DOI: 10.25515/PMI.2017.6.731

УДК 556.33.634:553.632(470.53)

ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПРАВОВОЙ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ В НАДСОЛЕВОМ КОМПЛЕКСЕ ПОРОД ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД

С.Ю.КВИТКИН[1], В.И.ТРОФИМОВ[2], В.В.КОВАЛЬСКАЯ[1]
[1] *ПАО «Уралкалий», г.Березники, Россия*
[2] *Горный институт УрО РАН, г.Пермь, Россия*

Производство калийных удобрений на ПАО «Уралкалий» сопровождается образованием избыточных растворов/рассолов, размещаемых на шламохранилищах, куда поступают также воды из рассолосборников солеотвалов, глинисто-солевые шламы и атмосферные осадки. После механической очистки и снижения минерализации растворы/рассолы в виде сточных вод в объеме порядка 5 млн м^3/год сбрасываются в поверхностные водные объекты.

Исследования, проведенные ПАО «Уралкалий» в 2000-2006 годах на шахтных полях Верхнекамского месторождения, показали принципиальную возможность осуществления подземного захоронения минерализованных технологических рассолов/сточных вод в породы верхней части соляно-мергельной толщи, непосредственно перекрывающей соленосные отложения и залегающей на глубинах не более 300 м, что подтверждено результатами государственной геологической экспертизы Государственной комиссии по запасам Роснедра. Размещение минерализованных растворов в пластах-коллекторах, обладающих практически неограниченным емкостным потенциалом, не приводит к изменению гидродинамического и гидрохимического режима подземной гидросферы и принципиально снижает нагрузку на окружающую среду.

Для реализации подземного захоронения минерализованных технологических рассолов/сточных вод необходимо внесение изменений в Федеральный закон «О недрах». Предложения ПАО «Уралкалий» по внесению изменений в ФЗ «О недрах» поддержаны Федеральным агентством по недропользованию Роснедра и Росприроднадзором.

***Ключевые слова*:** Верхнекамское месторождение солей, производство калийных удобрений, избыточные рассолы, сточные воды, надсолевой комплекс пород, подземные коллекторы, «рассольный» горизонт

***Как цитировать эту статью*:** Квиткин С.Ю. Об экологической эффективности и правовой возможности размещения в надсолевом комплексе пород Верхнекамского месторождения минерализованных вод / С.Ю.Квиткин, В.И.Трофимов, В.В.Ковальская // Записки Горного института. 2017. Т. 228. С. 731-737. DOI: 10.25515/PMI.2017.6.731

Проблема размещения минерализованных вод на ПАО «Уралкалий». ПАО «Уралкалий» является одним из крупнейших в мире производителей калийных удобрений, получаемых из руд Верхнекамского месторождения солей. Обогащение (переработка) калийных солей для получения конечной продукции производится на предприятиях ПАО «Уралкалий» двумя способами: флотационным и галургическим.

Количество формирующегося при переработке руд галургическим методом маточного раствора превышает количество оборотного раствора, используемого в дальнейшем производственном процессе, в связи с чем образуются избыточные растворы, складируемые на шламохранилищах. Технологический процесс обогащения (переработки) калийных руд указанными выше способами сопровождается также образованием большого количества твердых галитовых отходов, размещаемых в виде солеотвалов на поверхности земли, и глинисто-солевых шламов, складируемых на шламохранилищах.

Воздействие на поверхность солеотвала атмосферных осадков приводит к растворению галитовых отходов. Образовавшиеся минерализованные сточные воды (рассолы) собираются в рассолосборники, после накопления в которых они также откачиваются в шламохранилища. Таким образом, на шламохранилища поступают глинисто-солевые шламы, содержащие жидкую фазу (рассолы), растворы с обогатительных галургических фабрик, минерализованные воды из рассолосборников солеотвалов, а также атмосферные осадки. Все эти растворы перемещаются в пруды-отстойники (очистные сооружения), где происходит очистка их от взвешенных веществ и снижение минерализации.

