

ВЫБОР ПЛАСТА-АККУМУЛЯТОРА ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ АРБУЗОВСКОГО ПХГ

А.С. Гарайшин¹, Р.Р. Кантюков²

¹ООО «Газпром ВНИИГАЗ», пос. Развилка, Московская обл., Россия

²ООО «Газпром трансгаз Казань», Казань, Россия

В отечественной и зарубежной практике сооружения подземных хранилищ газа (ПХГ) промышленные стоки, как правило, закачивают обратно в пласты-коллекторы – объекты хранения газа. Подземное захоронение жидких отходов является наиболее рациональным способом поддержания и оздоровления экологической обстановки. При выборе горизонта для утилизации промышленных стоков авторами рассматривалась нижняя часть осадочного чехла и в первую очередь бобриковский горизонт, а также карбонаты турнейского яруса. В осадочном чехле изученного бурением средне-верхнекаменноугольного комплекса содержится двенадцать основных водоносных горизонтов и водоносных комплексов, разделенных региональными и локальными водоупорными толщами. Региональными водоупорами в этой осадочной толще являются гипсово-ангидритовые пласты верхней и нижней перми и выдержанные пачки аргиллитов, глинистых известняков и плотных доломитов в отложениях карбона. По степени гидродинамической активности в разрезе осадочной толщи выделяются зоны активного (свободного), затрудненного и весьма затрудненного (застойного) режима. В зоне активного водообмена расположены водоносные горизонты четвертичных и верхнепермских отложений. Нижняя граница зоны активного водообмена проходит по кровле гипсово-ангидритовой толщи казанского яруса верхней перми. В качестве объекта для захоронения промстоков при эксплуатации ПХГ наиболее перспективным является бобриковский пласт-коллектор, т.к. он обладает наилучшими коллекторскими свойствами и надежно изолирован от вышележащих отложений. В связи с высокой минерализацией воды бобриковского горизонта либровичского надгоризонта нижнего отдела визейского яруса являются непригодными для хозяйственно-питьевых, производственно-технических и бальнеологических целей.

Ключевые слова: подземное хранилище газа, промышленные стоки, пласт-коллектор

DOI: <http://doi.org/10.18599/grs.19.1.13>

Для цитирования: Гарайшин А.С., Кантюков Р.Р. Выбор пласта-аккумулятора для захоронения промышленных стоков Арбузовского ПХГ. *Георесурсы*. 2017. Т. 19. № 1. С. 82-86. DOI: <http://doi.org/10.18599/grs.19.1.13>

Для поиска и обоснования пластов-аккумуляторов для захоронения промстоков выполняется достаточно большой объем разведочных и промыслово-исследовательских работ. Некоторые из них совпадают с изысканиями, осуществляемыми при поисках перспективных объектов для хранения газа, и в этом случае задача значительно упрощается. Если же стоки планируются по тем или иным причинам сбрасывать в другие водоносные пласты, то это потребует проведения специальных работ по полной программе.

Вопросы утилизации промышленных сточных вод при эксплуатации Арбузовского подземного хранилища газа (ПХГ) рассматривались при технологическом проектировании газохранилища. По своему химическому составу промстоки относятся к категории вредных для окружающей среды и человека. Так, в составе закачиваемых промстоков на Карашурском ПХГ, являющимся во многом аналогом Арбузовского ПХГ, общее железо равно 2.42 мг/дм³, железо 3-х валентное – 1.87 (3.0) мг/дм³, нефтепродукты – 2.4 (15.0) мг/дм³, ДЭГ – 0.011 (1.0) мг/дм³, метанола – 33.2 (40.0) мг/дм³ (в скобках указаны нормативные величины). Они не поддаются полной очистке и разделению на составные компоненты известными химическими и биохимическими способами до такой степени, чтобы их можно было отнести к совершенно безвредным веществам и сбрасывать в открытые водоемы без каких-либо отрицательных последствий для окружающей среды. В равной степени, промстоки нельзя складировать и хранить в поверхностных условиях, поскольку не исключена их миграция за пределы объекта хранения и выделение в атмосферу вредных веществ при их испарении.

При возврате промстоков в недра обеспечивает предотвращение загрязнения окружающей среды.

