меняться в зависимости от типа водосбора и условий формирования вод.

Литература

1. Никаноров А.М. Гидрохимия: Уч. пособие – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 351 с.
2. Моисеенко Т.И. Закисление вод. Факторы, механизмы и экологические последствия. – М.: Наука, 2003. – 276 с.
3. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач // Изв. Томск. политех. ун-а. – Томск, 2002. – Т 305. – вып. 6.

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ УРАНА В СИСТЕМЕ «ВОДА-ГРАНИТОИДЫ» В ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

А.Н. Никитенков

Научный руководитель профессор Е.М. Дутова
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Изучению поведения урана в природных водах, а также роли последних в формировании инфильтрационных месторождений урана посвящено достаточно много работ как отечественных, так и зарубежных учёных. Значительный вклад в исследование был внесён А.И. Германовым, Н.П. Лавёровым, А.К. Лисицыным, М.Ф. Максимовой, А.И. Перельманом, А.Н. Токаревым, А.А. Черниковым, Е.М. Шмариовичем, А.В. Щербаковым и многими другими [5, 8, 9–11]. В работах указанных авторов рассмотрены вопросы накопления урана в водах в различных геохимических обстановках, определены формы его миграции, а также установлено, что уран химически активен и вступает во взаимодействие со многими неорганическими и органическими соединениями; показано, что в водах уран встречается главным образом в четырех- и шестивалентной форме, причем в окислительных условиях он лучше мигрирует в шестивалентной форме в виде иона уранила, чрезвычайно склонного к комплексообразованию, а в восстановительных – в четырехвалентной форме. Установлено, что смена окислительных условий в растворе восстановительными приводит к резкому уменьшению миграционной способности урана и его выпадению в виде вторичных минералов.

Актуальность исследований особенностей поведения урана при различных геохимических обстановках в растворе обуславливается тем, что несмотря на относительную изученность поведения этого элемента, которой способствовали огромные объёмы проведенных лабораторных и экспериментальных исследований и поисково-разведочных работ, остается много дискуссионных вопросов, одним из которых и является рассматриваемый в данной работе вопрос о том, может ли U^{6+} достигать равновесных концентраций и выпадать в виде собственных соединений. От решения данного вопроса во многом зависят перспективы качественной интерпретации гидрогеохимических данных с целью исследования условий вторичного уранового минералообразования.

В последние годы, с разработкой компьютерных методов физико-химических расчетов и моделирования, позволяющих учитывать изменения кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий, появились новые возможности исследования поведения урана в подземных водах [2–4, 6]. Методы физико-химического моделирования дают возможность количественной оценки массообмена в системе "вода-порода", состава и масштабов формирующихся равновесных продуктов и позволяют из множества вариантов моделей отобрать те, которые наилучшим образом отражают реальные природные процессы и условия.

Моделирование взаимодействия воды с гранитоидами проводилось применительно к средним ландшафтно-климатическим условиям Алтае-Саянской складчатой области ($T = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{общ}} = 1\text{ атм.}$). Влияние атмосферы вводилось через химический состав первоначального раствора, заданный близким по составу к атмосферным осадкам, выпадающим в пределах территории Кузнецкого Алатау. Роль биосферы учитывалась через парциальное давление углекислого газа (P_{CO_2}), по отношению к которому система рассматривалась, как открытая. Парциальное давление углекислоты принималось равным $10^{-3.0}$ атм, что, в среднем, соответствует таковому для подземных вод зоны региональной трещиноватости региона.

Содержание урана в породах было принято равным $1 \cdot 10^{-5}\text{ } \%$. Геохимическая обстановка были задана окислительной с Eh, равным 50 мВ. Такая обстановка характерна для областей перелива подземного стока с гидрогеологических массивов, в формировании состава которого и участвуют гранитоидные породы, в небольшие по площади артезианские структуры орогенного типа или крупные структуры платформенного типа.

В качестве модельного минералогического состава пород был взят состав гранитоидов Мартайгинского комплекса Кузнецкого Алатау [1]. Принятый для моделирования средний минералогический состав представлен плагиоклазом № 30 (60 %), кварцем (23 %), роговой обманкой (5 %), биотитом (7 %), калиевым полевым шпатом (5 %).

В составе раствора учитывались 15 базовых ионов: H^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , $(UO_2)^{2+}$, e^- , OH^- , $(HCO_3)^-$, $(SO_4)^{2-}$, Cl^- , H_2O , SiO_2^0 , и 60 производных ионов и ионных ассоциатов, в том числе 40 урановых: $(CO_3)^{2-}$, CO_2 , Fe^{2+} , U^{4+} , $(SiO_3)^{2-}$, $(HSiO_4)^{3-}$, $(SiO_4)^{4-}$, H_2SiO_3 , $(HSiO_3)^-$, $(H_3SiO_4)^-$, H_4SiO_4 , $(H_2SiO_4)^{2-}$, $(FeOH)^{2+}$, $(FeOH)_4^+$, $Fe(OH)_3$, $(Fe(OH)_2)^+$, $FeOH^+$, $Fe(OH)_2$, $(Fe(OH)_4)^{2-}$, $(Fe(OH)_3)^-$, $(UO_2HCO_3)^+$, $UO_2(HCO_3)_2$, UO_2CO_3 , $(UO_2(CO_3)_2)^{2-}$, $(UO_2(CO_3)_3)^{4-}$, $(UO_2(CO_3)_3)^{5-}$,

$((\text{UO}_2)_2\text{CO}_3(\text{OH})_3)^-$, $(\text{U}(\text{CO}_3)_4)^{4-}$, $(\text{U}(\text{CO}_3)_5)^{6-}$, UO_2SO_4 , $(\text{UO}_2(\text{SO}_4)_2)^{2-}$, $\text{UO}_2(\text{HSO}_4)_2$, $(\text{UO}_2\text{HSO}_4)^+$, $(\text{USO}_4)^{2+}$, $\text{U}(\text{SO}_4)_2$, UO_2Cl^+ , $(\text{UCl})^{3+}$, $(\text{UCl}_2)^{2+}$, $(\text{UO}_2)^+$, $(\text{UOH})^{3+}$, $(\text{UOH})_2^{2+}$, $\text{U}(\text{OH})_4$, $(\text{U}(\text{OH})_3)^+$, $((\text{UO}_2)_3(\text{OH})_4)^{2+}$, $(\text{UO}_2(\text{OH})_4)^{2-}$, $(\text{UO}_2(\text{OH})_3)^-$, $((\text{UO}_2)_2(\text{OH})_3)^{3+}$, $((\text{UO}_2)_3(\text{OH})_7)^-$, $((\text{UO}_2)_3(\text{OH})_5)^+$, $((\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2)^{2+}$, $\text{UO}_2(\text{OH})_2$, UO_2OH^+ , $((\text{UO}_2)_4(\text{OH})_7)^+$, UO_2OH , $(\text{HUO}_3)^-$, $(\text{HUO}_4)^-$, $(\text{UO}_4)^{2-}$, $(\text{UOH})^{2+}$, $(\text{UO}_3)^-$, $(\text{HUO}_2)^+$.

Во вторичной твердой фазе системы рассматривались 33 минерала, в том числе 15 урановых.

Физико-химические расчеты выполнялись с учетом результатов последовательного взаимодействия обогащенных химическими элементами вод с новыми порциями первичных пород.

Результаты расчетов всего эволюционного ряда, состоящего из последовательных вычислительных шагов, представлены в виде графиков, позволяющих проследить эволюцию состава твердой и жидкой фаз во всем моделируемом интервале. Адекватность моделей реальным природным объектам оценивается соответствием абсолютных величин и соотношений содержания химических элементов в водах и минералогического состава новообразующих твердых фаз.

Эволюционные изменения моделируемых составов и особенности перераспределения урана были рассмотрены на интервале величины общей минерализации, изменяющемся от 0 до 1500 мг/л.

Зависимость концентрации урана от минерализации воды в системе вода-гранитоиды носит достаточно сложный характер (рис.). Наиболее заметные изменения в скорости накопления урана в растворе происходят на этапе формирования содовых вод, а также в моменты наступления условного равновесия раствора с отдельными компонентами твердой фазы. Так, скорость накопления урана в растворе ($\Delta\text{UO}_2/\Delta\text{M}$, мкг/100мг минерализации) резко нарастает с 0,2 мкг/100мг в интервале минерализации от 0 до 0,55 г/л, соответствующем пресным гидрокарбонатным кальциево-натриевым водам, до 37 мкг/100мг в интервале от 0,55 до 1,1 г/л, соответствующем содовым водам.

При дальнейшем возрастании минерализации свыше 1,1 г/л происходит значительное снижение скорости накопления урана в растворе (до 9 мкг/100мг), что обусловлено началом устойчивого выпадения урана во вторичную минеральную фазу, представленную минералами группы урановых черней. При этом значимые величины высаживания урановых черней наблюдаются лишь для урановой черни U_4O_9 , содержащей шести- и четырехвалентный уран в соотношении 1/3: $(\text{UO}_3)/(\text{UO}_2)_3$. Исходя из полученных данных, можно говорить о том, что равновесная концентрация UO_2 в растворе, требуемая для начала вторичного уранового минералообразования, составляет порядка 0,17 мг/л.

Таким образом, в ходе проведенной работы создана физико-химическая модель, описывающая взаимодействие подземных вод с гранитоидами применительно к условиям зоны гипергенеза ($T = 10^\circ\text{C}$, $P_{\text{общ}} = 1 \text{ атм}$, $Eh = 50 \text{ мВ}$).

Результаты моделирования позволяют установить минеральный состав образующейся вторичной твердой фазы и изменчивость как содержаний химических элементов в водах в ходе эволюции системы «вода-порода», так и типов ионно-солевого состава вод. Доказано, что эволюция химического состава природных вод в рассмотренных условиях ведет к формированию содовых вод.

Установлено, что поведение урана в растворе обусловлено общей эволюцией системы «вода-гранитоиды», основные закономерности которого выражены в следующем:

- интенсификация накопления урана в растворе происходит при переходе от гидрокарбонатных кальциево-натриевых к гидрокарбонатным натриево-кальциевым (образование содовых вод);
- основными формами нахождения урана в природных водах при окислительной геохимической обстановке являются его шестивалентные соединения, что согласуется с данными, полученными в ходе исследований, проводимых в этой области ранее;
- при достижении концентраций UO_2 порядка 0,17 мг/л и минерализации 1,1 г/л происходит устойчивое выпадение из раствора вторичных урановых минералов, представленных урановыми чернями, формирующимися из соединений шестивалентного и четырехвалентного урана.

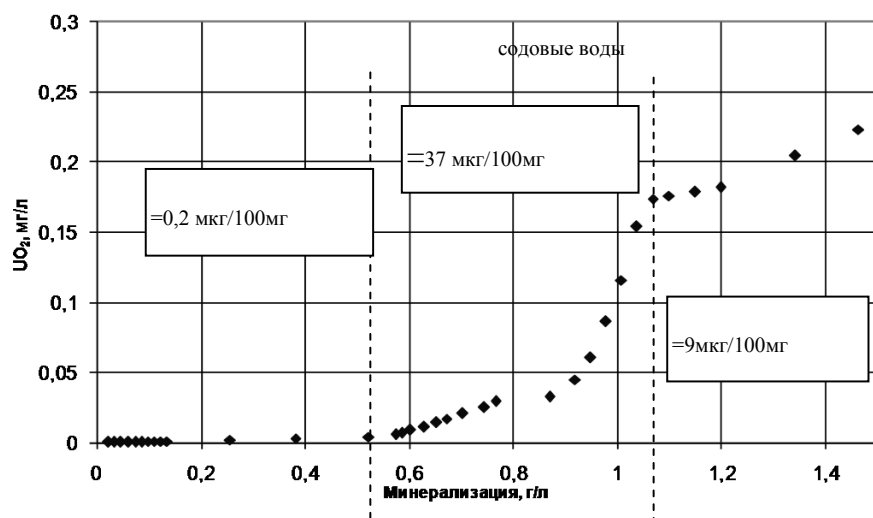


Рис. Накопление урана в жидкой фазе системы вода-гранитоиды

Установленные в результате проведенных исследований закономерности могут быть использованы в развитии теоретических аспектов поиска урановых месторождений и геохимии урана. В целом, результаты физико-химического

моделирования позволяют проводить ориентировочную оценку возможности уранового рудообразования для геохимических условий юга Западной Сибири. Наиболее подходящие с наших позиций условия складываются в областях перелива подземного стока с гидрогеологических массивов, в формировании состава которого и участвуют гранитоидные породы, в артезианские структуры небольшие по площади орогенного типа, такие как в пределах Алтае-Саянской складчатой области или крупные платформенного типа как в краевой части Западно-Сибирского артезианского бассейна.

Литература

1. Алабин Л.В. Центральнинский массив Мартайгинского гранитоидного комплекса (Кузнецкий Алатау) Мартайгинские формации Сибири и Дальнего Востока. – М.: Наука, 1971. – С. 169–213.
2. Барсуков В.Л., Борисов М.В. Модели растворения урана в природных водах разного состава. // Геохимия. – М., 2003. — № 1. — С. 43-69.
3. Букаты М.Б. Рекламно-техническое описание программного комплекса HydroGeo. Номер гос. регистрации алгоритмов и программ во Всероссийском научно-техническом информационном центре (ВНТИЦ) № 50200500605. – М.: ВНТИЦ, 2005. – 7 с.
4. Букаты М.Б., Трусова И.В. Особенности поведения урана в подземных водах зоны затрудненного водообмена по данным физико-химического моделирования. // Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России. – Томск: «ГалаПресс», 2000. – Том 1.– С. 361-363.
5. Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия. /Пер. с англ. – М.: Мир, 1968. – 368 с.
6. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода: в 5 томах. Т. 1: Система вода-порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование. / Отв.ред. С.Л. Шварцев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 193-220 с.
7. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода: в 5 томах. Т. 2: Система вода-порода в условиях зоны гипергенеза. / Отв. ред. С.Л. Шварцев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 389 с.
8. Германов А.И., Батулин С.Г., Волков Г.А., Лисицын А.К., Серебренников В.С. Некоторые закономерности распределения урана в подземных водах // Тр. II междуна. конф. по мирному использованию атомной энергии. Докл. советских ученых. – М.: Атомиздат, 1959. – т.3. – С.134–159.
9. Кисляков Я.М., Щеточкин В.Н. Гидрогенное рудообразование. – М.: «Геоинформмарк», 2000. – 610 с.
10. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швецов В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. – М.: Наука, 2004. – 677с.
11. Лисицын А.К. Гидрогеохимия рудообразования (на примере экзогенных эпигенетических урановых руд). – М.: Недра, 1975. – 247 с.
12. Гидрогенные месторождения урана. Основы теории образования. / Под.ред. А.И. Перельмана. – М.: Атомиздат, 1980. – 270 с.

ВАРИАЦИИ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРЕДВОЛЖСКОГО РЕГИОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

И.С. Нуриев

Научный руководитель доцент Р.Х. Мусин

Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина, г. Казань, Россия

Предволжский регион расположен в западной части Республики Татарстан на северном окончании Приволжской возвышенности. В структурно–тектоническом отношении Предволжье Республики Татарстан приурочено к области сочленения Токмовского свода с Казанско–Кировским прогибом и Мелекесской депрессией. В гидрогеологическом отношении регион является частью Волго–Сурского артезианского бассейна. Зона активного водообмена региона охватывает комплекс пермских, юрско-меловых и плиоцен-четвертичных отложений. Мощность этой зоны достигает 300–350 м.

Регион отличается сельскохозяйственным уклоном производственной деятельности. Доля пашни в структуре земельных угодий составляет 60 % [2]. Для поддержания плодородия почв здесь используются как минеральные (действующие активные вещества – фосфор, азот, калий), так и органические удобрения [1]. По имеющимся данным в период с 1976 по 2004 гг. на посевные площади региона было внесено 12 млн т органических и 0,24 млн т действующего вещества минеральных удобрений, при этом наиболее активно они использовались в 1986–1995 гг. (табл. 1). Средняя интенсивность внесения удобрений за отмеченные 29 лет варьирует, по административным районам Предволжья, в пределах: для минеральных – 11,8–20 кг/га-год; органических – 0,6–1,0 т/га-год.

Целью исследования явилось выявление основных факторов формирования химического состава подземных вод верхней части гидрогеосферы Предволжского региона.

Для выявления вариабельности состава подземных вод верхней части гидрогеосферы Предволжского региона автором проанализированы химические составы подземных вод в стратиграфическом диапазоне от верхнеказанского подъяруса средней перми до коньякского яруса верхнего мела (табл. 2).

Как известно, формирование состава подземных вод определяется рядом факторов, которые можно объединить в две группы – группу природных и группу природно-техногенных факторов. В первой группе основную роль играют физико-географические особенности территорий, а также геолого-структурные и литолого-фациальные особенности их разреза. Анализ гидрохимической информации показал, что качество подземных вод Предволжского региона определяется природными факторами, влияние же техногенного фактора ярко проявляется лишь в пределах и окрестностях некоторых населенных пунктов. Здесь воды характеризуются повышенными относительными долями нитратов и хлоридов, минерализацией до 3–4 г/дм³ и величиной общей жесткости до 30–40 ммоль/дм³.