Часть вод/растворов из прудов-отстойников забирается в технологический процесс, часть является избыточной и в виде сточных (дренажных) вод сбрасывается в водные объекты. Для всех выпусков сточных (дренажных) вод разработаны нормативы допустимых сбросов, получе-

DOI: 10.25515/PMI.2017.6.731

ны решения Минприроды Пермского края или Камского бассейнового водного управления на пользование водными объектами в целях сброса сточных (дренажных) вод и разрешения Росприроднадзора на сброс загрязняющих веществ.

Общий объем сброса сточных (дренажных) вод ПАО «Уралкалий» в 2016 г. составил 5409,2 тыс.$м^3$/год.

Основными загрязняющими веществами в сточных (дренажных) водах являются натрий (Na^+) и хлориды (Cl^-).

Пути утилизации минерализованных вод. Проблема утилизации техногенных рассолов, стоящая практически перед всеми калийными предприятиями, может быть решена методом выпаривания, сбросом в объекты поверхностной гидросферы (как правило, морские бассейны) либо закачкой (размещением) в подземные коллекторы (поглощающие горизонты).

Выпаривание в открытых естественных или искусственных бассейнах возможно в достаточно жарком, континентальном климате. В условиях Верхнекамского региона при превышении количества атмосферных осадков (до 600 мм) над испарением (не более 400 мм) этот способ неприемлем. Выпаривание сточных вод и технологических растворов с использованием специального оборудования требует значительных энергетических затрат, что приводит к существенному повышению себестоимости продукции и снижению ее конкурентоспособности на рынке. Кроме того, выпаривание увеличивает объем твердых галитовых отходов, складируемых на солеотвале, что делает его применение неэффективным с природоохранных позиций.

На ряде калийных предприятий сброс техногенных рассолов калийного производства осуществляется в объекты поверхностной гидросферы (как правило, морские бассейны). Сброс же техногенных рассолов в поверхностные пресные водотоки даже с соблюдением установленных нормативов сброса негативно воздействует на окружающую среду.

Подземное захоронение промстоков калийного производства в изолированные подземные водоносные горизонты рассматривается во всем мире как наиболее эффективный способ утилизации техногенных рассолов, снижающий экологическую нагрузку на окружающую среду и направленный, прежде всего, на охрану подземных и поверхностных вод [2]. Наибольшее развитие подземное размещение избыточных хлорнатриевых рассолов калийного производства получило в Канаде, Германии, Белоруссии. Здесь за время эксплуатации полигонов подземного сброса в пласты-коллекторы закачано более 1000 млн $м^3$ рассолов.

Осуществление подземного сброса возможно при следующих условиях [1]:

– наличие поглощающих горизонтов, содержащих минерализованную воду, не пригодную для водоснабжения и не представляющую ценности в промышленных и лечебных целях;

– надежная изолированность пласта-коллектора и достаточная водопроводимость слагающих его пород;

– химическая совместимость сбросных рассолов с пластовыми водами и водовмещающими породами, что позволяет свести к минимуму кольматацию пород в призабойной зоне нагнетательных скважин.

Геолого-гидрогеологические условия надсолевого комплекса пород на Верхнекамском месторождении солей. Гидрогеологический разрез Верхнекамского месторождения характеризуется повсеместной обводненностью надсолевого комплекса пород (НКП). Водовмещающие образования НКП (с поверхности земли и до пород соленосной части соляно-мергельной толщи) дифференцируются на коренные терригенно-карбонатные отложения пермского возраста с преобладающей трещинной проницаемостью и на повсеместно покрывающие их четвертичные образования различного генезиса с преимущественно поровой проницаемостью. Ниже располагается региональный водоупор – соленосная толща. Промышленные пласты калийно-магниевых солей расположены внутри нее, что обуславливает в естественных природных условиях их абсолютную гидрогеологическую изолированность. Граница раздела соленосных и надсолевых отложений не является стратиграфической, так как сформировалась в результате процессов выщелачивания соляных пород надсолевыми подземными водами и представляет собой эрозионное «соляное зеркало».