Одновременно решается главный экологический принцип хозяйственной деятельности человека – эксплуатация любого производственного объекта по принципу безотходной технологии. Возврат промстоков в недра ПХГ обосновывается с учетом всех геологических, гидрогеологических и технологических особенностей безопасного процесса закачки промстоков с использованием требований регламента к техническому оборудованию и технологическому режиму при надежной и оперативной системе контроля.

Геологическое обоснование захоронения промстоков на ПХГ. Пункт сбора, подготовки и закачки промышленных стоков планируется расположить на территории ПХГ. При выборе горизонта для утилизации промышленных стоков нами рассматривалась нижняя часть осадочного чехла и в первую очередь бобриковский горизонт, а также карбонаты турнейского яруса. В качестве объекта закачки газа для ПХГ был выбран бобриковский пласт-коллектор, т.к. он обладает наилучшими коллекторскими свойствами и надежно изолирован от вышележащих отложений. В связи с высокой минерализацией, воды бобриковского горизонта либровичского надгоризонта нижнего отдела визейского яруса являются непригодными для хозяйственно-питьевых, производственно-технических и бальнеологических целей.

Гидрогеологическое обоснование возможности подземного захоронения жидкости включает решение целого ряда вопросов: общие гидрогеологические условия, строение пласта-объекта, изолированность его от других водоносных горизонтов, региональная гидродинамика, гидрохимия.

Глубокий водоносный горизонт, предназначенный для закачки пластовой воды, должен отвечать следующим условиям:

- не должен содержать пресных, бальнеологических вод и полезных ископаемых;
- должен быть надежно изолирован слабопроницаемыми породами (глина, мергель) от вышележащих горизонтов;
- должен быть выдержан по площади;
- обладать хорошей проницаемостью и быть достаточно мощным;
- пласт в ближайшей окрестности (в радиусе 20-30 км) не должен выходить на поверхность или разгружаться в реку.

Наличие слабопроницаемых отложений, изолирующих поглощающий горизонт от выше и ниже залегающих проницаемых пластов, является одним из основных факторов, определяющих возможность захоронения промстоков. Более надежным захоронение промстоков считается в том случае, когда между поглощающим горизонтом и пластом, используемым для водоснабжения, находится "буферный" горизонт, содержащий воду, непригодную для использования.

К объектам для захоронения промстоков ПХГ предъявляются определенные требования (Гидрогеоэкологический контроль ..., 2000; 2005; Гарайшин, Рубан, 2010). Во-первых, водоносный горизонт должен иметь высокую поглощающую способность и надежную природную изоляцию, оцениваемую отсутствием гидродинамической взаимосвязи с другими горизонтами. Во-вторых, захоронение промстоков производится в пласты, содержащие только минерализованные воды, не используемые на практике для водоснабжения. Известно, что в США нижний предел минерализации рекомендуется 10 г/л. В-третьих, крайне желательно выше пласта-аккумулятора промстоков иметь резервный буферный водоносный горизонт, способный аккумулировать возможные (по техническим причинам) утечки. Необходимо также принять во внимание характер движения подземных вод, их скорость и направление. Известно, что глубокозалегающим горизонтам артезианских бассейнов присущи крайне низкие гидравлические градиенты. Это, практически, застойные зоны.

Важнейшим моментом при оценке возможностей для захоронения промстоков является также и знание региональных гидрогеологических условий формирования артезианских бассейнов. В работе (Гидрогеологические исследования ..., 1993) представлена схема распространения возможных коллекторов для захоронения сточных вод в артезианских бассейнах Восточно-европейской платформы. Для этого района Татарстана (г. Алексеевск) в качестве перспективных установлены водоносные комплексы, стратиграфически приуроченные от D_{31} - D_2 до C_{2b} - D_{312} (Гидрогеологические исследования ..., 1993; Валеев, 1968). Башкирско-верхнефранский водоносный комплекс C_{2b} - D_{312} достаточно мощно развит на территориях Саратовской, Самарской областей, Татарии и Удмуртии. В карбонатных отложениях окско надгоризонта и терригенных коллекторах либровичского надгоризонта в районе г. Димитровград эксплуатируется полигон захоронения промышленных сточных вод, приемистость скважин отмечена на уровне от 6 до 8,7 ($m^3/сут$)/кгс/см². Региональным водоупором в этом комплексе служат карбонатные и карбонатно-глинистые отложения тульского горизонта визейского яруса нижнего карбона с мощностью от 20 до 170 м.