Таблица 1

Распределение во времени и по административным районам Предволжского региона масс внесенных удобрений на 1 га пашни

Наименование районов	Общая площадь (км ²)	Площадь пашни (км ²)	Минеральные (кг действующего в-ва) / органические (т)		
			1976–1985 г.	1986–1995 г.	1996–2004 г.
Апастовский	1048	725	100/9,9	241/13	140/6,3
Буинский	1530	1077	141/7,2	234/9,4	204/5
Верхнеуслонский	1303	599	72/7	167/9	103/2,9
Дрожжановский	1030	731	107/7,5	259/12,6	127/9,4
Зеленодольский	731,6	480	170/11,2	264/14,3	101/3,4
Кайбицкий	995	582	-/-	-/-	113/3,7
Камско-Устьин.	1199	569	89/6,7	167/9,7	117/3,6
Тетюшский	1638	855	109/6,4	206/6,5	73/3,3

Таблица 2

Вариации состава подземных вод Предволжья Республики Татарстан

Индексы водовмещающих толщ	Кол-во проб	Минерализация, (мг/дм ³) от – до преобл. значение	Жесткость общая (ммоль/дм ³) от – до преобл. знач	Состав вод		% некондиционных в питьевом отношении проб
				анионы от – до	катионы от – до	
К	52	<u>237 – 1792</u> 300 - 500	<u>3,1 – 23,99</u> 3 – 7	HCO ₃ – SO ₄ , HCO ₃	Ca – Mg, Ca	82
J	143	<u>187 – 4595</u> 300 – 500	<u>1,78 – 48,11</u> 5 – 10	HCO ₃ – SO ₄	Ca – Na	63
P ₃ svd	336	<u>154 – 1886</u> 300 – 500	<u>1,73 – 15,56</u> 5 – 10	HCO ₃ – SO ₄	Ca – Na	37
P ₂ ur	657	<u>155 – 2645</u> 300 – 500	<u>1,64 – 28,91</u> 5 – 10	HCO ₃ – SO ₄ , HCO ₃ -Cl	Ca – Na	40
P ₂ kz ₂ ³⁺⁴	148	<u>274 – 4286</u> 300 – 750	<u>1,52 – 38,3</u> 5 – 15	HCO ₃ – SO ₄	Ca – Na	81
P ₂ kz ₂ ¹⁺²	134	<u>297 – 7069</u> 500 – 4000	<u>4,25 – 56,97</u> 7 – 50	HCO ₃ – Cl-SO ₄	Ca – Na	99

Таблица 3

Корреляционные связи показателей состава подземных вод с параметрами удобрений

Показатели состава ПВ	Параметры удобрений			
	Общая масса, внесенная за 29 лет, (т)		интенсивность внесения, (т/га*год)	
	минер.	орган.	минер.	орган.
Жесткость	0,15	0,04	0,13	-0,04
pH	-0,08	-0,17	-0,11	-0,29
Минерализация	0,06	-0,06	0,19	-0,09
HCO ₃ ⁻	0,15	0,04	0,23	-0,01
Cl ⁻	-0,09	-0,01	-0,01	0,11
SO ₄ ²⁻	-0,05	-0,11	-0,06	-0,19
NO ₃ ⁻	-0,19	-0,22	-0,01	-0,04
NO ₂ ⁻	-0,27	-0,27	-0,07	-0,18
Ca ²⁺	0,04	-0,09	0,04	-0,09
Mg ²⁺	0,14	0,15	0,10	0,06
(Na+K) ⁺	-0,12	-0,10	0,07	-0,08
NH ₄ ⁺	-0,03	-0,14	0,13	-0,09
SiO ₂	-0,01	-0,11	0,17	-0,03
Окисляемость	0,12	0,11	0,43	0,45

Примечание. Полу жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты парной корреляции.

Для количественной оценки роли природных и техногенных факторов в формировании состава подземных вод обработка гидрогеохимической информации была дополнена следующим. Составы вод отдельных гидростратиграфических уровней были сгруппированы по отдельным водосборным бассейнам. Площадь региона была разбита на 24 водосборных бассейна, которые представляют собой изолированные гидрогеодинамические системы с едиными условиями формирования подземных вод. Границами этих бассейнов являются крупные речные долины и (или) основные поверхностные водоразделы. Для каждого водосборного бассейна на основе данных об использовании удобрений по административным районам (табл. 1) были рассчитаны параметры, отражающие количество и интенсивность внесения минеральных и органических удобрений.

В рассмотрении участвовали подземные воды первых от поверхности водоносных горизонтов в составе уржумских и северодвинско-вятских отложений, которые используются в регионе максимальным площадным распространением. В целом, составы подземных вод приповерхностных частей уржумских и северодвинско-вятских отложений слабо отличаются друг от друга и они довольно устойчивы по всему региону, отмечается лишь слабый тренд роста минерализации в южном направлении. Данный тренд обусловлен, скорее всего, природными факторами.

Рост минерализации подземных вод может быть связан с частичным питанием рассматриваемых подземных вод водами, профильтровавшимися через мезозойские образования, а также влиянием почвенного слоя, мощность которого увеличивается в южном направлении, при этом параллельно происходит возрастание роли черноземов. В поведении же параметров удобрений подобной согласованности не отмечается и вариации интенсивности внесения удобрений никак не отражаются на минерализации подземных вод. Такой же результат получен по данным корреляционного анализа (табл. 3). Из показателей химического состава подземных вод значимо коррелирует с параметрами, отражающими интенсивность внесения удобрений, лишь перманганатная окисляемость, при этом данный показатель нигде не превышает предельно-допустимых значений для вод питьевого качества.

Таким образом, умеренное, научно обоснованное использование удобрений в агропромышленном комплексе не приводит к изменению состава подземных вод первого от поверхности водоносного горизонта и не оказывает заметного влияния на их качество.

Литература

1. Алиев Ш. А. Агрохимическая характеристика почв Республики Татарстан и мероприятия по повышению ее плодородия / Ш.А. Алиев. – Казань: Изд-во "Матбугат йорты", 2000. – 32 с.
2. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2005 г. / научн. ред. Н. П. Торсуев. – Казань, 2006. – 494 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОДТОВАРНЫХ ВОД НА СОСТОЯНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ БОЛОТНЫХ ЛАНДШАФТОВ

В.А. Олейник

Научный руководитель профессор Е.М. Дутова
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Большинство нефте- и газодобывающих объектов, широко эксплуатирующих подземные воды различных водоносных горизонтов, в пределах Томской области расположены на территориях болот. В ходе технологического процесса, либо при аварийных ситуациях не исключено попадание подземных вод высокой минерализации в болота. В результате этого может произойти существенное изменение химического состава болотных вод, а также их гидрогеохимической обстановки; тем самым изменятся и формы миграции элементов. Таким образом, оценка изменения миграционных форм будет являться одной из характеристик загрязнения болотных вод, суммирующей изменение и химического состава, и геохимической обстановки.

В основу работы положены результаты полевых исследований, выполненных в рамках проведения хозяйственных работ сотрудниками кафедры ГИГЭ в 2006 г., а также данные фондовых и литературных источников [1–3]. В ходе проведения полевых исследований был получен материал по химическому составу, окислительно-восстановительной обстановке, рН подземных и поверхностных вод; особое внимание уделялось определению концентраций железа. Также был привлечен обширный фондовый материал по изучению гидрогеохимии болот Томской области и подземных вод юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна.

Целью исследований явилось изучение влияния разливов подтоварных вод на геохимическое состояние болотных ландшафтов. Получение фактического материала по химическому составу природных вод Томской области было решено путём отбора и последующего анализа проб природных вод исследуемой территории в рамках выполнения хозяйственных работ кафедры ГИГЭ по гидрогеохимическому поиску месторождений урана в Томской области. Определены концентрации макро- и некоторых микрокомпонентов, а так же показатели Eh и рН. Для обеспечения достоверности получаемых данных определение рН, Fe²⁺, Fe³⁺ и Eh осуществлялось непосредственно на точке отбора. Определение быстромениющихся компонентов в природных водах проводилось в соответствии с требованиями к методике гидрохимических исследований по ГОСТу 24902 – 81. Оценка влияния разливов подтоварных вод на геохимическое состояние болот производилась посредством изучения форм миграции и концентрации железа в болотных водах. Расчет форм миграции и состава равновесной вторичной фазы проводился при помощи авторского программного комплекса «HydroGeo-32» М.Б. Букаты.

Особенность болотных вод заключается в низком уровне минерализации (ультрапресные воды), несколько увеличивающейся от верховых к низинным болотам; низкими (для верховых) и пониженными (для переходных и низинных) значениями рН; в высоком содержании органических кислот гумусового ряда. Воды верховых болот отличаются наиболее кислой средой (рН < 5,0), низкой общей минерализацией (часто < 90 мг/л) и высоким содержанием

органических веществ (содержание фульвокислот обычно около 50 мг/л, гуминовых кислот – 6–10 мг/л). Низинные болота отличаются более высокой общей минерализацией (до 400 мг/л), слабощелочным и околонейтральным характером среды (рН 6–7), повышенным содержанием марганца, железа и других металлов. Воды переходных болот, имеющие затрудненную или периодическую (сезонную) связь с подземными водами, характеризуются промежуточными параметрами между водами верхового и низинного типов болот. Общая минерализация данных вод находится на уровне 100–150 мг/л, рН – от 5 до 5,5. Таким образом, химический состав болотных вод является уникальным и резко отличается от состава других типов подземных и поверхностных вод.

Отличительной чертой природных вод изучаемой территории является повышенное содержание железа. Данная территория относится к выделенной В.А. Кирюхиным, С.Л. Шварцевым, А.И. Коротковым провинции железистых вод [4]. Железо является элементом переменной валентности. С.Р. Крайнов [5] отмечал, что образование комплексных соединений элементов с переменной валентностью расширяет окислительно-восстановительные границы их водной миграции. В связи с этим расчет форм миграции компонентов проводился не только для макрокомпонентов, но и для железа.

Соотношение миграционных форм двух- и трехвалентного железа в различных типах болотных вод напрямую зависит от величины минерализации природных вод, уровня рН, содержания органических кислот. Для болотных вод характерна преимущественная миграция двухвалентного железа в виде собственно двухвалентного иона, а также в виде значительной доли (4–1 %) фульватного комплекса железа. При этом в ряду верховое – низинное болото доля фульватного комплекса снижается, а доля собственного иона возрастает. В составе миграционных форм также присутствуют карбонатные комплексы, доля которых с увеличением минерализации возрастает от десятых долей процента до целых единиц (2,5 % для вод низинных болот). Трехвалентное железо мигрирует в основном в виде гидрооксокомплексов. В различных ситуациях изменяется лишь их процентное соотношение. В водах верховых болот присутствуют различные фульватные комплексы трехвалентного железа, суммарно достигающие 3 %. При переходе от верховых к низинным болотам эта доля существенно снижается до десятых (в переходных болотах) и десятитысячных долей процента (в низинных болотах).

Состав равновесной вторичной минеральной фазы представлен глинами, а также окислами и гидроокислами. В абсолютных единицах (г/л) величина равновесной вторичной фазы мала – порядка тысячных долей. В составе равновесной вторичной фазы болотных вод наибольшую долю занимают глинистые минералы. В ряду верховые – низинные болота эта доля возрастает.

В результате эксплуатации палеогенового, мелового и юрского водоносных горизонтов подземные воды могут изливаться на болотные ландшафты. Смешиваясь с различными типами вод, состав и процентное соотношение миграционных форм элементов в болотных водах резко изменяется.

В целях исследования миграционных форм химических элементов болотных вод при попадании в них подземных вод различных водоносных горизонтов было проведено моделирование данного процесса. Осуществлялось смешение вод различных типов болот с водами наиболее эксплуатируемых водоносных комплексов: палеогенового, мелового, юрского. В ходе моделирования проводилось добавление подземных вод в различном процентном соотношении с болотными – соответственно 10 на 90 %, 20 на 80 % и 50 на 50 %. При моделировании смешения из химических анализов каждого водоносного комплекса были взяты средние анализы для разных типов вод и вод с разной минерализацией. В итоге для вод палеогеновых отложений было отобрано три средних анализа со средней минерализацией 0,1 г/л, 0,4 г/л, 0,9 г/л; смешение с водами меловых отложений осуществлялось для четырех типов вод: гидрокарбонатных натриевых, хлоридно-гидрокарбонатных натриевых, гидрокарбонатных натриево-магниево-кальциевых, хлоридно-натриевых; с водами юрских отложений для четырех групп: хлоридных натриевых с минерализацией 3–10 г/л, 10–20 г/л, 20–35 г/л, > 35 г/л.

Таким образом, было выполнено 99 вариантов смешения болотных и подземных вод. Моделирование включало в себя определение миграционных форм болотных вод загрязненных подземными водами, а также вторичную равновесную фазу.

Моделирование смешения выявило ряд закономерностей изменения соотношения миграционных форм в болотных водах, а также в составе вторичной равновесной фазы.

Смешение вод верховых болот с водами палеогеновых отложений показало, что двухвалентное железо мигрирует в форме собственного иона порядка 92 – 97 %. С увеличением доли подземных вод его процент возрастает. Комплекс с фульво-кислотами составляет 1–4 %; с увеличением доли подземных вод его процент снижается. Также в составе миграционных форм присутствует гидрокарбонатный комплекс. При смешении вод переходных болот с водами палеогеновых отложений состав миграционных форм двухвалентного железа существенно меняется. Наибольшая доля принадлежит гидрооксокомплексам (6–86 %) и карбонатным комплексам (7–70 %). С увеличением доли подземных вод процент гидрооксокомплексов снижается, а карбонатного комплекса увеличивается. Следует отметить, что с увеличением минерализации подземной воды возрастает процент карбонатного комплекса. Двухвалентное железо в виде собственного иона составляет порядка 2–23 %, его количество возрастает с увеличением доли подземных вод. Воды палеогеновых отложений, смешиваясь с водами низинных болот, обуславливают те же самые закономерности, что и при смешении с водами переходных болот.

При попадании меловых вод в воды переходных болот соотношение миграционных форм будет зависеть от типа и, следовательно, от минерализации вод меловых отложений. Наибольшая доля двухвалентного железа мигрирует в форме собственного иона (порядка 62 – 99 %). С увеличением доли подземных вод и с возрастанием их минерализации доля собственного иона снижается, появляются карбонатные комплексы и гидрооксокомплексы. Во всех вариантах смешения постоянно присутствуют гидрокарбонатные комплексы – порядка первых единиц процента. Наличие комплексов с фульвокислотами отмечено лишь при смешении с маломинерализованными гидрокарбонатными натриево-магниево-кальциевыми водами при их минимальной доле – 10 %. Соотношение форм миграции двухвалентного железа при смешении вод переходных и низинных болот с различными типами вод меловых отложений подчиняется той же

закономерности, что и при смешении с водами палеогеновых отложений. Доля гидроксокомплексов варьируется от 8 % до 87 %, снижаясь с увеличением доли подземных вод. Доля карбонатных комплексов варьируется от 9 % до 72 % и возрастает с увеличением доли подземных вод. Собственный ион двухвалентного железа составляет порядка 4–22 %, его доля растет с увеличением доли подземных вод. При смешении вод верховых болот с подземными водами верхнеюрских отложений наибольшая доля двухвалентного железа мигрирует в форме собственного иона (порядка 94 – 99 %). С увеличением доли подземных вод (от 20 до 50 % в смеси) в составе миграционных форм появляются хлориты порядка первых единиц процента. Органоминеральные комплексы (с фульвокислотами) образуются лишь при смешении с водами низкой минерализации (от 3 до 10 г/л) при доле подземных вод 10 %. Постоянно присутствуют гидрокарбонатные комплексы железа (порядка 1–3 %).

При смешении вод верхнеюрских отложений с водами переходных и низинных болот в составе миграционных форм двухвалентного железа существенная доля принадлежит гидроксокомплексам, доля которых с увеличением доли подземных вод снижается; доля карбонатных комплексов, наоборот, возрастает по отношению к собственному иону двухвалентного железа. Следует отметить, что при смешении с подземными водами высокой минерализации при их доле 50 % собственный ион железа имеет максимальную долю порядка 70 – 80 %, то есть в таком долевом соотношении подземные воды юрских отложений подавляют смешение с болотными. При таких же условиях в составе миграционных форм присутствуют хлоридные комплексы железа в количестве порядка первых единиц процента. Состав миграционных форм трехвалентного железа, при попадании подземных вод в болота, практически не изменяется. Наибольший процент принадлежит гидроксокомплексам, при различных вариантах смешения меняется лишь их процентное соотношение.

При смешении болотных и подземных вод изменяется и состав равновесной вторичной фазы. При попадании в воды верховых болот подземных вод палеогеновых и верхнемеловых отложений состав равновесной вторичной фазы представлен в основном глинами (93–96 %), а также окислами и гидроокислами. Иначе выглядит состав равновесной вторичной фазы при смешении вод верховых болот с водами юрских отложений. При низкой доле подземных вод (порядка 10 %) как и в случае смешения с водами палеогеновых и меловых отложений вторичные минералы представлены глинами, окислами и гидроокислами. Однако, при смешении с водами высокой минерализации (более 35 г/л) в составе вторичной равновесной фазы появляются карбонаты (порядка 87–93 %). Отмечено появление карбонатов и сульфатов при смешении с водами, минерализация которых составляет 10–20 %, (в соотношении болотных и подземных вод 50 на 50 %).