DOI: 10.25515/PMI.2017.6.731

В пределах НКП месторождения выделяются водоносные горизонты, приуроченные к четвертичным отложениям, породам пестроцветной (ПЦТ), терригенно-карбонатной (ТКТ) и соляно-мергельной ($СМТ_2$) толщ. Водоносные горизонты отличаются по характеру проницаемости и обводненности пород, распределению уровней вод отдельных водоносных слоев, степени минерализации и химическому составу подземных вод. Гидрогеологические характеристики водоносных горизонтов обуславливаются глубиной залегания пород, их литологическим составом, структурными особенностями, наличием геологических осложнений, приуроченностью к зонам различной гидродинамической и гидрохимической активности подземных вод, а также базисом выщелачивания (рис.1).

В *четвертичных отложениях* преобладающее распространение имеют безводные или слабо обводненные породы (глины, суглинки, супеси, мелкозернистые пески), слагающие склоны долин, оврагов и водораздельные пространства. Более водообильные аллювиальные пески и галечники спорадически развиты в долинах рек. Их проницаемость зависит от гранулометрического состава и колеблется от 0,05 до 3 м/сут. По химическому составу подземные воды гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией 0,2-0,3 г/л. Воды аллювиального водоносного горизонта слабонапорные и располагаются вблизи земной поверхности, на глубине 3-5 м.

Пестроцветные отложения – *шешминский водоносный горизонт* – обладают весьма изменчивой водообильностью. Водовмещающими породами являются трещиноватые песчаники и аргиллиты. Удельные дебиты скважин здесь изменяются от 0,046 до 0,4 л/с (коэффициент фильтрации не превышает 0,85 м/сут). Подземные воды характеризуются слабой минерализацией (0,2-0,3 г/л) и гидрокарбонатно-натриево-кальциевым составом. Из-за относительно слабой водоносности подземные воды этого комплекса используются в основном для местного водоснабжения.

Водовмещающие породы ТКТ – *верхнесоликамский водоносный горизонт* – представлены трещиноватыми известняками, мергелями и песчаниками. Наибольшая водопроницаемость пород этой толщи отмечается в долинах рек и в сводах антиклинальных структур, а наименьшая – на водоразделах. Удельные дебиты скважин здесь изменяются от 0,35 до 41,3 л/с. Породы обладают высокой степенью изменчивости фильтрационных свойств (значения коэффициента фильтрации колеблются от 0,021 до 88,9 м/сут). Подземные воды повсеместно имеют напор, достигающий 45 м. По химическому составу воды горизонта характеризуются слабой минерализацией (до 1 г/л) и гидрокарбонатно-кальциевым составом, в отдельных случаях – минерализацией до 3-4 г/л и сульфатно-кальциевым составом.

Для верхней подтолщи соляно-мергельной толщи ($СМТ_2$) – *нижнесоликамского водоносного горизонта* – водовмещающими являются трещиноватые мергели. Наибольшая водообильность отмечается в верхней части разреза (удельные дебиты изменяются от 0,003 до 0,37 л/с). Средние и нижние части разреза, где развиты глинистые мергели и известковые глины, чаще всего обводнены незначительно (удельные дебиты скважин – от 0,0003 до 0,1 л/с). Значения коэффициента фильтрации изменяются от 0,0002 до 1,99 м/сут. Подземные воды горизонта напорные. В верхней части разреза подземные воды толщи имеют минерализацию до 10 г/л и сульфатно-кальциевый состав, с глубиной минерализация возрастает до 260 г/л, химический состав изменяется на хлоридно-натриевый.