Рассматриваемый водоносный комплекс относится к зоне весьма затрудненного (застойного) режима и приурочен к нижней части осадочного чехла, подземный сток

оценивается в масштабе геологического времени, влияние климатических факторов, как правило, обнаружить не удавалось. Для оценки скорости водообмена достаточно успешно применяется изучение изотопно-геохимического состава вод. По концентрации стабильных изотопов дейтерия и кислорода-18, входящих в молекулы воды, можно сделать заключение о генезисе подземных вод. Воды седиментационного происхождения имеют высокие концентрации дейтерия и кислорода-18, при разбавлении водами инфильтрационного происхождения их концентрация уменьшается. В Волго-Камском артезианском бассейне были выполнены широкомасштабные изотопно-геохимические исследования (Гидрогеологические исследования ..., 1993) в водоносных горизонтах, залегающих выше и ниже верейского водоупора. Так, в пределах Глазовского вала воды татарского яруса верхней перми на глубине 300 м имеют высокую минерализацию, но пониженное содержание дейтерия (-65 0/00) указывает на смешанное происхождение пластовых вод.

Воды горизонтов, расположенных под верейским водоупором, содержат дейтерий в количествах, соответствующих составу вод первичных эвапоритовых бассейнов (от -41 до -28 0/00). Таким образом, подверейские водоносные горизонты интересующего региона можно оценить как горизонты с низким темпом водообмена и констатировать практически полное отсутствие связи с инфильтрационными водами (Байдин и др., 2015).

Генетический облик пластовых вод, т.е. степень метаморфизации седиментогенных морских вод, оценивают хлорнатриевым соотношением. Установлено, что $rNa+/rCl$ для океанической воды равен 0,87; при $rNa+/rCl > 0,87$ воды имеют метеорное и инфильтрационное происхождение. Если $rNa+/rCl < 0,87$, воды являются седиментогенными морского генезиса или древними инфильтрогенными. Другим фактором генезиса пластовых вод является величина $Cl-/Br-$, которая для океанической воды равна 300. При $Cl-/Br- > 300$ воды либо инфильтрогенные, либо седиментогенные метеорного происхождения; при $Cl-/Br- < 300$ воды являются седиментогенными или древнеинфильтрогенными. Этот фактор оценки связан с тем, что бром является активным водным мигрантом.

Водоносные комплексы нижнего карбона и девона, находящиеся в зонах затрудненного и застойного водообмена, надежно изолированы от проникновения в них инфильтрационных вод и содержат сульфатно-хлоридные и хлоридные воды высокой минерализации (до 210-260 г/л). Характерным для вод этой зоны является повышенное содержание микрокомпонентов (йода, брома, бора).

Арбузовская площадь в гидрогеологическом отношении расположена в Волго-Камском артезианском бассейне в пределах северной части Мелекесского гидрогеологического района вблизи границы с Центральным Татарским гидрогеологическим районом. Мелекесский гидрогеологический район занимает юг Татарстана, располагаясь в пределах одноименной впадины, контуры которой соответствуют границам структуры кристаллического фундамента.

В осадочном чехле изученного бурением средне-верхнекаменноугольного комплекса содержится 12 основных водоносных горизонтов и водоносных комплексов, разделенных региональными и локальными водоупорными толщами (Валеев, 1968; Байдин и др., 2015). Суммарная

толщина рассматриваемого комплекса пород в районе Арбузовской площади превышает 1500 м.

Региональными водоупорами в этой осадочной толще являются гипсово-ангидритовые пласты верхней и нижней перми и выдержанные пачки аргиллитов, глинистых известняков и плотных доломитов в отложениях карбона.