Состав равновесной вторичной фазы при смешении вод переходных и низинных болот с подземными водами палеогеновых и меловых отложений представлен, в основном, карбонатами (порядка 80–90 %), глинами (порядка первого и второго десятка процентов), а также окислами и гидроокислами (порядка первых единиц процента). При увеличении доли подземных вод в большинстве случаев снижается, а доля глин возрастает. Процент окислов и гидроокислов практически не изменяется. Аналогичный состав равновесной вторичной фазы наблюдается и при смешении вод переходных и низинных болот с водами юрских отложений. При доле подземных вод 50 % в составе отмечается присутствие сульфатов (порядка первых единиц процента); сульфаты представлены гипсом. В ряде вариантов смешения болотных и подземных вод в долях 50 на 50 % в составе карбонатов отмечено присутствие железистого карбоната – сидерита сферолитового. При смешении вод палеогеновых отложений с водами низинных болот он составляет порядка 10^{-4} г/л, вод меловых отложений с водами переходных и низинных болот – 10^{-3} г/л. При смешении вод юрских отложений с минерализацией (10–20 г/л) с водами низинных болот – 10^{-4} г/л; а при смешении с водами высокой минерализации (> 35 г/л) – порядка 10^{-2} г/л.

Таким образом, попадание подземных вод в болотные воды в большинстве случаев существенно изменяет состав форм миграции двухвалентного железа, а также состав равновесной вторичной фазы.

Моделирование смешения болотных и подземных вод показало, что при изливании подземных вод на поверхность болот существенно изменится химический состав болотных вод, а также показатели их гидрогеохимической обстановки. Вследствие чего произойдет изменение миграционных форм химических элементов. При изливании подземных вод в переходные и низинные болота преобладающими миграционными формами двухвалентного железа станут карбонатные комплексы и гидроксокомплексы. В составе равновесной вторичной фазы таких болотных вод преимущество будут иметь карбонаты, в том числе и железистые.

Литература

1. Здвижков М.А. Гидрогеохимия Васюганского болотного массива: Автореферат диссертации на соискание науч. степени к.г.-м.н. Томский политехнический университет. – Томск: ТПУ, 2005, - 175 с.
2. Шварцев С.Л., Рассказов Н.М., Сидоренко Т.Н., Здвижков М.А. Геохимия природных вод района Большого Васюганского болота: Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития./ Под ред. чл.-корр. РАН М.В.Кабанова. – Томск: Институт оптики атмосферы СО РАН, 2002. – 139 -150 с.
3. Инишева Л.И., Деметьева Т.В., Белова Е.А., Головацкая Е.А., Инишев Н.Г., Санникова Ю.В. Большое Васюганское болото: результаты комплексных исследований торфоболотной экосистемы: Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития./ Под ред. чл.-корр. РАН М.В.Кабанова. – Томск: Институт оптики атмосферы СО РАН, 2002. – 165 – 169 с.
4. Кирюхин В.А. Гидрогеохимия: учебное пособие / В.А. Кирюхин, А.И. Коротков, С.Л. Шварцев. – М.: Недра, 1993. – 383 с.
5. Крайнов С.Р., Швец В.М. Основы геохимии подземных вод. – М.: Недра, 1980.

ЛИТИЙ И СТРОНЦИЙ В ПЛАСТОВЫХ ВОДАХ КУЮМБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.С. Паздникова

Научные руководители профессор М.Б. Букаты, доцент Р.Ф. Зарубина
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Пластовые воды – это попутные воды нефтяных месторождений. В пластовых водах присутствуют многие компоненты, имеющие то или иное практическое значение. В настоящее время большое значение приобретает использование пластовых вод, обогащенных микроэлементами, в качестве минерального сырья. Актуальность работы обусловлена потребностью промышленного извлечения редких элементов, в частности лития и стронция, из пластовых вод нефтяных месторождений.

Целью работы является оценка вод Куюмбинского нефтяного месторождения для дальнейшего промышленного извлечения лития и стронция.

Куюмбинское нефтяное месторождение расположено в юго-западной части Сибирской платформы в пределах Тунгусского артезианского бассейна. Основным поверхностным водным объектом является река Подкаменная Тунгуска, которая впадает в Енисей.

Исследованию подверглись 43 пробы воды. Воды анализировались на содержание микро- и макроэлементов в УНПЦ «Вода», ИГНД ТПУ. Результаты анализа использованы для определения взаимосвязи содержаний лития и стронция с различными параметрами пластовых вод.

Нормативным документом [2] определены промышленные кондиции попутных вод нефтяных месторождений как источника минерального сырья. Для лития промышленная концентрация составляет 10 мг/л (рис. 1), а для стронция – 300 мг/л (рис. 2).

Из рис. 1 и рис. 2 видно, что извлечение элементов лития и стронция целесообразно из воды большинства скважин месторождения (27 из 43). Концентрации элементов начинают возрастать согласно номерам точек с юго-восточной части месторождения на северо-западную и достигают концентраций: литий до 290 мг/л и стронций до 5100 мг/л. В большинстве проб воды скважин Куюмбинского месторождения реальные концентрации превышают промышленные в пять, а то и двадцать пять раз.

В связи с тем, что макросостав пластовых вод разнообразен в различных месторождениях, а методика извлечения редких компонентов зависит от макросостава вод, представляло интерес узнать, какие параметры, помимо гидрогеохимической зональности, влияют на поведение лития и стронция в пластовых водах. Исследовано поведение концентраций лития и стронция в зависимости от минерализации и концентраций макро-ионов.

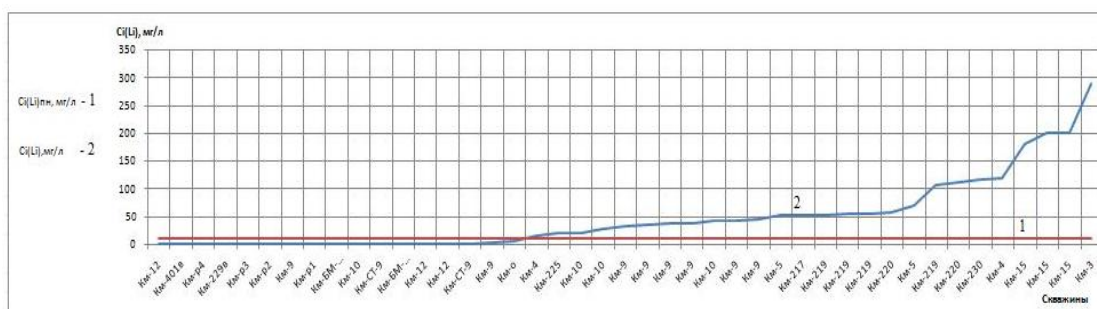


Рис. 1. Концентрации лития в пластовых водах Куюмбинского месторождения (2) в сравнении с промышленными нормами (1)

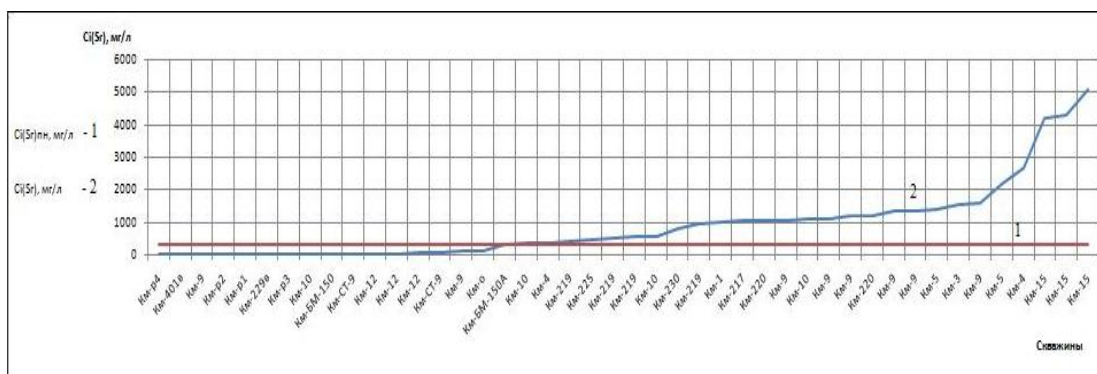


Рис. 2. Концентрации стронция в пластовых водах Куюмбинского месторождения (2) в сравнении с промышленными нормами (1)

Установлено, что содержание лития и стронция увеличивается с ростом минерализации. Величина минерализации вод той части месторождения, где концентрации лития и стронция велики (северо-западная часть

месторождения), составляет 365,39; 412,5 г/л (формула 1); воды при этом хлоридные натриевые, а в районах с пониженным содержанием лития и стронция (юго-восток месторождения) – 14,26; 97,27 г/л (формула 2); воды хлоридные кальциевые.

Скв. Км-12 (Ю-В)



(1)

Скв. Км-15 (С-3)



(2)

На рис. 3. представлено поведение лития в зависимости от содержания макро-ионов подземных вод Куюмбинского месторождения, на рис. 4 – стронция. Наблюдается стабильный рост концентраций лития в пределах 32–200 мг/л и стронция – 350–5100 мг/л от содержания макроэлементов. Прослеживается тенденция стронция к положительной связи с магнием и натрием, а лития – с хлором, кальцием и натрием.

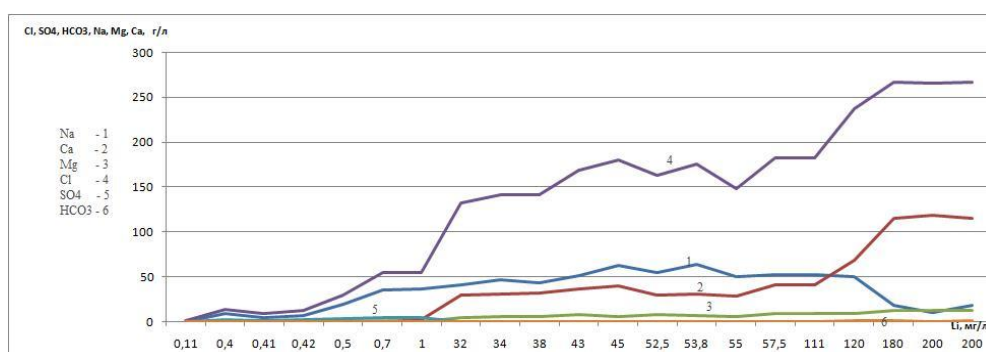


Рис. 3. Поведение лития в зависимости от макро-ионов подземных вод Куюмбинского месторождения

Если сравнить пластовые воды Куюмбинского месторождения с пластовыми водами Русской платформы по данным К.Е. Питьевой [1], то их отдельные закономерности согласуются: прослеживается параллель зависимости содержания стронция от концентраций магния и натрия, а лития – от концентрации хлора. Но имеются отличия в связи лития с макросоставом пластовых вод. Так, в пластовых водах Русской платформы литий имеет связь с магнием, а в водах Куюмбинского месторождения – нет.

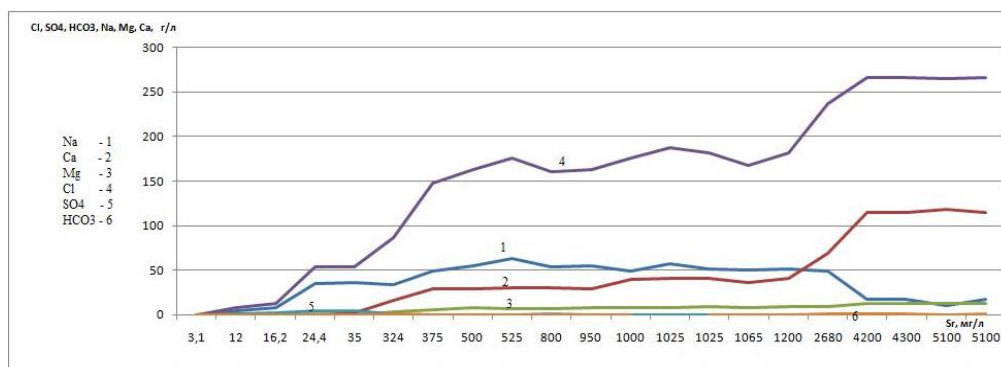


Рис. 4. Поведение стронция в зависимости от макро-ионов подземных вод Куюмбинского месторождения

Исследованиями на примере воды скважины Км-9 установлено, что содержания лития и стронция зависят от пластового давления и глубины (рис. 5). Связь этих параметров с концентрацией лития и стронция довольно сложная. Наблюдается увеличение содержания микроэлементов с глубиной и ростом давления; сложность распространения проявляется в резком изменении их содержания в водах на коротких интервалах глубин и давлений.

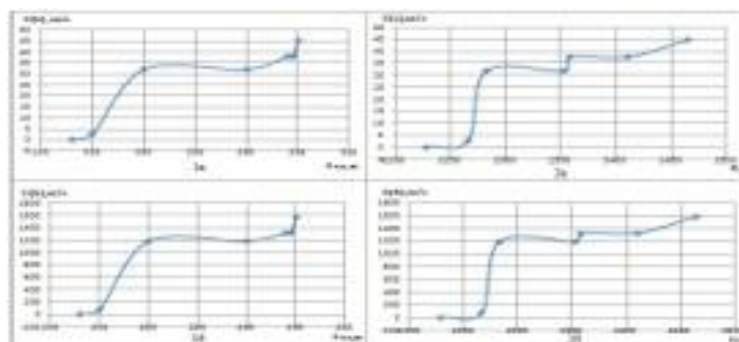


Рис. 5. Зависимости содержания лития (а) и стронция (б) от пластового давления (1) и от глубины взятия пробы (2)

Так содержание лития резко возрастает от 3 до 32 мг/л и стронция от 78 до 1190 мг/л в интервале 40 м глубины взятия пробы воды от (2230 до 2270 м) в пределах давления от 215 до 220 атм., а затем выходит практически на постоянную величину. В связи с этим такие параметры как глубина взятия пробы и пластовое давление следует рассматривать не в качестве формирующих состав пластовых вод, а как функции иных факторов. Так, например, макросостав воды в скважине Км–9 на разных глубинах и при разных давлениях одинаков, воды хлоридные кальциево-натриевые (формулы 3 и 4).

2230 м, 215 атм.



(3)

2270 м, 220 атм.



(4)

В ходе научно-исследовательской работы было установлено, что для извлечения лития и стронция из пластовых вод перспективной является северо-западная часть Куюмбинского нефтяного месторождения.

Установлены зависимости содержания лития и стронция от макро-ионного состава пластовых вод. Для стронция характерна связь с магнием и натрием, а для лития - с хлором, кальцием и натрием.

На примере воды скважины Км–9 установлена общая тенденция увеличения содержания лития от 3 до 32 мг/л и стронция от 78 до 1190 мг/л в интервале 40 м глубины взятия пробы воды (2230 – 2270) в пределах давления 215–220 атм.

Литература

1. Питьева К.Е. Гидрогеохимия. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 315 с.
2. Временные требования к изучению и подсчету запасов попутных вод нефтяных и газонефтяных месторождений как источника минерального сырья. – М.:ГКЗ СССР, 1991.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РОДНИКОВЫХ ВОД В ДОЛИНЕ РЕКИ ХЕМЧИК И ГРУППЫ ИСТОЧНИКОВ «ЧОЙГАН» (РЕСПУБЛИКА ТЫВА)

А.В. Пашагин

Научный руководитель доцент Ю.Г. Копылова
Томский политехнический университет г. Томск, Россия

Минеральные воды Тувы были изучены многими исследователями, в том числе Е.В. Пиннекером. Наиболее активно это происходило в 60-х годах XX века. В настоящее время появились новые методы анализа вод, которые позволяют более точно и надежно определить химический состав вод, получить новые данные о распространенности широкого круга химических элементов на основе высокочувствительных методов их масс-спектрального определения с индуктивно связанной плазмой.

Цель данной работы состоит в комплексной характеристике химического состава вод родников республики Тува, приуроченных к долине реки Хемчик (Хемчинская впадин) и вод группы так называемых Чойганских источников (Тоджинская котловина) с целью объяснения бальнеологических свойств используемых населением вод родников и развития услуг по их использованию.

В основу работы положены материалы полевых исследований, выполненных сотрудниками СО РАН Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов с участием автора летом 2007 г.

Химический состав контролируется многими факторами и процессами: климат, рельеф, тип горных пород, соподчиненность которых проявляется через биологическую продуктивность ландшафта, интенсивность водообмена, характер геохимической среды, направленность выветривания горных пород [3]. Необходимо иметь общее представление о характере этих факторов и процессов в районе работ.

Отдаленность Тувы от морей и океанов, отгороженность от соседних территорий с запада, севера и востока крупными горными хребтами, а также общий высокий уровень поверхности при сложном ее расчленении обуславливают не только резко континентальный климат, но и значительное разнообразие рельефа. По характеру рельефа основная часть территории Тувы отчетливо делится на две части: восточную – горную, охватывающую бассейны двух составляющих Енисея – рек Бий-Хем (Бол. Енисей) и Каа-Хем (Мал. Енисей), и западную, включающую обширную Тувинскую котловину и окружающие ее хребты (Западный Саян, Шапшалский, Цаган-Шибэту, Западный и Восточный Танну-Ола). Западная часть Тувы принадлежит к бассейну Улуг-Хема (Верх. Енисей) и его крупнейшего левого притока Хемчика, ниже впадения которого начинается собственно Енисей [1].