В нижней части $СМТ_2$ (на границе с «соляным зеркалом») прослеживается маломощный (первые метры) рассольный горизонт с минерализацией до 300 г/л.

Результаты опытных испытаний по размещению в пластах горных пород минерализованных вод. Исследования, проведенные в 2000-2006 годах на шахтных полях Верхнекамского месторождения, показали принципиальную возможность осуществления подземного захоронения минерализованных технологических рассолов/сточных вод в породы верхней части соляно-мергельной толщи, непосредственно перекрывающей соленосные отложения и залегающей на глубине не более 300 м [3, 4, 6].

В 2000-2004 годах на шахтном поле затопленного рудника БКПРУ-3 пробурены и обустроены опытно-исследовательские и наблюдательные скважины, в которых выполнен комплекс работ, включающий зональные и опытные откачки, пробные наливы и опытное нагнетание в объеме около 260 тыс. $м^3$ рассолов. Установлено, что поглощающий горизонт (пласт-коллектор) залегает в

DOI: 10.25515/PMI.2017.6.731

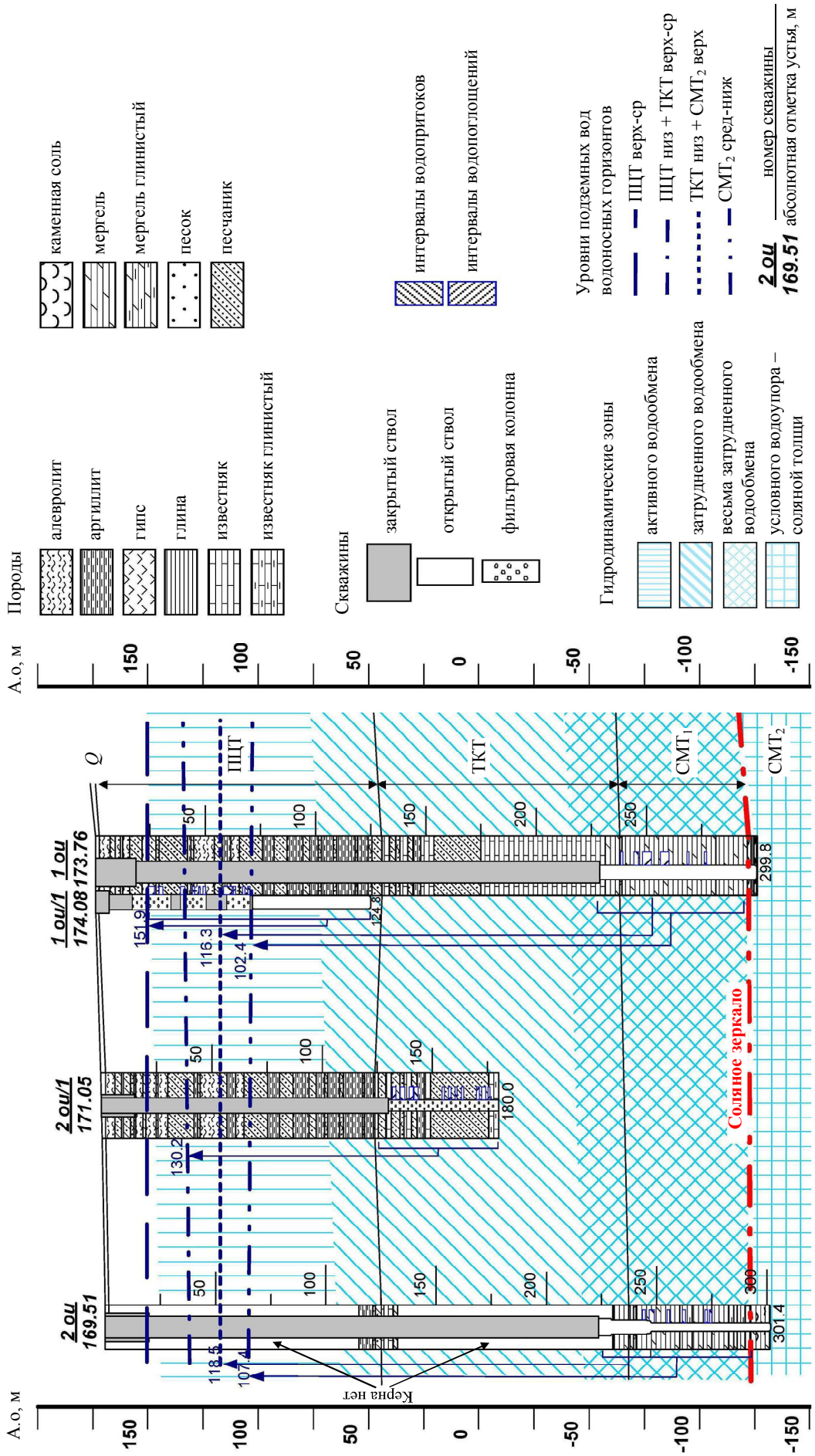


Рис. 1. Схематический геолого-гидрогеологический разрез по линии скважин *2 ои – 2 ои/1 – 1 ои/1 – 1 ои*

DOI: 10.25515/PMI.2017.6.731

интервале глубин 230-300 м и характеризуется средней водопроводимостью и средним коэффициентом фильтрации пород соответственно не менее 100 м^2/сут и 2 м/сут при средней общей мощности около 65 м и коэффициенте пьезопроводности от $6{,}0\cdot10^4$ до $1{,}4\cdot10^5$ м^2/сут. Потенциал пласта-коллектора оценивается объемом не менее 15 млн м^3 при коэффициенте эффективной трещиноватости (пористости) ~ 2,0-2,5 % и эффективной мощности около 17 м. Средняя производительность поглощающих скважин составила 40-50 м^3/ч при приемистости поглощающего пласта-коллектора около 3000 м^3/сутки.