Распределение водоносных горизонтов подчинено вертикальной гидрохимической зональности, т.е. наблюдается закономерное увеличение степени минерализации подземных вод с глубиной. По мере увеличения минерализации изменяется и химический состав подземных вод: преимущественно гидрокарбонатные магниевые-кальциевые воды верхних горизонтов сменяются сульфатными кальциевыми и хлоридными натриевыми. Соответственно, с глубиной увеличивается степень метаморфизации вод, и изменяется их генетический тип от сульфатно-натриевого и гидрокарбонатно-натриевого к хлоркальциевому типу.

По степени гидродинамической активности в разрезе осадочной толщи выделяются зоны активного (свободного), затрудненного и весьма затрудненного (застойного) режима. В зоне активного водообмена расположены водоносные горизонты четвертичных и верхнепермских отложений. Нижняя граница зоны активного водообмена проходит по кровле гипсово-ангидритовой толщи казанского яруса верхней перми. Зона затрудненного водообмена распространяется до отложений среднего карбона. К ней относятся водоносные горизонты нижней и частично верхней перми. В зоне весьма затрудненного водообмена и застойного режима расположены водоносные горизонты каменноугольных и всех нижележащих горизонтов.

Волго-Камский артезианский бассейн является гидрогеологической структурой 1 порядка, в пределах которой происходит питание, накопление и разгрузка подземных вод. Границы артезианских бассейнов проводятся по водоразделам подземных вод двух верхних гидро-геологических зон (свободного и затрудненного водообмена). Следовательно, перетоки подземных вод в естественных условиях из одного бассейна в другой исключены.

На основании региональных условий гидрогеологической обстановки наиболее перспективными с точки зрения изученности и соответствия вышеперечисленным критериям для захоронения промстоков в качестве поглотительных горизонтов являются песчаные пласты бобринско-радаевской толщи пород, залегающие на погружениях структуры бобринского пласта-коллектора на глубине 1300-1350 м и обладающие высокими ФЕС. Данная песчаная толща широко развита на крыльях складки, имеет эффективную толщину 50-60 м и по всем признакам может удовлетворить требованиям, предъявляемым к поглотительным горизонтам на ПХГ.

Специальные исследования по оценке продуктивных и фильтрационных параметров поглотительного горизонта методом откачек и нагнетаний были проведены в скважине № 812 в интервале 1323-1348 м. Результаты испытаний показали, что пласт обладает высокой приёмистостью – 600 (м³/сут)/кгс/см², гидропроводностью – 4174 Д*см/сПз, проницаемостью – 2700 мД, пористостью – 25 %. Химический состав вод близок к составу бобринских отложений из-за отсутствия выдержанных водоупоров. Кроме того, были проведены исследования путем откачек

из бобринского горизонта. Гидродинамические исследования при опытных откачках из объекта (интервал перфорации 1244-1279 м) проводились на двух режимах при длине подвески НКТ 250 и 200 м. Забойное давление и температура измерялись на глубине 1240 м (Байдин и др., 2015; Алиев и др., 2015). По результатам исследований построена индикаторная диаграмма (Рис. 1), согласно которой продуктивность скважины составляет 454,5 (м³/сут)/кгс/см² (Гарайшин, 2012; Григорьев и др., 2013). По результатам обработки КВД гидропроводность пласта составляет 4174 Д*см/сПз, проницаемость – 2,7 Д, пьезопроводность – 106 100 см²/с. Сходимость результатов обработки данных установившихся отборов по 1 режиму и КВД удовлетворительная. Приёмистость скважины по данным закачки пластовой воды из амбара в скважину после 1 режима составила 574 (м³/сут)/кгс/см². По данным КВД, зарегистрированной после закачки воды в скважину, гидропроводность пласта составляет 6544 Д*см/сПз, проницаемость – 3,6 Д (3,6·10⁻¹² м²), пьезопроводность – 133 600 см²/с. Результаты закачки хорошо согласуются с результатами опытных откачек.

В качестве основной покрывки над бобринским пластом-коллектором рассматриваются отложения тульского горизонта. Отложения тульского возраста присутствуют во всех скважинах. Толщина отложений горизонта изменяется в пределах сводовой части структуры от 6,9 м (скв. №822) до 13,4 м (скв. №820). В депрессионной зоне изменения составляют 12 м (скв. №812) и 18,1 м (скв. №815) (Байдин и др., 2015; Алиев и др., 2015).