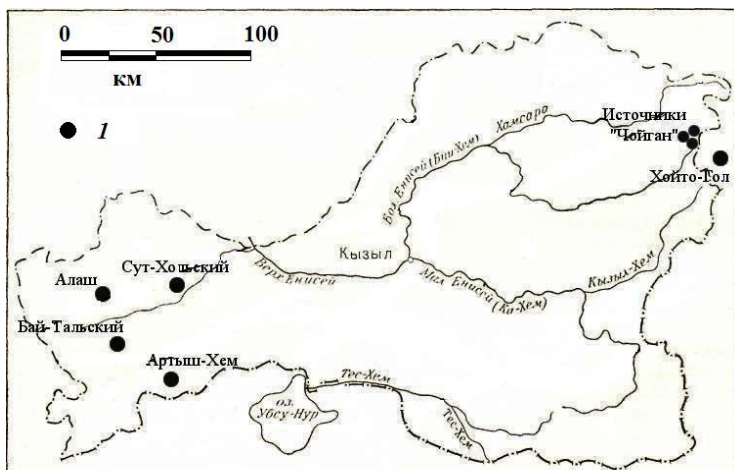


Рис. 1. Обзорная карта района исследования.: 1 - родники

Исследование родников выполнено на двух участках, которые приурочены к Хемчикскому (Хемчикская впадина) и Тоджинскому (Тоджинская впадина) регионам Алтае-Саянской складчатой зоны (рис. 1). По главнейшим особенностям геоморфологии и четвертичного покрова Хемчикская впадина характеризуется эрозионно-аккумулятивной холмистой высокой равниной с резко расчлененным рельефом. Для Тоджинской впадины характерна эрозионно-аккумулятивная холмистая высокая равнина со значительным развитием расчлененного низкогорья и среднегорного рельефа с покровом четвертичных базальтов.

Всего было опробовано 8 источников: «Бай-Тальский», «Сут-Хольский», «Алаш», «Артыш-Хем» – в долине реки Хемчик, а

также группа источников «Чойган» – «Молочный», «Сухой газ», «Молодость» и один сероводородный «Хойто-Гол», приуроченных к Тоджинской впадине (Восточная Тува).

Проведена обработка результатов химического анализа отобранных проб воды. Данные были систематизированы по групповой принадлежности вод (табл. 1) и выделены ультрапресные радоновые воды («Бай-Тальский», «Сут-Хольский»), пресные воды без специфических компонентов («Алаш», «Артыш-Хем»), углекислые термы – группа источников «Чойган» и сероводородные воды. При систематизации вод по групповой принадлежности определяющее значение имели работы Е.В. Пиннекера и его описание этих источников [2]. По данным обработки результатов химического анализа (табл. 2) геохимия радоновых вод «Сут-Хольского» и «Бай-Тальского» источников определяется исключительно низкой минерализацией (всюду менее 0,2 г/л; самые низкоминерализованные по отношению к другим исследуемым источникам), слабощелочным характером, гидрокарбонатным магниево-натриево-кальцевым составом с повышенным содержанием фтора, кремния, лития.

Таблица 1

Химический состав вод родников

Дата отбора	Радоновые воды		Пресные воды без специфических свойств		Углекислые воды			Сероводородные воды
	23.06.07	24.06.07	25.06.07	22.06.07	09.07.07	09.07.07	09.07.07	
Родники	Бай-Тальский	Сут-Хольский	Артыш-Хем	Алаш	Молодость	Сухой газ	Молочный	Хойто-Гол
Ком-ты, мг/л								
рН	7,16	7,2	7,65	7,73	8,27	8,1	8,68	8,5
HCO ₃	61	103,7	183	213,5	219,6	463,6	579,5	366
Cl	1,8	3,7	2	4	9,94	14,2	18,4	28,4
F	3,55	2,04	1,15	0,2	0,36	0,48	0,86	3,9
SO ₄	3,15	4,5	10,8	10,8	30,6	24	28,8	21
Na	7	10,2	15,5	9,2	51	97	195	142
K	0,48	0,62	0,51	1,08	0,45	0,95	1,9	0,75
Ca	10	20,9	40	36	34	55	34	20
Mg	3,6	4,6	5,8	20,7	6	17,3	6	4
Si	11,55	8,24	8,08	7,85	7,27	16,02	16,82	31,38
Li	0,030	0,021	0,015	0,014	0,135	0,475	0,507	0,332

Пресные воды без специфических свойств по химическому составу – слабощелочные (рН 7,6-7,7), умеренно пресные (около 300 мг/л): воды родника «Алаш» по классификации О.А. Алекина – гидрокарбонатные натриево-

магниево-кальцевые. Химический состав родника «Артыш-Хем» – гидрокарбонатный магниево-натриево-кальцевый. Воды группы Чойганских источников являются углекислыми теплыми щелочными (рН 8–8,7), от умеренно до собственно пресных с минерализацией 350–850 мг/л, по солевого составу воды гидрокарбонатные, с содержанием сульфат-иона до 30 мг/л (источник «Молодость» сульфатно-гидрокарбонатный), магниево-кальцево-натриевые, за исключением источника «Молочный», который является кальцево-натриевым. Родник «Хойто-Гол» с сильным запахом сероводорода является пресным с минерализацией 586 мг/л, щелочным (рН 8,5), по ионному составу – хлоридно-гидрокарбонатный кальцево-натриевый, с выраженным преобладанием натрия.

Таблица 2

Химические типы вод родников по преобладающим анионам и катионам

Название источника	рН	Т, °С	HCO ₃ ⁻ , % экв.	SO ₄ ⁻ , % экв.	Cl, % экв.	F, % экв.	Na ⁺ , % экв.	Ca ²⁺ , % экв.	Mg ²⁺ , % экв.	М, мг/л	Тип вод по ионному составу	Тип вод по величине минер-ии
Бай-Тальский	7,2	6	77	5	4	14	27	45	27	91	HCO ₃ MgNaCa	Ультрапресные
Сут-Хольский	7,73	4,8	85	5	5	5	24	55	20	150	HCO ₃ MgNaCa	Ультрапресные
Артыш-Хем	7,65	5,1	90	7	2	2	21	63	15	259	HCO ₃ MgNaCa	Умеренно пресные
Алаш	7,16	5	91	6	3	0	10	46	43	295	HCO ₃ NaMgCa	Умеренно пресные
Молодость	8,68	14	79	14	6	0	50	38	11	352	SO ₄ HCO ₃ MgCaNa	Умеренно пресные
Сухой газ	8,27	25	89	6	5	0	50	33	17	673	HCO ₃ MgCaNa	Собственно пресные
Молочный	8,1	31	89	6	5	0	79	16	5	864	HCO ₃ CaNa	Собственно пресные
Хойто-Гол	8,5	29	81	6	11	3	82	13	4	586	ClHCO ₃ CaNa	Собственно пресные

Дальнейшее изучение условий формирования рассматриваемых родников предусматривает расчет равновесия вод с породообразующими минералами для определения геохимических типов вод и анализа поведения в них химических элементов.

Литература

1. Геология СССР. Тувинская АССР. Геологическое описание. – Москва: Недра, 1966. – Том XXIX. – часть 1 – 235 с.
2. Пиннекер Е.В. Минеральные воды Тувы. – Кызыл: Тувинское кн. изд., 1968. –15-59 с.
3. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 366 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В РАЙОНАХ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

(НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)

А.С. Рыжих

Научный руководитель доцент В.В. Янковский
Томский политехнический университет г. Томск, Россия

На фоне общеэкономических осложнений мирового масштаба нефтегазовый комплекс оказался наименее пострадавшим. Наибольший удар пришелся на сервисные, т.е. геологоразведочные предприятия и природоохранные службы. Здесь ожидается возрастающее недофинансирование.

Добыча нефти и газа, особенно в последние годы, осуществляется в труднодоступных районах, требует от недропользователей значительных капитальных вложений. Работы по освоению нефтегазоносных месторождений приводят, как правило, к существенным нарушениям естественных связей в окружающей природной среде.

Томская область – один из ключевых и традиционных регионов в составе Сибирского Федерального округа Российской Федерации по добыче нефти. В силу объективных причин (географическое положение, климатические условия, удаленность от основных транспортных коммуникаций и от рынков сбыта продукции, как в Российской Федерации, так и зарубежных стран) для Томской области наиболее эффективными на ближайшую перспективу останутся добывающие предприятия нефтегазового комплекса. В этой связи повышение эффективности нефтегазового комплекса является одной из актуальных проблем экономики области, как на современном этапе, так и в долгосрочной перспективе.

Томская область относится к тем немногим регионам России, которые имеют возможность в течение длительного времени развивать нефтяную и газодобывающую промышленность, полностью опираясь на собственные природные ресурсы, при том, что за 50 лет из ее недр извлечено почти 200 млн т нефти.

Одним из крупнейших недропользователей ТО является ОАО «Томскнефть». Уровни добычи нефти в 2008 г. составили 103,4 % к уровню 2006 г.



Рис. 1. Добыча нефти ОАО «Томскнефть»

Информация, приведённая на следующем рисунке, свидетельствует о том, что в 2008 г. финансовый кризис на уровень добычи нефти газа и конденсата пока в полной мере не повлиял.

ОАО «Томскнефть» планирует добыть в 2009 г. 7907,6 тыс. т нефти, что на 93,6 тыс. т меньше факта добычи 2008 г. По другим недропользователям план добычи в 2009 году составляет 1722 тыс. т нефти, что на 369 тыс. т меньше, чем в 2008 г. В этом случае доля других недропользователей в общем объёме добычи нефти снизится с 20 % до 18 %. Ранее планировалось увеличение этой доли. Все цифры и графики приводятся для более полного представления экологической нагрузки. На фоне общего снижения финансирования субподрядных организаций, в том числе экологических, следует ожидать несоблюдение условий лицензионных соглашений и экологического законодательства в целом.

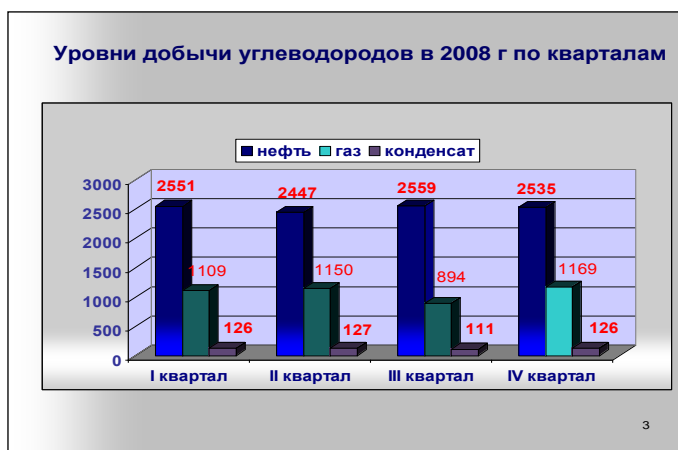


Рис. 2. Уровни добычи углеводородов в 2008 г. по кварталам

К основным загрязнителям в глобальных масштабах на территории НГДП относятся нефть, буровой шлам. Особую опасность представляют аварийные ситуации, при которых происходят большие выбросы нефти и пластовых вод в водотоки (в местах перехода трубопроводов через реки, ручьи). Большой объем вредных веществ попадает в реки и озера с поверхностным стоком с загрязненными грунтовыми водами. Наибольшие концентрации вредных веществ наблюдаются в малых водотоках (ручьях, озерах), расположенных рядом с буровыми площадками, скважинами и другими нефтепромысловыми объектами.

Основным видом воздействия разработки месторождений на состояние воздушного бассейна является загрязнение атмосферного воздуха выбросами загрязняющих веществ. Зоной влияния разработки месторождений на атмосферный воздух считается территория, на которой суммарное загрязнение атмосферы от всей совокупности

выбросов, в том числе низких и неорганизованных, превышает 0,05 ПДК загрязняющих веществ. Такие зоны влияния определяются по каждому вредному веществу или комбинации веществ с суммирующимся вредным воздействием отдельно.

На стадии разработки и освоения месторождения из-за интенсивного строительства объектов добычи, сбора и подготовки нефти происходит загрязнение поверхностных вод, заиливание и зарастание русел, активация береговых эрозионных процессов, повышение мутности воды. На данном этапе при строительстве объектов нефтедобычи захламляются русла рек и ручьев строительными и древесными остатками, они перекрываются трубопроводами и временными притрассовыми дорогами. Загрязнение вредными веществами поверхностных вод и донных отложений происходит при утечках из нефтепромысловых объектов, авариях, залповых сбросах и выбросах сточных вод в реки и водоемы. При этом любая хозяйственная деятельность в пределах водоохраных зон и прибрежных полос на территории водосборного бассейна таит в себе угрозу прямого и косвенного воздействия на гидрохимический и гидробиологический режимы.

При оценке качества вод водных объектов следует выявить их фоновое загрязнение и определить количество загрязняющих веществ, которое будет поступать в водную среду в результате разработки месторождений.

Особую актуальность приобретает проблема удаления и складирования, а в дальнейшем утилизации и захоронения отходов производства. Промышленные отходы удаляются складированием на определённых площадях (устройство свалок или полигонов); они загрязняют (при наличии в них испаряющихся или растворяющихся вредных веществ или мелкодисперсных частиц) атмосферу, территорию, поверхностные и подземные воды.

Для каждого НГДП разрабатывается технологический регламент на восстановление нефтезагрязнённых и засоленных минерализованными водами почв.

Задачами экологического мониторинга территорий месторождений являются:

- контроль состояния окружающей среды по химическим, физическим и биологическим показателям с целью определения уровня загрязнения, выяснения источников загрязнения и оценки эффективности природоохраных мероприятий;

- обеспечение контролируемых и природоохраных органов систематическими данными об уровне загрязнения окружающей среды, прогнозом их изменений, а также экстренной информацией при резких повышениях в природных средах уровня содержания загрязняющих веществ.

Для минимизации ущерба окружающей среде при аварийных разливах нефти и минерализованных вод предприятия по добыче и подготовке нефти обязаны:

- разработать план реагирования на разливы нефти и подтоварных вод, учитывающий все возможные аварийные ситуации;

- сформировать специально обученную бригаду быстрого реагирования на разливы нефти и подтоварных вод;

- обучить персонал быстрому реагированию на аварийную ситуацию с применением имеющегося инвентаря для локализации разлива и сбора нефти;

- оснастить нефтепромысел материалами и оборудованием для эффективного и быстрого реагирования на серьезный разлив нефти, связанный с загрязнением почвы, растительности, поверхностных вод;

- транспортировать материалы и оборудование для локализации и ликвидации разливов нефти вездеходным транспортом с малым давлением на грунт, который может также применяться в операциях установки бонов и спуска нефтесборщиков.

Литература

1. Калинин И.Б. Правовое регулирование ресурсопользования. – Томск: Изд-во НТЛ, 2001. – 356 с.
2. Программа и концепция развития нефтяной и газовой промышленности в Томской области на 2001 – 2005 гг. и период до 2030г. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2001. – 86 с.
3. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" (февраль 2007 года). – Новосибирск, 2007.
4. www.tomsk.gov.ru.

РОЛЬ ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНОГО ФАКТОРА В ФОРМИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

И.Р. Сагдиев

Научный руководитель доцент Р.Х. Мусин

Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина, г. Казань, Россия

Формирование химического состава подземных вод (ПВ) определяется, как известно, многочисленными гидрогеохимическими и гидробиохимическими процессами, которые контролируются разнообразными факторами [1]. Последние часто объединяются в две основные группы – природных и техногенных факторов. Важнейшее значение в первой группе имеют литолого-фациальные особенности гидрогеологических разрезов.

Для количественной оценки влияния состава горных пород на состав содержащихся в них вод автором изучены гидрогеологические условия верхней части разреза Восточно-Закамского региона Республики Татарстан. Этот регион широко известен в связи с многолетней разработкой здесь уникальных нефтяных месторождений – Ромашкинского и Ново-Елховского, которая вызвала, в свою очередь, проведение многочисленных разномасштабных исследований геологического, гидрогеологического и геоэкологического характера. В настоящее время степень геолого-гидрогеологической изученности Восточно-Закамского региона, характеризующегося площадью около 20 тыс. км² и численностью населения ~1,5 млн человек, является одной из наиболее высоких не только в Татарстане, но и в России в целом.

Восточно-Закамский регион расположен в пределах Южно-Татарского свода Волго-Уральской антеклизы Восточно-Европейской платформы и относится к Камско-Вятскому артезианскому бассейну [2, 6]. Зона активного водообмена обладает здесь мощностью 300–350 м и охватывает комплекс пермских и плиоцен-четвертичных образований. Пермские отложения в объеме уфимского, казанского, уржумского и северодвинского ярусов характеризуются максимальным площадным распространением. Они отличаются широким спектром фациальных условий формирования – от морских (верхнешельфовых) до континентальных (озерных, аллювиальных и др.). Морские отложения обладают, преимущественно, карбонатно-терригенным составом и серой окраской, тогда как континентальные представлены, в основном, песчано-глинистыми пестроцветными образованиями. Важной чертой пермской толщи является ее загипсованность, степень которой нарастает в восточном направлении. Гипсы отмечаются как в виде редких мелких включений, так и отдельных прослоев мощностью до 0,5–1, реже более, м. В рассматриваемой осадочной толще выделяется ряд водоносных и слабодоносных комплексов, связанных водообменом по схеме А.Н. Мятлева. Составы ПВ этих комплексов, при преобладании природных факторов их формирования, обычно имеют бимодальный характер распределения [3, 4]. С одной стороны, это гидрокарбонатные воды с минерализацией до 0,6, реже более, г/дм³ и общей жесткостью до 7–8 ммоль/дм³, с другой – гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатные воды с минерализацией до 2–3 г/дм³ и общей жесткостью до 20–30 ммоль/дм³. В первом случае преобладающим гидрогеохимическим процессом является углекислотное выщелачивание карбонатно-терригенных пород, во втором – выщелачивание и растворение гипсов. На участках интенсивного техногенного воздействия также проявлены две основные гидрогеохимические группы ПВ. В одной отмечается повышенная (более 20 % ммоль) роль хлоридов, при этом минерализация может достигать 5–7 г/дм³, а общая жесткость – 40–70 ммоль/дм³. В другой группе ПВ характеризуются повышенными содержаниями нитратов, здесь минерализация может достигать 2–2,5 г/дм³, а жесткость – 15–20 ммоль/дм³. Хлоридные воды пермских отложений отчетливо маркируют контуры крупных нефтяных месторождений, площади развития этих вод составляют многие сотни км²: их формирование связано, в первую очередь, с процессами утечек попутных нефтяных вод из многочисленных трубопроводов и емкостей хранения. Нитратные ПВ обладают узлокальным распространением, они тяготеют ко многим населенным пунктам, летним загонам скота, складам удобрений.