Материалы геолого-гидрогеологического обоснования подземного захоронения жидких технологических отходов калийного производства прошли государственную геологическую экспертизу (протокол № 1226 от 14.07.2006 г.). Согласно решению Государственной комиссии по запасам (ГКЗ) Роснедра (п.2.1.1 протокола № 1226 от 14.07.2006 г.), *геолого-гидрогеологические условия залегания и фильтрационно-емкостные характеристики водовмещающих пород нижней части терригенно-карбонатной толщи и верхней подтолщи соляно-мергельной толщи … позволяют использовать их в качестве пласта-коллектора для захоронения оборотных рассолов производства хлористого калия.*

В 2005-2006 годах выполнены полевые работы по изучению возможности подземного сброса минерализованных вод/рассолов БКПРУ-4. Вблизи северо-западной границы шахтного поля БКПРУ-4, рядом со шламохранилищем, пробурены поисково-оценочные и наблюдательные скважины, в которых выполнен комплекс исследований, включающий опытное нагнетание около 70 тыс.м^3 рассолов. Установлено, что поглощающий горизонт залегает в интервале глубин 150-200 м и характеризуется средней водопроводимостью и средним коэффициентом фильтрации пород соответственно не менее 100 м^2/сут и 2 м/сут при средней общей мощности пласта-коллектора около 50 м и коэффициенте пьезопроводности от 10^5 до $4\cdot10^5$ м^2/сут. Потенциал пласта-коллектора оценивается объемом не менее 12 млн м^3 при коэффициенте эффективной трещиноватости (пористости) ~ 2,7 % и эффективной мощности около 15 м. Средняя производительность поглощающих скважин составляет 50 м^3/ч при приемистости поглощающего пласта-коллектора примерно 3000 м^3/сут. Материалы геолого-гидрогеологического обоснования промышленной эксплуатации полигона захоронения жидких технологических отходов калийного производства на Быгельско-Троицком участке прошли государственную геологическую экспертизу (протокол № 2401 от 10.02.2011 г.).