Отложения тульского возраста представлены двумя пачками – терригенной и глинисто-карбонатной. Карбонатная пачка толщиной 1-5 м залегает в кровле тульского горизонта. Она сложена преимущественно доломитами, реже известняками и их переходными разновидностями. Доломиты и известняки плотные, массивные, скрытокристаллические, участками сульфатизированные, с включениями ангидритов. Породы участками слабо кавернозные и трещиноватые, каверны и трещины «залечены» ангидритом. Нижняя пачка, непосредственно перекрывающая бобринские песчаники, представлена преимущественно глинами с подчиненными прослоями песчаников и известняка. Известняк присутствует в виде довольно выдержанного прослоя, толщиной до 1-1,5 м, залегающего в средней части тульских отложений. Из тульской карбонатной покрывки проанализировано 19

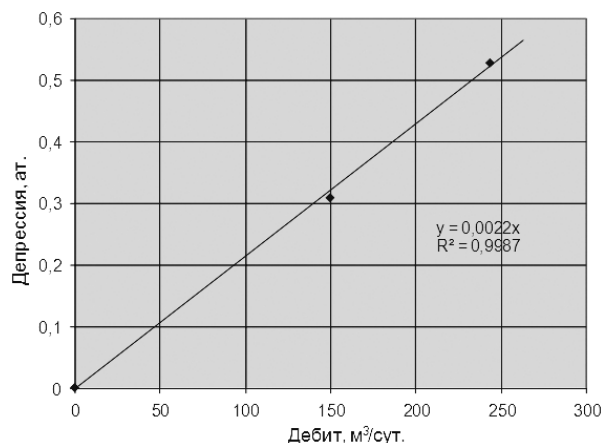


Рис. 1. Индикаторная диаграмма скважины № 812 (бобринский горизонт)

образцов, отобранных из керна скважин №№ 813, 814, 815, 821. Все они обладают экранирующими свойствами, то есть практически непроницаемы. Проницаемость составляет тысячные и десятые доли мД и лишь в одном образце – 4 мД. Рассматриваемая часть тульских отложений является региональным флюидоупором, экранирующим нефтяные залежи в тульских коллекторах на месторождениях Волго-Уральской провинции. Следует подчеркнуть, что на Карашурском ПХГ, рассматриваемый в качестве объекта-аналога, также создаваемом в тульском горизонте, единственной покрывшей является именно этот карбонатный пласт. Герметичность её здесь не вызывает сомнений.

Продолжением тульской карбонатной покрывки может рассматриваться пачка окских карбонатных отложений толщиной 7-13 м, выше которой залегает слабводоносный пласт. Литологически она представлена доломитами и доломитизированными известняками скрытокристаллическими, плотными, массивными, иногда сульфатизированными, участками органогенно-обломочными, перекристаллизованными, слабо кавернозными и трещиноватыми. Трещины и каверны полностью или частично залечены ангидритом или кальцитом. Из окской покрывки проанализировано 68 образцов, отобранных из керна скважин №№ 813, 814, 815, 821. Проницаемость составляет в основном сотые и десятые доли мД, и лишь в 3-х образцах – 3-12 мД.

В целом, окско-серпуховская толща толщиной порядка 180 м представляет собой мозаичное чередование слабопроницаемых и непроницаемых пород со значительным преобладанием последних. Емкость имеющихся пустот ничтожна, а вытеснение из них воды газом в условиях ПХГ в сколько-нибудь значимых объемах нереально. Таким образом, можно констатировать, что на Арбузовской площади природная герметичность изучаемой ловушки не вызывает сомнений и допускается экологически безопасное создание полигона захоронения промышленных стоков.