Таблица

Значения концентрационных градиентов

Типы разрезов	Глубин. уровень (м)	Минерализация	Жестк. общая	НСО ₃ ⁻	Сl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	(Na+K) ⁺
Терригенные	до 50	3,0-7,0	0,02-0,1	2,5-6,5	0-0,22	0-1,1	0,12-1,2	0,3-0,8	0,1-1,62
	50-100	0,1-1,65	0-0,1	0,22-0,92	0-0,1	0-0,9	0-1,5	0-0,21	0,1-1,83
	более 100	0,1-0,52	0-0,003	0-0,32	0,01-0,07	0-0,12	0-0,05	0-0,1	0,03-0,2
Карбонатно-терриген.	до 50	4,0-13,6	0,06-0,27	3,5-15,6	0-0,28	0,1-1,24	0,8-4,0	0,4-0,97	0,01-0,68
	50-100	0,14-10,9	-0,02-0,1	-0,4-1,83	0-0,12	0,2-1,64	-0,02-1,6	0-0,44	0-0,65
В различной степени загипсованные	до 50	7,2	0,12	4,6	0,13	2,6	1,6	0,46	0,26
	50-100	4-66,8	0,04-0,6	-2,5-0,31	0-1,7	3,2-55,7	0,7-10,6	0-3,7	0,3-13,0
	более 100	3-35,7	0,1-0,4	-6,6-0	0,1-0,4	10-28	2,9-4,9	0,6-1,9	0,5-2,9
Участки поверхн. нефт. загрязн.	до 50	11,4-70	0,1-0,9	2,5-6,1	5,4-25,0	0-4,7	0,9-21,0	0,8-4,2	0,1-6,0

Примечание. Единицы измерения общей жесткости – ммоль/дм³·м, остальных параметров – мг/дм³·м.

Роль литолого-фациального фактора в формировании состава ПВ наиболее корректно можно выявить по изучению их водораздельных участков, где проявлена, преимущественно, нисходящая фильтрация и процессы минерализации вод определяются взаимодействием литогенной составляющей первоначально с атмосферными осадками, а далее – уже с их трансформированными «дериватами». Данное взаимодействие может быть отражено так называемыми концентрационными градиентами, которые определяются следующим образом [5]:

$$\text{gradC} = (C_2 - C_1) / (h_2 - h_1),$$

где gradC – градиент концентраций (мг/дм³·м, ммоль/дм³·м и т.д.); C₂ и C₁ концентрации (значения) компонентов (параметров) в водах на глубинных уровнях, соответственно, h₂ и h₁.

Для получения более объективной картины целесообразно выделение концентрационных градиентов на нескольких глубинных уровнях – до 50, 50–100 и более 100 м. Для первого глубинного интервала C₁ отражает характеристики атмосферных осадков, а h₁ равно нулю, для второго и третьего интервалов используются параметры водоносных горизонтов соответствующих глубин.

Восточно-Закамский регион относится к зоне достаточного увлажнения, норма осадков здесь составляет 500 мм/год. Осадки характеризуются, преимущественно, сульфатно-гидрокарбонатным кальциевым и гидрокарбонатно-сульфатным натриево-кальциевым составами, их средняя минерализация – 43 мг/дм³ (в целом этот параметр варьирует в пределах 5–1260 мг/дм³). Результаты расчетов концентрационных градиентов по фактическому материалу 50 скважин, вскрывших несколько водоносных горизонтов на основных поверхностных водоразделах, которые в регионе являются и водоразделами ПВ пермских отложений, приведены в таблице. Она позволяет сделать следующие основные выводы:

- базовый (основной) уровень минерализации ПВ формируется уже на первых 50 м разреза, при этом скорость роста минерализации максимальна на участках интенсивных нефтеразработок и развития загипсованных толщ;
 - отрицательные значения градиентов связаны, главным образом, с процессами высаливания (отложением, преимущественно, CaCO_3) и сорбции.

Выявленные концентрационные градиенты позволяют прогнозировать гидрогеохимические условия в разрезе зоны активного водообмена и, следовательно, рационально располагать эксплуатационные на воду скважины.

Литература

1. Всеволожский В. А. Основы гидрогеологии: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2007. – 448 с.
2. Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника / Под ред. Б.В. Букова. – М.: ГЕОС, 2003. – 402 с.
3. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2005 г. / научн. ред. Н. П. Торсуев. – Казань, 2006. – 494 с.
4. Мусин Р. Х. Гидрогеохимическая и фильтрационная неоднородность зоны активного водообмена в нефтяных районах Татарстана / Р. Х. Мусин, Н. А. Марченков, И. С. Нуриев // Проблемы гидрогеологии XXI века: Наука и образование. – М.: Изд-во РУДН, 2003. – С. 466-469.
5. Нуриев И. С. Ресурсы и условия формирования состава пресных подземных вод в Предволжском регионе Татарстана / И. С. Нуриев, Р. Х. Мусин // Водохозяйственные проблемы и рациональное природопользование: Материалы всерос. конф. в 2 ч. /Орен. ун-т, Перм. ун-т. – Оренбург-Пермь, 2008. – Ч. 1, – С. 239-244.
6. Подземные воды Татарии / Под ред. М. Е. Королева. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1987. – 189 с.

ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ВОДЫ В ЦЕОЛИТАХ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Н.И. Таппырова

Научный руководитель ведущий научный сотрудник Е.Г. Старостин
 Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, г. Якутск, Россия

Цеолиты широко применяются в различных технологических и аналитических процессах в нефтеперерабатывающей, газовой, холодильной, резиновой промышленности, в медицине, очистке сточных и промышленных вод и т.д. [1]. Цеолитсодержащие катализаторы используются в химических технологиях в синтезе различных органических соединений [5]. Применительно к этим областям приложений подробно исследуются адсорбционные, массообменные и другие свойства цеолитов [1, 3, 5]. В то же время, ощущается недостаток исследований цеолитов при отрицательных температурах. Измерения теплоемкости поровой воды цеолитов при отрицательных температурах [10] показывают, что такие исследования могут дать ценную информацию о состоянии воды в цеолитах. В этом плане представляет интерес определение фазового состава воды в цеолитах при близких к 0°C отрицательных температурах. Такие измерения могут быть полезны также для разработки технологий зимнего бетонирования с использованием цеолита в качестве активных минеральных добавок.

В 1978 г. в Республике Саха (Якутия) открыто месторождение цеолитов – Хонгуруу в Сунтарском районе. Запасы цеолитового сырья по нему оцениваются в 51 млн т. Состав и свойства цеолитов данного месторождения достаточно широко исследуются. Например, проводятся научные изыскания на предмет использования цеолита для очистки загрязненной нефтепродуктами воды [9], в качестве активных минеральных добавок в бетоны [2].

Нами проведены экспериментальные исследования теплоты кристаллизации и содержания незамерзшей воды в цеолите месторождения Хонгуруу. Для измерений использованы метод определения теплоты кристаллизации связанной воды и метод непрерывного нагрева для определения количества незамерзшей воды в дисперсных материалах, разработанные в ИФТПС СО РАН [7, 8]. Содержания незамерзшей воды измерены в образцах цеолита при значениях начальной влажности от 13,0 до 23,0 %.

Измерения показали, что разность энтальпий связанной воды и льда в исследуемом интервале влажности равна теплоте кристаллизации объемной воды. Это согласуется с результатами измерения теплоты адсорбции [3], которые показывают, что при больших степенях влажности теплота адсорбции стремится к теплоте конденсации пара в объемную воду.

Результаты измерения содержания незамерзшей воды в цеолите приведены на рис. 1. Для исследованных образцов содержание незамерзшей воды в интервале температуры от $-15,0$ до $0,0^\circ\text{C}$ не зависит от влажности. В данном интервале разброс содержания незамерзшей воды в образцах с разными начальными влажностями лежит в пределах погрешности эксперимента.

В интервале от $-25,0$ до -15°C обнаружены скачки содержания незамерзшей воды (рис. 1). Как отмечено в работе [4], такой характер температурной зависимости незамерзшей воды в экспериментах исследователями ранее не

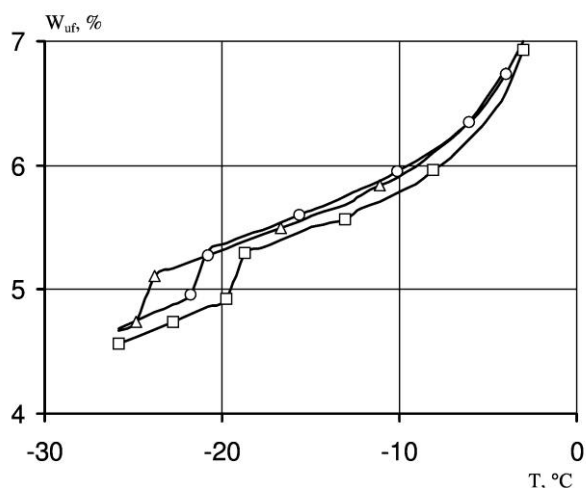


Рис. 1. Температурная зависимость содержания незамерзшей воды в цеолите при разных значениях начальной влажности. \circ — 13,2 %; \square — 18 %; \triangle — 22,3 %

наблюдался. Обсудим возможные причины возникновения такого ступенчатого хода температурной кривой незамерзшей воды.

Адсорбция воды цеолитами изучена достаточно подробно. Изотерма адсорбции воды цеолитами характеризуется резким подъемом в начале и длинным участком, параллельным оси абсцисс, при высоких заполнениях [1]. Во многих случаях изотермы адсорбции воды цеолитами при высоких заполнениях не имеют никаких особенностей в виде ступеней [1]. В то же время, приведенные в работе [11] изотермы адсорбции при высоких значениях адсорбции имеют некоторую ступенчатость. Такой характер изотерм адсорбции будет отражаться на температурной зависимости содержания незамерзшей воды также в виде ступенчатых участков.

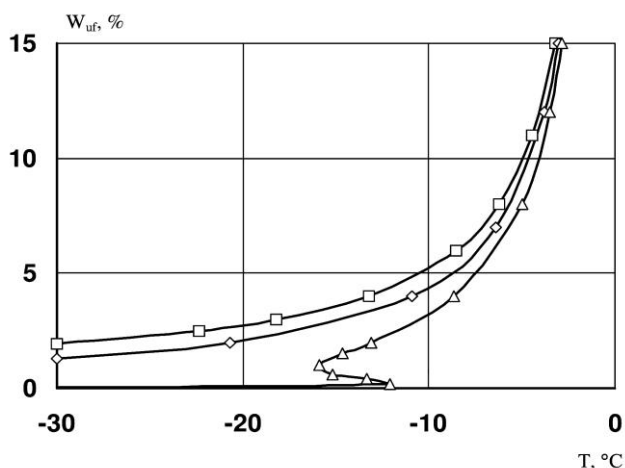


Рис. 2. Температурная зависимость содержания незамерзшей воды в регулярной модели горной породы при разных значениях энергии взаимодействия компонентов. \diamond – 0 (идеальная система); \triangle – 4800 Дж/моль; \square – -4800 Дж/моль

С этим связаны высокая теплота адсорбции, низкая теплоемкость. Затем идет фиксация молекул воды между катионами K^+ , что обуславливается расположением, концентрацией и «гидрофобным» характером этих больших катионов. Когда эти возможности исчерпываются, теплота адсорбции падает. Дальнейший рост теплоты адсорбции связан с образованием сетки водородных связей ассоциатов воды, фиксированной на поверхностях полостей цеолита. Завершение образования таких ассоциатов сопровождается вторым падением теплоты адсорбции. В дальнейшем перестройка сетки ассоциатов при заполнении центральных частей полостей цеолита ведет снова к небольшому росту теплоты адсорбции [3]. Такая сложная зависимость теплоты адсорбции будет вносить ощутимую погрешность при определении содержания незамерзшей воды калориметрическими методами. Поэтому нужно очень осторожно подходить к результатам таких измерений, особенно при низких значениях содержания незамерзшей воды.

Резкое увеличение теплоты фазового перехода воды по сравнению с используемым в расчетах значением будет проявляться кажущимся скачком на температурной зависимости содержания незамерзшей воды, подобным тому, что наблюдается на рис. 1.

Использование моделей регулярных систем для описания фазового равновесия поровой воды позволило выявить еще одну возможную причину появления такого явления [6]. В регулярных моделях при высоких значениях энергии взаимодействия частиц твердого скелета и воды температурная зависимость содержания незамерзшей воды от температуры в некотором интервале становится многозначной функцией (рис. 2), что связано с появлением в определенных условиях неустойчивого состояния воды в системе. Ступенчатый характер температурной зависимости содержания незамерзшей воды в цеолитах может быть следствием появления именно такого неустойчивого состояния.

Подытоживая, можно сказать, что однозначную трактовку полученных результатов сделать невозможно. Сложный характер условий фазового равновесия воды в цеолитах при отрицательных температурах обуславливает необходимость проведения комплексных исследований, комбинируя различные методы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Грант № 06-05-96099).

Литература

1. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. – М.: Мир, 1975. – 782 с.
2. Вежичанина Е.Ю. Активизирующая роль природного цеолита на процессы гидратации и твердения портландцемента // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XI международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 80-летию академика, Президента международного горного конгресса, Лауреата государственной премии СССР М.И. Щадова – Томск, 2007. – С. 683 – 685.
3. Киселев А.В. Межмолекулярные взаимодействия в адсорбции и хроматографии. – М.: Высшая школа, 1986. – 360 с.
4. Комаров И.А. Термодинамика и тепломассообмен в дисперсных горных породах. – М.: Научный мир, 2003. – 608 с.
5. Миначев Х.М., Харламов В.В. Окислительно-восстановительный катализ на цеолитах. – М.: Наука, 1990. – 149 с.

6. Старостин Е.Г. Термодинамические модели фазового равновесия порового раствора. Криогенные ресурсы полярных и горных регионов // Состояние и перспективы инженерного мерзлотоведения: Материалы международной конференции – Тюмень, 2008. – С. 417 – 420.
7. Старостин Е.Г., Тимофеев А.М. Экспериментальное определение теплоты кристаллизации связанной воды в дисперсных материалах // Известия ВУЗов. Приборостроение. – М.,– 2003. – т. 46, – № 5. – С. 62 – 67.
8. Степанов А. В., Тимофеев А. М. Теплофизические свойства дисперсных материалов. – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1994. – 124 с.
9. Glazkova E.A., Strelnikova E.B., Ivanov V.G. Application of Natural Zeolites of the Khonguruu Deposit (Yakutia) for Purification of Oil-Containing Waste Water // Chemistry for Sustainable Development. – 2003. – № 11. – P. 841 – 846.
10. Hemingway B.S., A. Robie R.A. Thermodynamic properties of zeolites: low-temperature heat capacities and thermodynamic functions for phillipsite and clinoptilolite. Estimates of the thermochemical properties of zeolitic water at low temperature // American Mineralogist. – 1984. – Volume 69. – P. 692 – 700.
11. Hunger B., Heuchel M., Matysik S., Beck K., Einicke W.D. Adsorption of water on ZSM-5 zeolites // Thermochimica Acta. – 1995. – № 269/270. – P. 599 – 611.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О МИКРОКОМПОНЕНТНОМ СОСТАВЕ БЕРЕЗОВОЯРСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД (КУЗБАСС)

О.Г. Токаренко

Научный руководитель профессор С.Л. Шварцев
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Березовоярское месторождение минеральных вод расположено в Кемеровской области, в 3 км восточнее с. Банново, а в 15 км северо-восточнее районного центра Крапивинского в левобережной части долины р. Томи. Это месторождение находится в юго-восточной части Березовоярского участка давсонитоносных пород, который довольно хорошо изучен [1, 2, 4]. Оно характеризуется сложными гидрогеологическими условиями, обусловленными наличием двух гидродинамических зон и вертикальной гидрохимической зональностью. В верхней части геологического разреза (до глубины 120 м) с высокими фильтрационными свойствами развиты пресные подземные воды, пригодные для хозяйственно-питьевого водоснабжения; ниже 120 м залегает зона замедленного водообмена, к которой приурочены минеральные воды. В виду отсутствия надежного водоупора между горизонтом минеральных вод и вышележающим горизонтом пресных вод наблюдается гидравлическая связь между ними.

Минеральная вода является гидрокарбонатно-хлоридной натриевой с щелочной реакцией водной среды и относится к маломинерализованным лечебно-столовым водам. Из специфических компонентов обращает на себя внимание кремний, содержание которого в пересчете на метакремниевую кислоту H_2SiO_3 составляет около 10 мг/л. Для минеральных вод, как и для подземных вод Березовоярского давсонитоносного участка, характерны невысокие концентрации Fe общего до 0,6 мг/л, в редких случаях достигают 1,3 мг/л.