Согласно решению ГКЗ Роснедра (п.3.2 протокола № 1226 от 14.07.2006 г.), *геолого-гидрогеологические условия залегания и фильтрационно-емкостные характеристики водовмещающих пород верхней подтолщи соляно-мергельной толщи … позволяют использовать их в качестве пласта-коллектора для захоронения рассолов калийного производства на Быгельско-Троицком участке*.

Таким образом, в условиях Верхнекамского соленосного бассейна размещение минерализованных сточных (дренажных) вод/рассолов технически возможно и экологически эффективно в пластах горных пород, залегающих над соляной залежью на глубине 150-300 м от земной поверхности и содержащих природные минерализованные воды, идентичные по химическому составу закачиваемым растворам (рис.2). Размещение растворов в пластах-коллекторах, обладающих неограниченным емкостным потенциалом, не приводит к изменению гидродинамического и гидрохимического режима подземной гидросферы и принципиально снижает нагрузку на окружающую среду.

Предложения ПАО «Уралкалий» по внесению изменений и дополнений в законодательство о недрах. Для осуществления на территории Российской Федерации закачки (размещения) в пластах горных пород сточных и иных вод в виде избыточных рассолов необходимо получение лицензии на право пользования недрами.

При этом в законодательстве России о недрах неоднозначно квалифицируется деятельность по закачке сточных и иных вод/рассолов. С одной стороны, законодательство РФ о недрах предусматривает пользование недрами как для размещения отходов производства и потребления, так и для строительства и эксплуатации подземных сооружений местного и регионального значения, не связанных с добычей полезных ископаемых. С другой стороны, возникают необоснованные административные барьеры для осуществления закачки (размещения) в пластах горных пород сточных и иных вод/рассолов, целью которой является охрана окружающей среды [5].