Возможным поглощительным горизонтом могут рассматриваться также проницаемые карбонатные пласты турнейского водоносного комплекса, которые используются для захоронения промстоков на Карашурском ПХГ (Гарайшин, Рубан, 2010; Байдин и др., 2015). На Арбузовском поднятии турнейский водоносный комплекс залегает на глубине от 1170 м в своде поднятия до 1400 м на погружениях. Водовмещающими породами являются трещиноватые и кавернозные выщелоченные известняки, залегающие среди плотных разностей пород. В скважинах Арбузовской площади вскрывалась верхняя часть турнея толщиной до 78 м. Гидродинамические исследования не проводились. Однако по данным керна и ГИС коллекторские свойства турнейских известняков чрезвычайно низкие. Всего из 5-ти скважин было отобрано 178 образцов керна, равномерно распределенных по разрезу вскрытых пород. Подавляющее большинство образцов (170 обр.) практически непроницаемы. Их проницаемость составляет доли мД, в единичных образцах до 5 мД. Лишь 8 образцов, отобранных из скважин №№ 813, 814, имеют проницаемость 10-240 мД. По данным ГИС водонасыщенность турнейских известняков так же близка к нулевой. Отдельные водонасыщенные прослои имеют толщину 1-2 м и проницаемость 0,1-0,5 мД.

По данным единичных скважин, пробуренных в пределах Южно-Татарского выступа, коллекторские свойства

турнейских известняков низкие (пористость 1,7-13,4 %, проницаемость 0-15 мД). Соответственно, невысокие и притоки. Его водоносность изучена слабо. Дебиты скважин на соседних площадях не превышали 1,3-4,3 м³/сут. при понижении уровня 600-1300 м. Воды представлены крепкими хлоридными натриевыми рассолами с минерализацией 230-240 г/л. Учитывая рифогенный генезис турнейских карбонатных отложений, в разрезе можно ожидать присутствие коллекторов с высокими ФЕС.

Для изучения приемистости турнейского водоносного комплекса на Арбузовской площади требуется бурение специальных скважин. Результаты бурения позволят решить вопрос о возможности использования турнейских отложений в качестве поглощительных горизонтов. Для этого на стадии эксплуатационного разбуривания в проекте запланировано бурение 2-х скважин со вскрытием и дальнейшим комплексным изучением турнейских отложений. По полученным результатам возможно принятие окончательного решения. На настоящий момент по изученности и по поглощающим способностям остается наиболее перспективным бобриковский пласт-коллектор. На рисунке 2 приведена структурная карта по кровле бобриковского пласта-коллектора с размещением проектных скважин. Полигон захоронения промстоков планируется в районе разведочной скважины №812 (принимается в качестве резервной) и проектной поглощительной скважины №50, скважина №51 проектная контрольная за полигоном захоронения промстоков.

На начальной стадии эксплуатации Арбузовского ПХГ прогнозируется водный фактор, равный 3,5 л/тыс. м³ газа. Величина водного фактора принята с прогнозными расчетами на трехмерной гидродинамической модели и с

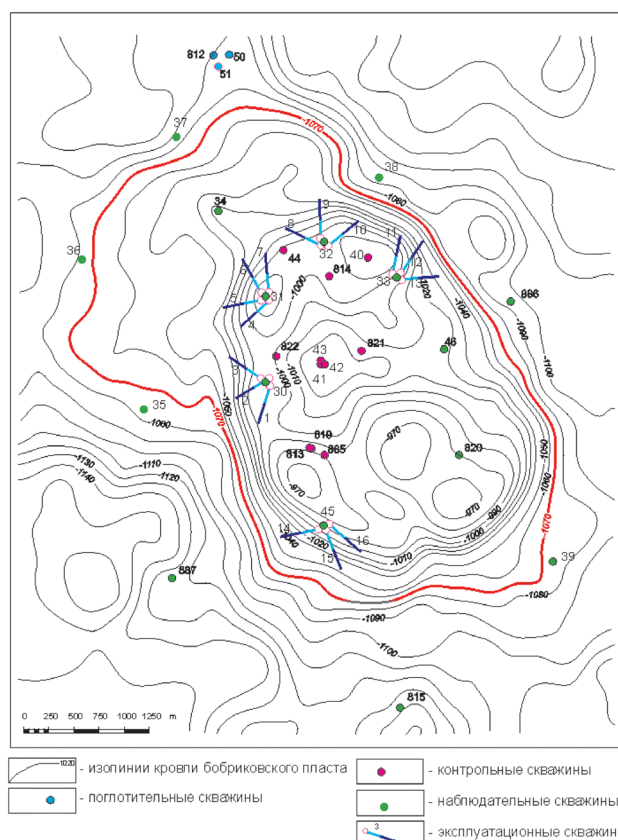


Рис. 2. Структурная карта. Рекомендуемая схема размещения скважин Арбузовского ПХГ

фактическим водным фактором на Карашурском ПХГ (бобриковский горизонт), эксплуатируемого в схожих геологических условиях в части характеристик пласта-коллектора.