В 2008 г. из эксплуатационной скважины Березовоярского месторождения автором были отобраны пробы воды в целях изучения особенностей микрокомпонентного состава. Анализ содержаний микрокомпонентов был проведен в химико-аналитическом центре «Плазма» (г. Томск) и научно-аналитическом центре при Томском политехническом университете методами масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) и атомной эмиссии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-AES). Результаты исследования приведены в табл.

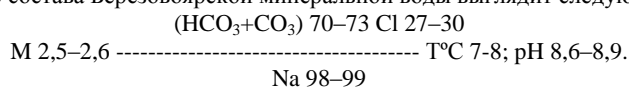
Сравнение данных, полученных методами атомной эмиссии и массспектрометрии, показало, что оба метода уверенно определяют содержания Li, B, Si, Ti, V, Mn, Fe, Zn, Sr, Ba.

Из полученных результатов видно, что в Березовоярской минеральной воде имеют распространение множество компонентов, таких как Ge, Ru, Rh, Pd, Te, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Tl, Bi, а также редкоземельные элементы (РЗЭ) – Y, La-Lu, которые ранее не были идентифицированы для изучаемых минеральных вод. В Березовоярских водах наблюдаются довольно высокие концентрации B, Vg и Li. В отличие от вод зоны гипергенеза, минеральная вода имеет повышенные концентрации Li, B, P, Se, Br, Rb, Zr, I, Ba, превышающие первые в 2 и более раз, что характерно для вод более глубокого залегания, и практически равные концентрации Sr и Cs. Содержание многих компонентов так же заведомо выше их средних содержаний (кларков) в морских водах.

Концентрации РЗЭ низкие и, как правило, не превышают 0,005 мкг/л. Для сравнения, в Терсинских углекислых водах (Кузбасс) содержание РЗЭ в среднем составляет 0,1 мкг/л, а по Eu наблюдаются аномально высокие значения, иногда достигающие 1,1 мкг/л. Различие концентраций этих элементов в минеральных водах данного региона, вероятно, связано с реакцией водной среды pH, в которой они мигрируют. Кислая и слабокислая среда, а также наличие высоких содержаний агрессивной углекислоты способствует накопления в растворе РЗЭ, тогда как резко щелочная обстановка и незначительные концентрации углекислого газа, как в Березовоярских водах, наоборот, препятствует накоплению РЗЭ в минеральной воде.

При сравнении наблюдаемых (фактических) концентраций (C_i) со значениями кларков гидросферы морской и речной воды наблюдается слабо закономерный характер увеличения значений отношения $C_i/\text{Кларк}$ морской воды с увеличением $C_i/\text{Кларк}$ речной воды (рис.).

Формула ионно-солевого состава Березовоярской минеральной воды выглядит следующим образом:



Из рис. также видно, что содержание в воде Ho, Tm, Lu, Yb, Tb сопоставимо с их кларковыми значениями в речных водах (фигуративные точки этих элементов расположены вдоль линии 2), при этом значение концентраций по остальным РЗЭ заведомо ниже их значений в речных водах. Наименьшее превышение концентраций РЗЭ над кларками морских вод отмечено относительно Er, Dy и Pr; по La, Ce и Y наблюдается превышение концентраций над кларками морской воды более чем в 10 раз. В случае Eu, Nd, Sm и Gd, эти фактические концентрации меньше значений

чувствительности метода определения ($< 0,001-0,002$ мкг/л), фигуративные точки содержат стрелки, обозначающие предполагаемое направление смещения значений отношений их фактических концентраций к кларкам гидросферы.

Таблица

Результаты исследования микрокомпонентного состава минеральных вод
Березовоярского месторождения, мкг/л

Комп онент	Метод		Содержание в водах зоны гипергене за*	Кларк морск ой воды [3]	Ко мп оне нт	Метод		Содержание в водах зоны гиперген еза*	Кларк морской воды [3]
	ICP- MS	IC P- АЕ m				ICP - MS	ICP- АЕ m		
Li , мг/л	0,190	0,580	0,013	180	Sb	0,011	–	0,680	0,003
Be	<0,01	<0,1	0,190	0,005	Te	<0,01	–	–	–
B , мг/л	2,830	3,050	0,078	4,4	I	370,0	–	8,020	50
Al , мг/л	2,000	0,130	0,226	0,001	Cs	0,280	–	0,260	0,3
Si , мг/л	4,450	4,65	8,360	2,1	Ba , мг/л	0,220	0,300	0,018	0,018
P	84,00	–	58,00	60	La	0,003	–	0,670	0,003
Sc	<2,00	–	0,070	0,0008	Ce	0,002	–	–	0,0012
Ti	2,000	3,000	17,40	1	Pr	0,0009	–	–	0,00064
V	2,000	1,000	1,340	2	Nd	<0,002	–	–	0,0025
Cr	16,00	1,000	3,030	0,25	Sm	<0,001	–	–	0,00045
Mn , мг/л	0,007	0,002	0,054	0,0001	Eu	<0,001	–	–	0,00012
Fe , мг/л	0,580	0,150	0,480	0,005	Gd	<0,002	–	–	0,0007
Co	0,160	–	0,390	0,03	Tb	0,001	–	–	0,00014
Ni	4,400	<1,0	3,580	0,5	Dy	0,002	–	–	0,00082
Cu	–	3,000	5,580	0,25	Ho	0,001	–	–	0,00022
Zn	14,00	8,000	41,40	1	Er	0,002	–	–	0,00074
Ga	0,140	–	0,370	0,02	Tm	0,001	–	–	0,00015
Ge	1,800	–	–	0,05	Yb	0,004	–	–	0,00082
As	1,100	–	1,460	2	Lu	0,001	–	–	0,00015
Se	3,500	–	0,720	0,1	Hf	0,008	–	–	–
Br , мг/л	3,050	–	0,085	67	Ta	0,050	–	–	–
Rb	3,400	–	1,860	120	W	1,200	–	–	0,1
Sr , мг/л	0,150	0,180	0,180	7,9	Re	<0,05	–	–	0,01
Y	0,250	–	–	0,013	Os	<0,05	–	–	0,001
Zr	4,500	–	1,200	0,026	Ir	<0,05	–	–	–
Nb	0,017	–	0,450	0,005	Pt	<0,05	–	–	–
Mo	0,430	<1,00	1,750	10	Au	<0,05	–	0,005	0,004
Ru	<0,05	–	–	0,0001	Hg	<0,004	–	0,041	0,03
Rh	<0,05	–	–	–	Tl	0,009	–	–	0,01
Pd	<0,10	–	–	–	Pb	0,580	–	2,970	0,03
Ag	0,002	–	0,260	0,1	Bi	0,002	–	–	0,03
Cd	<0,003	<0,10	0,240	0,07	Th	0,004	–	0,240	0,0001
Sn	0,500	–	0,390	0,01	U	0,069	–	1,310	3

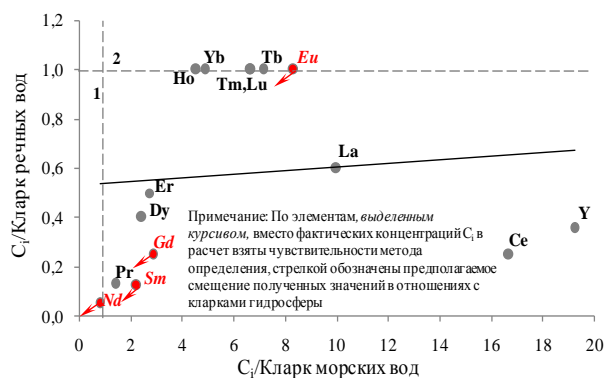


Рис. Распределение отношений концентраций РЗЭ Березовоярских минеральных вод с кларками гидросферы [3]: 1 и 2 – линии равных фактических концентраций микрокомпонентов в минеральных водах и кларков этих компонентов в морских водах и речных водах соответственно

Таким образом, новые данные показали, что щелочная обстановка Березовоярских минеральных вод препятствует накоплению многих микрокомпонентов. Концентрации их при этом, тем не менее, выше, чем их кларки в зоне гипергенеза и в морских водах, но ниже, чем кларки речных вод.

Литература

1. Аникин А.И., Людвиг В.М., Шварцев С.Л. Геохимия подземных вод давсонитоносных пород Березовоярского участка (Кузбасс) // Обской вестник. – Томск, – 2001. – №1. – С.65-69.
2. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода: в 5 томах. Т. 2: Система вода-порода в условиях зоны гипергенеза. / Отв.ред. С.Л. Шварцев. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2004. – 389 с.
3. Справочник по геохимическим методам поисков полезных ископаемых / А.П.Соловов, А.Я.Архипов, В.А.Бугров и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
4. Шварцев С.Л. Гидрогеохимические условия формирования давсонитового оруденения на примере Березовоярского участка (Кузбасс) // Геохимия. – Томск: 2004. – №10. – С.1068-1080.

РАЗРАБОТКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ ПЛАВАЮЩЕЙ ЛИНЗЫ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «РН - ТУАПСЕНЕФТЕПРОДУКТ»

А.С. Чепрасова¹

Научный руководитель доцент К.И. Кузеванов²

¹ООО «РОСНЕФТЬ – ТУАПСЕНЕФТЕПРОДУКТ», г. Туапсе, Россия

²Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одной из наиболее серьезных экологических проблем, угрожающих сохранению качества подземных вод, является загрязнение геологической среды нефтепродуктами. Это связано как с широким развитием такого загрязнения, так и большими трудностями его локализации и ликвидации. Ни одно другое загрязняющее вещество, как бы опасно оно ни было, не может сравниться с нефтепродуктами по широте распространения, количеству источников загрязнения и величине одновременных нагрузок на все компоненты природной среды.

Загрязнение подземных вод нефтепродуктами особенно актуально для крупных предприятий нефтекомплекса с многолетним периодом эксплуатации, к числу которых относится и ООО «РН – Туапсенефтепродукт». На территории предприятия за годы его эксплуатации сформировалась линза нефтепродуктов, залегающая над уровнем грунтовых вод в пределах правобережной части территории и в районе узла задвижек. Распространение линзы нефтепродуктов, сформировавшейся в результате утечек, зафиксировано и на участках других предприятий, расположенных в прибрежной зоне Черного моря и на части городской территории.

Для борьбы с загрязнением подземных вод на территории ООО «РН – Туапсенефтепродукт» эксплуатируется защитная дренажная система (ЗДС), разработанная при непосредственном участии и методическом руководстве сотрудников НПФ «ГИДЭК». Эксплуатация защитной дренажной системы предполагает использование системы наблюдательных скважин для оперативного сопровождения процесса откачки нефтепродуктов в непрерывном режиме. Для накопления и систематизации информации о данных мониторинга и режимах работы ЗДС используется, созданная на предприятии, электронная база данных. Динамично изменяющаяся под влиянием естественных и искусственных факторов гидрогеологическая обстановка требует внедрения на предприятии системы оперативной обработки непрерывного информационного потока. Назначение такого рода обработки многофункционально и преследует различные цели: повысить эффективность мониторинга; проанализировать размеры области загрязнения и объемы оставшихся в линзе нефтепродуктов; оценить эффективность работы ЗДС; обосновать принимаемые оперативные решения по управлению режимом работы дренажных скважин; выполнять прогнозные построения; выявлять территории для проектных мероприятий (дополнительных откачек нефтепродуктов; промывки грунтов; рекультивации; создания завес; дрен и т.д.). Заключительным этапом обработки может быть ситуационное моделирование для комплексного обоснования перечисленных мероприятий, позволяющих снижать негативное воздействие на окружающую природную среду. Предварительная многоцелевая обработка материалов электронной базы данных, в настоящее время, может быть наиболее эффективно выполнена на основе использования элементов геоинформационных систем [1]. С этой целью нами разработана пространственная модель загрязнителя геологической среды - модель плавающей линзы нефтепродуктов.

В основу пространственного моделирования плавающей линзы автором положено совместное пошаговое использование трех программных комплексов, которыми оборудовано рабочее место инженера-гидрогеолога. Это система автоматизированного проектирования AutoCAD, программный комплекс SURFER для пространственной обработки координатно привязанной информации и табличный процессор Excel из состава стандартного пакета программ Microsoft Office для выполнения оперативных вычислений.

Использование автоматизированной обработки материалов режимных наблюдений позволяет оперативно представлять пространственную конфигурацию области загрязнения в любом произвольно выбранном масштабе, включая как полный её размер, так и отдельные участки. Сведения, имеющиеся в электронной базе данных, позволяют определять не только координаты пространственного положения контрольных точек и отдельных производственных участков, но и их идентификаторы, наименование местных предметов, включая производственные объекты и технологическое оборудование. На любой момент времени доступна интегрированная информация о количестве нефтепродуктов на выбранном участке района исследований. Электронная база данных открыта для пополнения и настроена на визуализацию картографической информации, которая выдается на экран и может быть распечатана на принтере в виде твёрдой копии. Для отладки информационной системы и проверки работоспособности пространственной модели использованы данные режимных наблюдений за период с августа 2007 по август 2008 гг.

Работа с пространственной моделью линзы нефтепродуктов выполняется в три этапа.

На первом этапе работы выполняется подготовка исходных данных к визуализации. Формируется набор контрольных точек для создания объемного изображения области загрязнения. Исходные данные из электронной базы извлекаются с применением стандартных средств электронных таблиц Excel. Главным инструментом служит механизм фильтрации данных, позволяющий формировать запросы для отдельных участков исследуемой территории и необходимых моментов времени. Подготовленная выборка в виде отдельного файла, содержащего координаты контрольных точек и значения картируемого показателя, передается для формирования и редактирования изображения в программный комплекс SURFER. Пространственная модель области загрязнения создается на основе интерполяции частных (нерегулярных в пространстве) значений мощности линзы нефтепродуктов по равномерной сетке. Результаты пространственной интерполяции сохраняются на диске и служат основой для их визуализации в виде карт изолиний или объемных диаграмм.

На втором этапе обработки данных режимных наблюдений построенная пространственная модель области загрязнения экспортируется в программный комплекс AutoCAD для зонирования модели плавающей линзы по величине мощности и для подготовки завершающего этапа обработки по расчету площадей загрязнения и объемов нефтепродуктов.

На третьем этапе обработки структурированные элементы пространственной модели пошагово переносятся в сеточную структуру электронных таблиц Microsoft Office Excel, где осуществляется полный расчет площадей (площади) загрязнения, частных объемов отдельных зон и полный объем линзы нефтепродуктов. Выполняется прогноз времени работы дренажной системы до момента полной ликвидации нефтяного загрязнения.

Опыт использования автоматизированной технологии обработки и визуализации данных системы мониторинга показывает принципиальную возможность использования средств вычислительной техники для оперативного прогноза работы защитной дренажной системы. Контрольные построения выполнены по материалам наблюдения за динамикой линзы нефтепродуктов в течение одного гидрологического года. Результаты обработки показали, что мощность и площадь линзы в августе 2008 г. уменьшилась по сравнению с августом 2007 г.

Если в 2007 г. площадь линзы составляла 30 га (306209 м²), при объеме 23 356 м³, то в августе 2008 г. произошло сокращение площади линзы до 23,6 га (23 6697 м²) с уменьшением ее объема до 18 066 м³.

Оценка прогнозного времени работы защитной дренажной системы показала, что при сохранении гидродинамического режима граничных условий области фильтрации, отсутствии дополнительного поступления нефтяного загрязнения и сохранении без изменений режима откачки нефтепродуктов с поверхности грунтовых вод на ликвидацию линзы подпочвенных скоплений потребуется 6 лет.

Такой вариант прогноза следует рассматривать как наиболее оптимистичный, поскольку он учитывает дополнительную откачку нефтепродуктов силами предприятия «Туапсинский морской торговый порт» на территории «Туапсегражданстрой». Нельзя исключать из рассмотрения и другой вариант прогноза, при котором работы по дополнительной откачке нефтепродуктов будут выполняться с перебоями или прекратятся. В этом случае возрастает роль текущих оперативных прогнозов, которые могут корректироваться при очередном режимном замере уровней подземных вод и нефтепродуктов.

Наиболее пессимистичный вариант прогноза предполагает, что ликвидация нефтяного загрязнения будет выполняться исключительно силами и на территории предприятия «Туапсенефтепродукт». Прогнозные расчеты показывают, что в этом случае для полной ликвидации линзы нефтепродуктов потребуется не менее 30 лет.

Пространственная модель линзы нефтяного загрязнения, работающая в постоянном режиме, наглядно показывает динамичность площади распространения нефтепродуктов и их мощности во времени. Указанные параметры зависят от антропогенных и природных факторов, и могут контролироваться проводимыми и планируемыми мероприятиями экологической направленности.

Развитие функциональных возможностей автоматизированной обработки результатов режимных наблюдений может быть связано с реализацией модуля численного моделирования движения двухфазной жидкости в грунтовом потоке. Основой такого модуля может служить вычислительный шаблон в среде электронных таблиц EXCEL, реализованный по наиболее простой явной конечно-разностной схеме для двумерного фильтрационного потока. В настоящее время модуль функционирует и тестируется для решения гидродинамических прогнозных задач в грунтовом потоке для однофазной жидкости.

Разработанная пространственная модель линзы нефтепродуктов может быть использована и на других предприятиях нефтекомплекса, где существует подобная проблема загрязнения. Модель является вспомогательным звеном в системе природоохранных мероприятий и тесно связана с повышением их мобильности, а также технологической и экономической эффективности.