DOI: 10.25515/PMI.2017.6.731

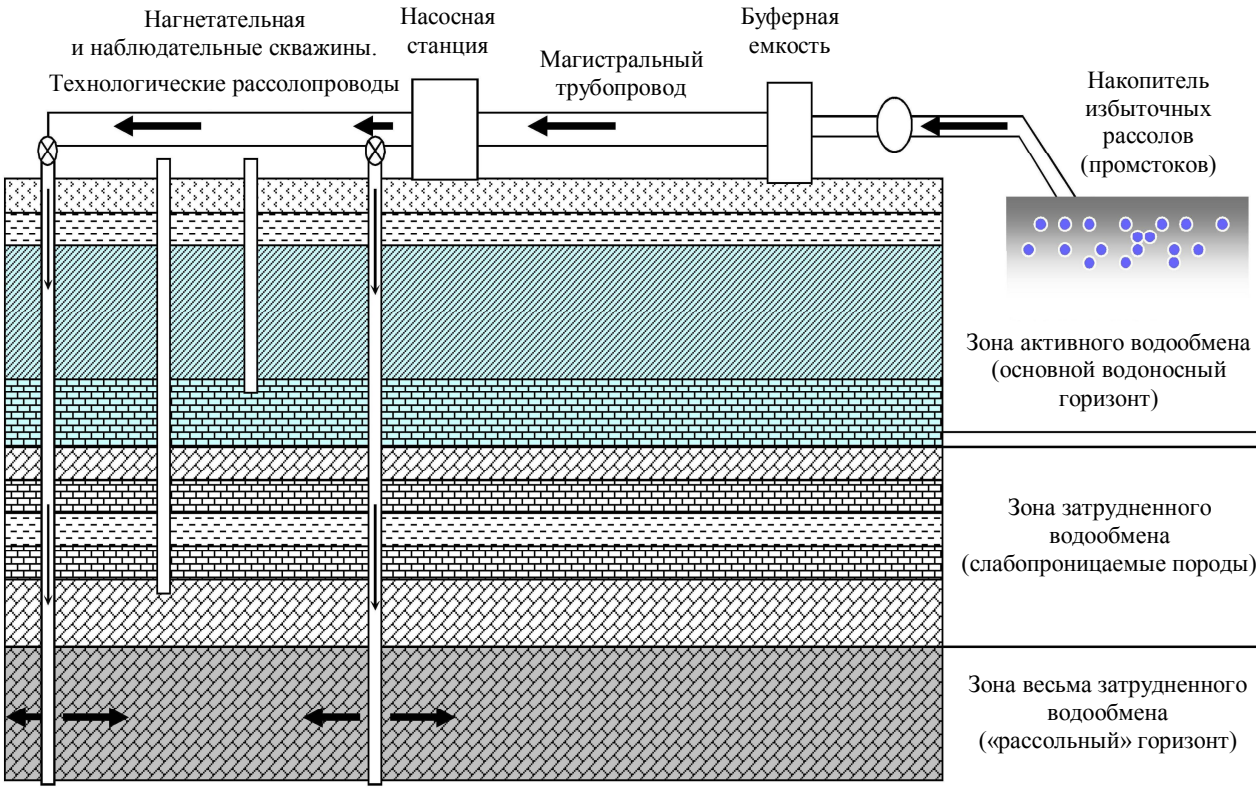


Рис.2. Принципиальная схема подземного сброса избыточных рассолов (промстоков) в изолированный «рассольный» горизонт надсолевого комплекса пород

Препятствием получению пользователем недр лицензии для размещения сточных вод/рассолов в недрах в подземных горизонтах, которые содержат аналогичные по химическому составу природные рассолы, являются законодательные запреты на размещение отходов в пределах границ населенных пунктов и водоохранных зон, даже при наличии положительных заключений экспертиз, подтверждающих безопасность данной деятельности для окружающей среды и жизнедеятельности населения. Размещение вод/рассолов в пластах горных пород, конечно же, не должно оказывать негативного воздействия на окружающую среду и может осуществляться лишь при условии проведения геологического изучения и получения положительного заключения экспертизы геологической информации ГКЗ Роснедр или ее территориальных органов о пригодности испрашиваемого участка для закачки. Проектная документация на строительство подземных сооружений по закачке в недра сточных вод/рассолов, получившая положительное заключение государственной экспертизы ФАУ «Главгосэкспертиза России», в ходе которой проверяется ее соответствие требованиям охраны окружающей среды, утверждается в установленном порядке.

Существует пробел в законодательстве РФ о недрах, который препятствует получению лицензии на пользование участком недр местного значения в целях строительства и эксплуатации подземных сооружений местного и регионального значения, не связанных с добычей полезных ископаемых. В статье 10.1 Закона РФ «О недрах» не определен орган власти, уполномоченный на выдачу лицензии на геологическое изучение участков недр местного значения в целях строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых. При этом этот вид пользования недрами предусмотрен в статье 6 Закона «О недрах». Кроме того, статья 29 этого же закона требует проведения геологического изучения и прохождения государственной экспертизы геологической информации участков недр, пригодных для строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с разработкой месторождений полезных ископаемых, до предоставления таких участков недр в пользование непосредственно для строительства и эксплуатации таких сооружений.

DOI: *10.25515/PMI.2017.6.731*

Учитывая изложенное, ПАО «Уралкалий» выступило с законодательной инициативой. Предлагается внести в Закон РФ «О недрах» следующие изменения:

а) установить новый вид пользования недрами: размещение в пластах горных пород сточных вод или иных вод, образующихся в процессе добычи твердых полезных ископаемых, их первичной переработки или обращения с отходами добычи или первичной переработки твердых полезных ископаемых;