Оценка экономической эффективности природоохранных мероприятий, выполняемых с использованием пространственной модели линзы нефтепродуктов и нацеленных на локализацию и ликвидацию последствий загрязнения геологической среды нефтепродуктами, может быть выполнена по методике, несколько отличающейся от тех, которые применяются для оценок прочих инвестиционных проектов [2]. В качестве одной из основных составляющих экономического эффекта рассматривается величина предотвращенного ущерба от загрязнения, которая может быть определена по формуле:

$$Y_{\text{пр}} = [(Y_{\text{пр}}^a + Y_{\text{пр}}^b + Y_{\text{пр}}^n + Y_{\text{пр}}^6) - (Y_{\text{сп}}^a + Y_{\text{сп}}^b + Y_{\text{сп}}^n + Y_{\text{сп}}^6)] \cdot K^{\text{эс}},$$

где $Y_{\text{пр}}$ – суммарная экономическая оценка величины предотвращенного ущерба от проведения всех видов природоохранных мероприятий;

$Y_{\text{пр}}^a, Y_{\text{пр}}^b, Y_{\text{пр}}^n, Y_{\text{пр}}^6$ – оценка в денежной форме величины предотвращенных в результате природоохранной деятельности ущербов, определенных с учетом суммарных объемов снижения негативных нагрузок на атмосферный воздух, водные ресурсы, почвы и биоресурсы;

$Y_{\text{сп}}^a, Y_{\text{сп}}^b, Y_{\text{сп}}^n, Y_{\text{сп}}^6$ – несостоявшийся ущерб за счет снижения объемов выбросов в атмосферный воздух, сбросов в водные объекты, снижения уровня загрязнения почв и сокращения биоресурсов;

$K^{эс}$ – корректирующий коэффициент, учитывающий экологическое состояние территории (природно-территориального комплекса), потери экономического качества окружающей среды в результате хозяйственной деятельности в регионе.

Расчет предотвращенного ущерба выполнен для периода реализации природоохранных мероприятий продолжительностью один год. В основу расчета положена прогнозная оценка уменьшения объемов линзы нефтепродуктов на 5 000 м³ и сокращения ее площади на 6 га. В результате общая величина предотвращенного ущерба составила 11 303 789 руб. Аналогичная оценка, выполненная для условий полной ликвидации линзы нефтепродуктов площадью около 24 га, показывает, что суммарная величина предотвращенного ущерба составит не менее 45 215 159 руб. и это минимизирует негативное влияние последствий нефтяного загрязнения.

Проект реализации природоохранных мероприятий может иметь дополнительную экономию за счет использования полученных при эксплуатации ЗДС нефтепродуктов в мазутной технологии предприятия. По предварительным оценкам, за счет этого можно удовлетворить 50 % потребности предприятия в топочном мазуте. С учетом этой утилизации величина экономического эффекта может составить 88 660 595 руб. (при полном извлечении линзы нефтепродуктов). Возможный косвенный положительный эффект от внедрения оптимизации работы ЗДС с использованием пространственной модели линзы нефтепродуктов может быть достигнут за счет снижения налогов и предоставления иных льгот предприятию при отнесении данного проекта к разряду мероприятий по восстановлению водных объектов.

В настоящее время пространственная модель линзы нефтепродуктов разработана (за исключением модуля численного моделирования фильтрации двухфазной жидкости, находящегося в стадии отладки) и используется в дежурном режиме при эксплуатации защитной дренажной системы.

Литература

1. Журкин И.Г., Шайтура С.В. Геоинформационные системы. – М., «КУДИЦ-ПРЕСС». – 2009 – с.272
2. Вершкова Л.В., Грошева В.Л., Гаврилова В.В. И др. Временная методика определения предотвращения экологического ущерба. – М.: Гос.комитет РФ по охране окружающей среды. – 1999. – с.164.

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ХАРАМПУРСКОГО МЕГАВАЛА

А.А. Чугурова

Научный руководитель доцент Д.А. Новиков
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Подземные воды несут информацию о развитии осадочно-породного бассейна за его геологическую историю. Актуальность гидрогеохимических исследований связана с изучением подземных вод как наиболее динамичного компонента системы, состоящей из пород, подземных вод, рассеянного органического вещества и газов. Движущим механизмом глубоких изменений осадочных отложений при их погружении под влиянием факторов диа- и катагенеза и при активном участии водных растворов является неравновесность, а значит и непрерывная эволюция в системе вода–порода–газ–органическое вещество [5]. Эволюция этой системы определяет разнообразие формирующихся вторичных минеральных фаз и геохимических сред, а значит и форм переноса многих химических элементов и соединений, используемых в поисковых целях на нефть и газ [2]. К тому же, направленность и глубина вторичных изменений осадочных пород в значительной степени определяют коллекторские свойства пород и перспективы нефтегазоносности глубокозалегающих толщ.

Фактическим материалом для исследований послужили результаты анализа химического состава подземных вод юрских и меловых отложений, минералого-петрографическое описание шлифов, результаты рентгеноструктурного анализа цемента осадочных пород.

Харампурский мегавал расположен в южной части Ямало-Ненецкого автономного округа. В пределах изучаемой структуры выявлено 24 залежи углеводородов на одноименном месторождении. Этаж промышленной нефтегазоносности составляет более 2 км и охватывает отложения от газсалинской пачки (турон – нижний коньяк) до тюменской свиты (байос – бат).

Для понимания процесса формирования состава подземных вод необходимо определить источники поступления элементов и рассмотреть процессы преобразования всех компонентов минерального состава пород, органического вещества, воды и газов [1]. Первым источником элементов в составе подземных вод являются сами захоронённые воды. К остальным источникам поступления элементов, очевидно, следует отнести горные породы и рассеянное органическое вещество.

Подземные воды всех гидрогеологических комплексов относятся к хлоридному натриевому или натриево-кальциевому типам. Анализ изменения основных генетических коэффициентов с глубиной показал по Cl/Br коэффициенту доминирование седиментационных вод в разрезе, при этом по rNa/rCl коэффициенту картина более сложная, которая говорит о разнообразии химического состава и процессах смешения различных генетических типов вод (табл.).

Чередование континентальной и морской обстановок в эпохи осадконакопления свидетельствуют о том, что изначально захоронялись либо пресные и солоноватые инфильтрационные воды с минерализацией до 5–15 г/дм³, либо солёные воды с минерализацией до 30–35 г/дм³ (по материалам палеогеографических карт И.И. Нестерова, 1974).

Приведённые гидрогеохимические данные показывают, что подземные воды отличаются от морских более высокими содержаниями HCO₃⁻, Br⁻, I⁻ и SiO₂, а от древних инфильтрационных – значительно более высокими содержаниями Cl⁻, Na⁺, Ca²⁺, Br⁻, I⁻, Mg²⁺ (табл.).

По схеме гидрогеологической стратификации Западно-Сибирского артезианского бассейна (Кругликов и др., 1985) в отложениях мезозойского этажа выделяются два мощных региональных водоупорных комплекса: турон-палеогеновый и верхнеюрско-нижневаланжинский, которые, безусловно, указывают на положение в разрезе глинистых толщ, являющихся источниками поступления маломинерализованных вод в условиях элизионного геогидродинамического режима. Отжатые из глин возрождённые воды обладают высокой растворяющей способностью по отношению к вмещающим породам. Накопление в водах катионов щелочных и щелочно-земельных элементов, хлоридов, кремниевой кислоты связано с процессом растворения горных пород, с которыми взаимодействуют воды.

В целом особенности распределения химических компонентов и гидрогеохимических показателей в разрезе изучаемых отложений характеризуются увеличением значений минерализации и температуры с глубиной, а также наблюдается резкое скачкообразное обогащение вод Ca, Mg, F, SiO₂, Cl (на глубине 1800 м) и Mg, F, SiO₂, Cl, K, Sr, Na (на глубине 2900 м), что может указывать на близость водоупоров (рис. 1).

Рассеянное органическое вещество в результате биохимических процессов и метаморфизации способствует обогащению подземных вод такими компонентами, как сероводород, аммоний, азот, фосфор, бор, углекислый газ, органические кислоты, углеводороды, бром, йод и др. Богатые залежи углеводородов в апт-альб-сеноманских и верхнеюрских отложениях, а также наличие верхнеюрских нефтегазоматеринских пород стали главным фактором скачкообразного увеличения в подземных водах содержания гидрокарбонат-иона, нафтеновых кислот на глубинах 1800 и 2900 м (рис. 1).

Таблица

Средние значения гидрогеохимических параметров и составов природных вод

	Мировой океан***	Воды зоны гипергенеза**	Апт-альб-сеноманский г/г комплекс*	Неоком-ский г/г комплекс	Верхнеюрский г/г комплекс	Нижне-среднеюрский г/г комплекс
T, °C	-	-	46,5	70,0	91,4	95,3
pH	8,1	6,9	7,6 [5,7-9,1]	7,3 [5,9-8,0]	7,0 [5,6-8,6]	7,8 [6,7-11,4]
Минерализация, г/дм ³	35,5	0,4	11,7 [0,8-20,5]	18,1 [6,8-27,8]	25,5 [6,5-36,4]	25,7 [6,2-42,9]
Na ⁺ , мг/дм ³	11080,0	45,0	4116,0	5742,0	8883,0	9093,0
Ca ²⁺ , мг/дм ³	400,0	44,0	252,0	964,0	742,0	572,6
Mg ²⁺ , мг/дм ³	1350,0	18,6	56,0	59,0	100,0	77,0
K ⁺ , мг/дм ³	-	4,6	50,5	71,0	214,0	311,0
Cl ⁻ , мг/дм ³	19300,0	47,0	6464,0	10825,0	14726	14712,0
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	160,0	174,0	746,0	325,0	864,0	875,0
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	2700,0	75,1	14,3	24,5	20,0	303,0
SiO ₂ , мг/дм ³	6,0	17,4	24,0	7,9	25,2	28,6
rNa/rCl	-	-	1,0 [0,7-1,2]	0,9 [0,7-1,1]	0,9 [0,9-1,5]	1,0 [0,9-1,1]
Cl/Bg	-	-	249 [190-425]	225 [140-286]	257 [121-406]	287 [244-348]
A (индекс неравновесности относительно кальцита)/A (доломита)	-	-	2,3/5,4	2,4/4,5	2,5/5,2	3,0/5,9

в квадратных скобках указаны граничные значения;

*- гидрогеологический комплекс (г/г); ** - по данным С.Л. Шварцева; *** - среднее содержание химических элементов в седиментационных водах Западно-Сибирского артезианского бассейна (по данным А.Э. Конторовича, В.М. Матусевича)

С первых моментов захоронения осадка в нём протекают сложные процессы преобразования всех компонентов минерального состава пород, органического вещества, воды и газов, ведущие к приспособлению жидкой, газовой и твёрдой фаз к новым условиям [5, 6]. При этом происходят качественные и количественные изменения в составе подземных вод, минеральных новообразований и постседиментационных изменениях первичных алюмосиликатов осадочных пород.

Небольшие содержания сульфат-иона (табл.) свидетельствуют о прохождении подземными водами этапа десульфатизации (восстановления серы) преимущественно на стадии диагенеза: $SO_4^{2-} + 2C_{орг.} + 2H_2O \rightarrow H_2S + 2HCO_3^-$. Наряду с этим наличие в шлифах стяжений пирита свидетельствует о связывании серы и железа в восстановительной гидрогеохимической обстановке, существовавшей на стадии диагенеза в отложениях прибрежно-морского генезиса. По данным описания шлифов, в песчаниках верхнеюрского комплекса наблюдается наличие пирита, доломитизированного кальцита, в некоторых случаях – глауконита. Последний из минералов, присутствующий также повсеместно в отложениях апт-альб-сеноманского комплекса, является показателем морских условий осадконакопления, но его формирование проходило в окислительной или нейтральной по Eh гидрогеохимической среде в верхней плёнке осадка [3]. Доломитизация кальцита свидетельствует об обогащённости подземных вод Mg²⁺, очевидно накопленным в морских осадках. Во всех отложениях юры и неокома отмечается сидеритизация слюд мусковита и биотита, при этом

источником железа являются сами слюды. Присутствие в шлифах «пятен» сидерита указывает на его диагенетическое образование в пресноводных и переходных к морю фациям, в восстановительной гидрогеохимической обстановке.

Проведённые детальные термодинамические расчёты, положение точек составов подземных вод на диаграммах минеральных равновесий для юрского гидрогеологического комплекса показали, что подземные воды равновесны с комплексом вторичных алюмосиликатов и лишь в некоторых случаях с эндогенными (Чугурова А.А., 2008).

Наибольшие % содержания цемента в отложениях юрского комплекса (до 30 %) характерны для тех пород, в которых цемент представлен кальцитом пойкилитового строения, либо каолинитом. Цемент хлорит-гидрослюдистого состава присутствует в виде плёнок и глинистой массы в порах.

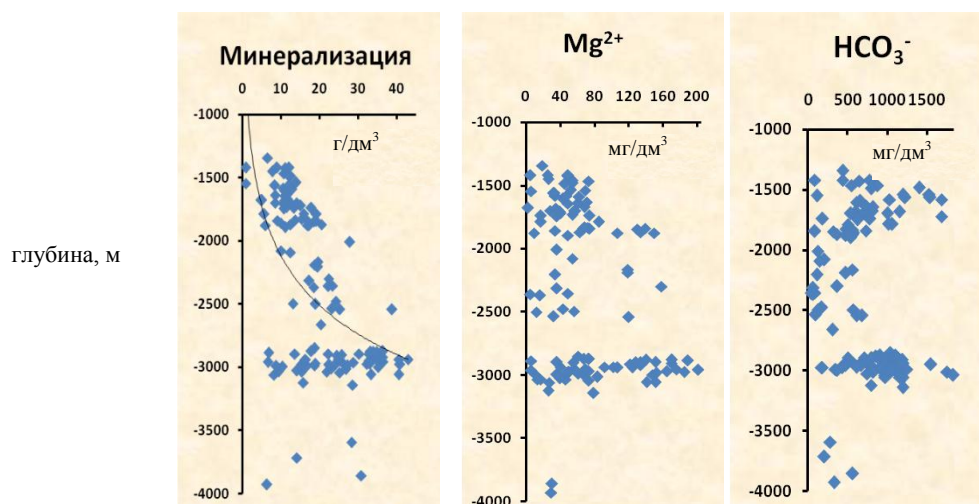


Рис. 1. Распределение химических компонентов в составе подземных вод с глубиной

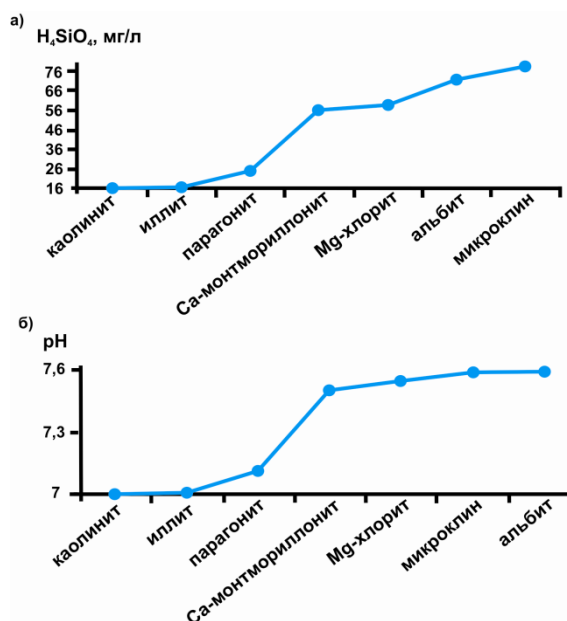


Рис. 2. Зависимость средних значений pH и содержаний $[H_4SiO_4]$ в подземных водах ниже-среднеюрского гидрогеологического комплекса, равновесных с алюмосиликатными минералами

Наши исследования позволили установить различия в составе подземных вод, равновесных с различными вторичными и в исключительных случаях с первичными алюмосиликатными минералами. Выявлено, что основными контролирующими факторами при эволюционном развитии системы вода-порода является pH реакция среды и концентрация в растворе кремнезёма (рис. 2). На пути установления равновесия подземных вод с первичными алюмосиликатными минералами всегда выступает карбонатный барьер, в связи с чем все воды насыщены относительно карбонатных минералов (табл.).

Кривые изменения значений pH и содержаний $[H_4SiO_4]$ в подземных водах, равновесных с последовательно расположенными минералами от глинистых к эндогенным алюмосиликатам, свидетельствуют о закономерном возрастании величин этих показателей и в общем виде подчиняются схеме эволюции системы вода-порода в зоне

гипергенеза [5]. По графикам видно, что формирование широко распространённого каолинового цемента протекает в кислой или около нейтральной среде (в среднем $pH = 6,7$). Формирование кальцитового цемента, как известно, характерно в щелочных средах (в среднем $pH = 7,4$).

Таким образом, различия в составах и гидрогеохимических показателях подземных вод, равновесных с определёнными алюмосиликатами и карбонатами, свидетельствуют о том, что минеральные новообразования формируются из раствора определённого химического состава, соответствующего определённой гидрогеохимической обстановке.

В заключение можно сделать выводы о том, что в разрезе отложений Харампурского мегавала наблюдается нормальная гидрогеохимическая зональность до глубин порядка 3200 м, ниже по разрезу характерно уменьшение значений гидрогеохимических показателей. Как было показано проведёнными исследованиями, отмеченные гидрогеохимические особенности связаны с палеогидрогеологическими условиями региона, с различными постседиментационными процессами в системе вода–порода–газ–органическое вещество, и с влиянием залежей УВ.

Литература

1. Новиков Д. А. Геохимия подземных вод нефтегазоносных отложений Надым-Тазовского междуречья: Автореферат диссертации канд. геол.-мин. наук. - Томск, 2002г. – 20 с.
2. Силкина Т.Н. Гидрогеохимия нефтегазоносных отложений Нюрольского осадочного бассейна (Томская область): Автореферат. Дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Томск, 2001. – 26 с.
3. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1962. – Т. 1. – 212 с.
4. Ушатинский И.Н., Зарипов О.Г. Минералогические геохимические показатели нефтегазоносности мезозойских отложений Западно-Сибирской плиты. - Свердловск: Средне-Уральское книжное издательство, 1978.
5. Шварцев С.Л. Общая гидрогеология. – М.: Недра, 1996. – 423 с.
6. Япаскурт О.В. Катагенез осадочных горных пород: Учебное пособие. - М.: Изд-во МГУ, 1991. – 120 с.

СОСТОЯНИЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТОМСКОГО РАЙОНА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.И. Шабанина

Научный руководитель профессор Е.М. Дутова
Томский политехнический университет, г Томск, Россия

Обеспечение населения питьевой водой во всем мире является актуальной проблемой. Во многих странах, в том числе в некоторых регионах России, подземные воды являются основным, а зачастую единственным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения. Состояние водоснабжения Томской области далеко от требований бесперебойного обеспечения качественной питьевой водой и экологической безопасности источников питьевого водоснабжения.

В водоснабжении населения Томской области основную роль играют подземные воды. Приведенные в работе сведения касаются лишь пресных подземных вод палеозойских образований, пригодных для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населения юго-восточной части Томского района Томской области.

Подробная характеристика химического состава и качества питьевых вод юго-восточной части Томского района приводилась мною в бакалаврской работе «Качество питьевых вод сельских поселений юго-восточной части Томского района Томской области».

Современное состояние питьевого водоснабжения характеризуется техническим состоянием систем водоснабжения населенных пунктов. Оценка технического состояния водозаборных сооружений, систем водоподготовки воды в населённых пунктах юго-восточной части Томского района Томской области проводится по данным Департамента экономики и модернизации ЖКХ Администрации Томской области и Управления по недропользованию по Томской области.

Цифровая характеристика по исследуемому району приводится в сравнении с Томским районом и Томской областью в целом.

Общее количество населения Томской области на 01.01.2007 г., составляло 1,069 млн человек. Сельское население Томского района, численность которого составляет 65,5 тыс. человек, проживает в 131 населенном пункте, объединенных в 19 сельских поселений.

Юго-восточная часть Томского района, включает 12 сельских поселений, объединяющих 81 населенный пункт с численностью – 39 тыс. человек. У 60 % населения Томского района и 17 % сельского населения Томской области основой водоснабжения служат подземные воды зоны трещиноватости палеозойских образований.

Потенциальные эксплуатационные ресурсы подземных вод, используемых в Томской области для хозяйственно-питьевого водоснабжения, составляют 38,8 млн $m^3/сут.$, в том числе по Томскому району 709,8 тыс. $m^3/сут.$

Суммарный общий отбор подземных вод, по состоянию за 2008 г. составил 351,65 тыс. $m^3/сут.$, в том числе большая часть добываемой подземной воды – 51 % расходуется на хозяйственно-питьевые нужды населения, 20 % составляют потери.

По Томскому району водоотбор составил 17,482 тыс. $m^3/сут.$, доля подземных вод палеозойских отложений составляет 87 %.

За отчетный год число предприятий, представивших годовую отчетность, составило 217 (в том числе 42 по Томскому району) из 403.

При оценке обеспеченности водой сельского населения возникают сложности, связанные с низкой достоверностью показателей водоотбора. В материалах государственного учета вод, в частности «2-тп (водхоз)», водопотребление населенных пунктов менее 50 $m^3/сут.$ полностью выпадает из отчетности. Введенная с 01.01.2008 г.

квартальная отчетность (форма 3.1. Приказа МПР от 29.11.2007 № 311) по каждому источнику водоснабжения охватывает 30 % водопользователей.

Сопоставление современной обеспеченности сельского населения с данными ОАО «Томскгеомониторинг» Государственного учёта подземных вод на территории Томской области за последние 5 лет, свидетельствует о выраженном снижении общих объемов водопотребления. При увеличении численности населения на 10 % общий водоотбор из подземных источников составляет 89 % от водоотбора в 2003 г.

Снижение общего водоотбора показывает, что острого дефицита воды в количественном отношении в сельской местности нет – население, в среднем, отбирает столько воды, сколько ему требуется и сколько позволяют технические возможности систем водоснабжения.

С целью оценки состояния водозаборных сооружений был проведён анализ имеющейся информации по системам водоснабжения юго-восточной части Томского района.

В зависимости от характера источника водоснабжения, категории населенного пункта, уровня благоустройства и объема водопотребления используются как централизованные системы, имеющие практически весь набор необходимых сооружений, так и примитивные автономные устройства – копаные колодцы и забивные скважины. Основными водозаборными сооружениями, обеспечивающими водоснабжение, являются скважины одиночные или редко объединённые в групповые водозаборы. Водоснабжение центров поселений осуществляется как групповыми водозаборами, так и отдельными скважинами. В последнем случае скважины, как правило, располагаются в пределах жилой застройки.

В небольших населённых пунктах эксплуатируются одна–три, иногда до пяти скважин. Водоснабжение осуществляется в большинстве случаев по стандартной схеме: локальный водозабор с насосными станциями I (обычно погружные насосы ЭЦВ) и II подъемов – напорно-регулирующая емкость (водонапорная башня) – разводящая водопроводная сеть (кольцевая или тупиковая), примыкающая к башне и оборудованная вводами в дома и водоразборными колонками. Редко используются децентрализованные системы (скважина – башня, сети отсутствуют) и системы с несколькими водозаборами, работающие на общую кольцевую сеть.

Косвенным показателем технического состояния скважин является срок их эксплуатации. Значительная часть скважин пробурена в 1970–1980 гг., т.е. они имеют срок эксплуатации предельный или близкий к предельному, поэтому значительное количество скважин требует ремонта или перебурки.

Для питьевого водообеспечения сельских населённых пунктов юго-восточной части Томского района имеется 137 (район – 205, область 1 133) водозаборных скважин. В таблице приводятся более детальные сведения о наличии водозаборных скважин и их местоположении по населённым пунктам. Глубина скважин изменяется от 50 до 172 м.

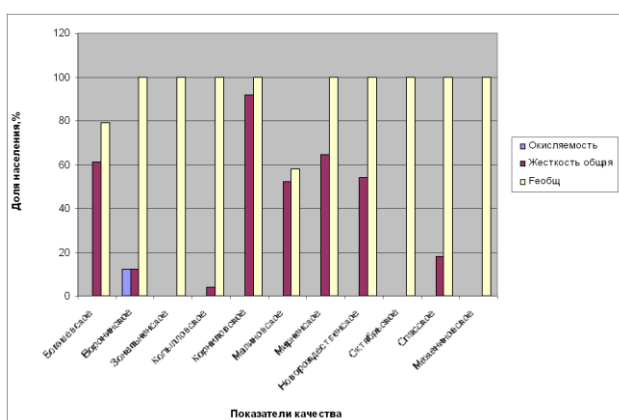


Рис. Диаграмма зависимости потребления воды населением к ее компонентам

лишь в п. Воронинском наблюдается повышенное содержание окисляемости перманганатной.

Водоподготовка, несмотря на низкое качество исходной воды, практически на всех водозаборах отсутствует. Как исключение, на водозаборах центров поселений из 12 (81 населённый пункт), только в 5 есть станции водоподготовки, но и они требуют реконструкции.

По Областной целевой программе «Питьевая вода Томской области» к 2012 г. по юго-восточной части Томского района планируется завершить реконструкцию 3 и строительство 6 станций водоподготовки, что охватывает 15 % населения сельских населённых пунктов.

Планируемые станции водоподготовки размещаются на одну (населённые пункты с числом жителей более 500 человек) – две (центры поселений) скважины, составляющие 20 % от количественного соотношения используемых скважин в населённых пунктах.

Особую тревогу вызывает степень развития и техническое состояние водопроводных сетей. Общая протяженность трубопроводов систем водоснабжения составляет 470 км (область 3 073 км). Основные материалы труб водопроводных сетей – чугун и сталь. Большая часть существующих водопроводов построена в 1960–1970 гг. Многие из них физически устарели и находятся в неисправном состоянии. В таблице отражено состояние водопроводных сетей населённых пунктов; 31 % уличной водопроводной сети нуждается в замене.

Санитарное состояние водозаборов неудовлетворительное – 75 % не имеют зон санитарной охраны. Организовать зону санитарной охраны в условиях плотной застройки нет возможности. Уровнемерами и счетчиками воды скважины оборудованы редко, у большинства скважин отсутствуют герметизирующие оголовки и надежная изоляция затрубного пространства.

Основными напорно-регулирующими сооружениями систем водоснабжения являются водонапорные башни. В большинстве случаев башни – типовые стальные сооружения заводского изготовления (башня системы Рожновского), либо конструкции, выполненные из стали или подручных материалов. Емкость баков водонапорных башен составляет обычно от 15 до 50 м³, чаще 25 м³.

Диаграмма свидетельствует о том, что 90 % населения потребляют некондиционную воду по следующим компонентам: железо и общая жесткость. И

Анализ состава, технического состояния и режима эксплуатации систем водоснабжения в сельских населенных пунктах юго-восточной части Томского района позволяет сделать вывод, что существенным недостатком является практически полное отсутствие сооружений для очистки воды, забираемой скважинами и подаваемой населению.

Личный вклад автора состоял в сборе, систематизации, обработке и обобщении фактического материала, составлении компьютерной базы данных (в среде Microsoft Excel), построении графических моделей и их компьютерная реализация, формирование и постановка проблемы.

Научная новизна работы заключается в первичном обобщении и графическом представлении такого материала.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования результатов при решении любых задач, связанных с решением вопросов водоснабжения, экологических проблем недр и их подвижной части – подземной гидросферы, в сфере управления водными ресурсами, в том числе при разработке схем и программ комплексного использования и охраны водных ресурсов и водохозяйственных балансов территорий и предприятий.

Литература

1. Покровский Д.С., Дутова Е.М., Булатов А.А., Кузеванов К.И. Подземные воды республики Хакасия и водоснабжение населения. – Томск: Изд-во НТЛ, 2001. – 300 с.
2. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – 2-е изд. исправл. и доп. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
3. Шварцев С.Л. Общая гидрогеология: Учебн. для вузов. – М.: Недра, 1996. – 423 с.

УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИЕ МИКРООРГАНИЗМЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ (П. БЕЛЫЙ ЯР ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)

С.А. Шиша

Научный руководитель доцент Н.Г. Наливайко
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Поселок Белый Яр расположен в Верхнекетском районе – одном из самых крупных административных единиц Томской области. В поселке существует подземный водозабор, который эксплуатирует водоносные горизонты палеогенового комплекса; глубина их залегания изменяется в диапазоне от 55 до 70 м.

Водозабор централизованно обеспечивает водой в основном административные здания и частично жилые дома. Большая часть поселка использует в хозяйственно-бытовых целях воду грунтовых колодцев, расположенных на приусадебных участках. Глубина колодцев составляет 8–11 м. Качество воды частных колодцев санитарными службами не контролируется. В тоже время качество воды зависит не только от состава химических компонентов, но и от микробиологического состава [2, 5].

Таблица

Микробиологический состав воды грунтовых колодцев

№ п/п	Привязка к местности	Нефтеоокисляющие бактерии		Бактерии окисляющие, усл. ед.:					Общая биогенность, усл. ед.
		кл/мл	%	Толуол	Пентан	Бензол	Декан	Октан	
1.2	ул. Зеленая, 1	1700	30	270	420	0	0	400	1090
2.2	ул. Железнодорожная, 1	5700	50	330	310	0	-	-	640
4.2	пер. Первомайский, 4	6200	50	330	130	0	0	500	960
5.2	пер. Школьный, 5 (вблизи котельной)	1800	60	330	310	0	500	300	1360
6.2	ул. Юбилейная, 17 (заболоченная местность)	150	50	320	-	0	360	300	980
7.2	ул. Таежная, 44 ^а (вблизи котельной, склады)	4300	100	250	-	0	370	500	1130
8.2	ул. 3 Луговой проезд 15 (вблизи котельной)	1290	70	330	-	0	500	390	1220
9.2	пер. Водяной, 5	300	90	320	-	0	500	340	1160
10.2	ул. Октябрьская, 37	1300	80	300	-	0	500	500	1300
11.2	ул. Строительная, 27 (заболоченная местность)	2700	100	250	-	0	500	410	1160
12.2	ул. Коммунальная, 10 (рядом пруд, стадион)	4000	-	-	310	-	0	500	810
13.2	ул. Октябрьская, 32	16500	-	-	420	-	200	500	1120

Для оценки экологического состояния мною был изучен химический и микробиологический состав воды 12 колодцев, расположенных в различных частях поселка на приусадебных участках.

В воде данных колодцев мною был изучен микробиологический состав по таким показателям как энтеробактерии, сапрофиты, нефтеоокисляющие, углеводородоокисляющие, нитрифицирующие, денитрифицирующие, тионовые, сульфатвосстанавливающие, железобактерии. Но особое внимание уделено углеводородоокисляющим

бактериям. Они, с одной стороны, являются деструкторами нефтяной органики в природных экосистемах, а с другой - являются индикаторами наличия углеводородного загрязнения и нефтяных залежей [1].

Для выявления и количественного учета изучаемых физиологических групп бактерий использовались элективные питательные среды в соответствии с классическими методиками [4, 5]. Результаты микробиологического анализа представлены в таблице.

Количество нефтеокисляющих бактерий, как видно из таблицы, изменяется от нескольких сотен до десятков тысяч клеток. Минимальное содержание наблюдается в пробе 6,2; максимальное – 11,2, при среднем значении 3830 клеток в 1 мл.

В воде изученных колодцев присутствуют бактерии, окисляющие углеводороды метанового ряда (пентан, октан, декан) и ароматические (бензол и толуол).

Наиболее распространены деканоокисляющие, с интенсивностью развития до 500 усл. единиц (максимально возможная интенсивность). Известно, что деканоокисляющие бактерии могут использовать для питания не только декан, но и белковую органику. Также повсеместно представлены октаноокисляющие бактерии (max – проба 4,2, 10,2, 12,2, 13,2 и min – 5,2, 6,2). Эти бактерии считаются прямыми показателями наличия углеводородов в воде при интенсивности развития от 300 до 500 усл. единиц. Пентаноокисляющие бактерии присутствуют в воде колодцев эпизодически. Бензолокисляющие бактерии в пробах воды не выявлены, зато присутствуют повсеместно толуолокисляющие бактерии. Бензол, толуол, пентаноокисляющие бактерии считаются прямыми показателями наличия соответствующей углеводородной органики в воде, где они присутствуют при интенсивности развития от 100 до 500 условных единиц [3].

Количество нефтеокисляющих бактерий не всегда находится в прямой зависимости от количества нефти в воде. Наиболее показательной является потенциальная способность микроорганизмов к окислению нефти. Поэтому изучены потенциальная способность микрофлоры воды колодцев к окислению жидкой нефти.

Опыт показал, что микрофлора всех колодцев обладает высокой потенциальной способностью к деструкции нефти (кроме т.н. 1.2). Это говорит о том, что в воде постоянно присутствует нефтяная органика, микробы адаптированы к ее наличию и активно ее используют в качестве источника питания.

С твердой нефтяной среды был сделан смыв жидкой стерильной минеральной средой Мюнца выросших нефтеокисляющих бактерий. Этот смыв был использован для получения накопительной нефтеразрушающей культуры.

Методика: в коническую колбу налили 150 мл среды Мюнца, затем 100 мл смыва бактериальной суспензии. Количество микробов соответствовало $10^3 - 10^5$ клеток, добавили 2 % нефти и закрыли пробкой. Оставили в стационарных условиях. В течение 7 дней происходило увеличение количества микробов и одновременно разрушение нефти. Плотность бактериальной колонии увеличилось до 10^{11} .

Эта накопительная культура может служить основой твердого препарата, разрушающего нефть.

Таким образом, исследования показали, что в воде колодцев присутствуют различные формы углеводородокисляющих бактерий, обладающих высокой потенциальной активностью к разрушению нефти. Возможно, что это обстоятельство связано с миграцией углеводородных компонентов из находящихся в более глубоких отложениях данной территории месторождений нефти и газа.

Литература

1. Гавришова Н.А. О комплексе микробиологических показателей при характеристике качества воды // Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод. – М.: Наука, 1980. – С. 74 – 80.
2. Горленко. В. М., Дубинина Г. А., Кузнецов С. И. Экология водных микроорганизмов. – М.: Наука, 1977. – 240 с.
3. Основы прямых геохимических методов поисков нефтяных и газовых месторождений / Под ред. д.г.-м. н. проф. Ф.А. Алексеева. – М.: ОНТИ, 1967 г. – 525 с.
4. Родина А. Г. Методы водной микробиологии. – М. – Л.: Наука, 1963. – 363 с.
5. Романенко В. И., Кузнецов С. И. Экология микроорганизмов пресных водоемов: Практическое руководство. – Л.: Наука, 1974. – 193 с.