б) предоставить пользователю недр, осуществляющему разведку или добычу твердых полезных ископаемых, или по совмещенной лицензии геологическое изучение, разведку и добычу твердых полезных ископаемых, или их первичную переработку, или обращение с отходами добычи или первичной переработки твердых полезных ископаемых, право в границах предоставленных ему горных отводов и (или) геологических отводов на основании утвержденного технического проекта размещать в пластах горных пород сточные воды или иные воды, образующиеся в процессе добычи твердых полезных ископаемых, их первичной переработки или обращения с отходами добычи или первичной переработки твердых полезных ископаемых, в порядке, установленном федеральным органом управления государственным фондом недр;

в) дополнить пункт 6 статьи 10.1 Закона РФ «О недрах» следующим абзацем (о предоставлении исполнительным органами власти субъектов РФ полномочий по принятию решений): *о предоставлении права пользования участком недр местного значения для геологического изучения и оценки пригодности участка недр для строительства и эксплуатации подземных сооружений местного и регионального значения, не связанных с добычей полезных ископаемых.*

Указанные инициативы ПАО «Уралкалий» нашли полную поддержку Федерального агентства по недропользованию РФ, согласованы с Федеральной службой по надзору в сфере природопользования и в настоящее время находятся на рассмотрении в Министерстве природных ресурсов и экологии РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гольдберг В.М.* Подземное захоронение промышленных сточных вод / В.М.Гольдберг, Н.П.Скворцов, Л.Г.Лукьянчикова. М.: Недра, 1994. 281 с.

2. *Грисбах Х.* Результаты исследований и состояние подготовки к применению новых методов сброса рассолов в калийном бассейне Вера. Гамбург: Компания ERCOSPLAN, 1991. 87 с. (Калий-91: Материалы Второго международного конгресса, Гамбург, 26-29 апреля 1991 г.).

3. О перспективах подземного складирования (сброса) избыточных рассолов в надсолевые водоносные горизонты на Верхнекамском месторождении калийных солей / В.И.Трофимов, В.К.Липницкий, В.П.Морозов, Т.К.Шлендова // Проблемы захоронения промотходов в глубокие горизонты земных недр: Материалы Второй республиканской научно-практической конференции (Саратов, 17-20 сентября 2001 г.). Саратов: Научная книга, 2001. С. 111-112.

4. Пути и методы создания подземных рассолохранилищ в районах развития калийных производств / В.И.Трофимов, В.К.Липницкий, В.П.Морозов, С.Ю.Квиткин, В.В.Ковальская // Природоохранные проблемы при проведении буровых работ: Сборник докладов двух региональных совещаний (ВНИИ методики и техники разведки, 19 сентября и 29 ноября 2000 г.). СПб: Компания ERCOSPLAN, 2002. С. 115-118.

5. Размещение минерализованных вод/рассолов в надсолевом комплексе пород Верхнекамского месторождения / С.Ю.Квиткин, В.В.Ковальская, А.А.Барях, В.И.Трофимов // Калийная промышленность в XXI веке. Разведка, добыча и обогащение полезных ископаемых, а также утилизация возникающих при этом отходов производства: Аннотации докладов симпозиума. Эрфурт: Компания ERCOSPLAN, 2017. С. 69-73.

6. *Трофимов В.И.* Геологическое обоснование сброса рассолов калийного производства в техногенные коллекторы надсолевого комплекса Верхнекамского месторождения: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Пермь: Горный институт УрО РАН, 2005. 21 с.

***Авторы*: С.Ю.Квиткин**, *начальник отдела по развитию ресурсной базы*, *Stanislav.Kvitkin@uralkali.com* (*ПАО «Уралкалий»*, *г.Березники*, *Россия*), **В.И.Трофимов**, *канд. геол.-минерал. наук*, *старший научный сотрудник*, *trofimov1957@gmail.com* (*Горный институт УрО РАН*, *г.Пермь*, *Россия*), **В.В.Ковальская**, *ведущий геолог*, *Vera.Kovalskaya@uralkali.com* (*ПАО «Уралкалий»*, *г.Березники*, *Россия*).

Статья принята к публикации 27.09.2017.