Литература

- Алиев М.М., Байбурова М.М., Ульшина К.Ф., Кантюков Р.Р. Устойчивость подземных хранилищ газа, строящихся в слоистых породах. *Газовая промышленность*. 2015. № 729. С. 40-42.
- Байдин В.В., Кантюков Р.Р., Резник Б.А. Результаты разведочных работ в связи с созданием подземного хранилища газа на Арбузовской площади. *Газовая промышленность*. 2015. № 729. С. 31-35.
- Валеев Р.Н. Тектоника Вятско-Камского междуречья. М: Недра. 1968. 177 с.
- Гарайшин А.С., Рубан Г.Н. Основные критерии выбора пласта-аккумулятора для захоронения промышленных стоков Карашурского подземного хранилища газа. *Георесурсы*. 2010. № 4. С. 26-29.
- Гарайшин А.С., Григорьев А.С., Исаева Н.А., Кантюков Р.Р., Антипов М.А. Технология освоения бобриковского пласта-коллектора Арбузовского ПХГ. *Газовая промышленность*. 2012. № 684. С. 64-66.
- Гидрогеологические исследования для обоснования захоронения промышленных стоков. Под ред. В.А. Грабовникова. М: Недра. 1993.
- Гидрогеоэкологический контроль на полигонах закачки промышленных сточных вод. Под ред. В.П. Ильченко. М: ИРЦ Газпром. 2000.

Гидрогеоэкологический контроль на специализированных полигонах размещения жидких отходов производства в газовой отрасли. СТО Газпром. М. 2005.

Григорьев А.В., Гарайшин А.С., Кантюков Р.Р. Оценка производительности проектных эксплуатационных скважин с горизонтальным забоем на Арбузовском ПХГ. *Газовая промышленность*. 2013. № 693. С. 40-42.

Сведения об авторах

Альберт Саяхович Гарайшин – Начальник лаборатории исследования скважин ПХГ Центра подземного хранения газа, ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
Россия, 142717, Московская область, пос. Развилка, проезд 5537, 15-1. Тел: +7 (498) 657-4522

Рафаэль Рафкатович Кантюков – канд. тех. наук, Заместитель главного инженера по эксплуатации магистральных газопроводов, ООО «Газпром трансгаз Казань»
Россия, 420073, Казань, ул. Аделя Кутуя, 41
Тел: +7 (843) 272-83-82, e-mail: glavgeo@mail.ru

Статья поступила в редакцию 09.09.2016;

Принята к публикации 24.01.2017; Опубликовано 30.03.2017

Selecting Formation-Accumulator for Industrial Waste Disposal of Arbuzovsky Underground Gas Storage Facility

A.S. Garayshin, R.R. Kanyukov

¹Gazprom VNIIGAZ, Razvilka, Moscow region, Russia

²Gazprom Transgaz Kazan, Kazan, Russia

In domestic and foreign practice of constructing underground gas storage facilities, industrial sewage, as a rule, is pumped back into the reservoirs-gas storage facilities. Underground disposal of liquid waste is the most rational way to maintain and improve the ecological environment. When selecting the horizon for disposal of industrial waste, the authors considered the lower part of the sedimentary cover and, in the first place, the Bobrikovian horizon, as well as carbonates of the Turnaisian stage. In the sedimentary cover of the Middle-Upper Carboniferous complex studied by drilling, there are twelve major water-bearing horizons and complexes, separated by regional and local confining strata. Regional water confining bodies in this sedimentary stratum are gypsum-anhydrite layers of the Upper and Lower Permian and mature packs of mudstones, argillaceous limestones and dense dolomites in carboniferous sediments. According to the degree of hydrodynamic activity, zones of active (free), hampered and very difficult (stagnant) regimes are distinguished in the section of the sedimentary cover. There are aquifers of Quaternary and Upper Permian sediments in the zone of active water exchange. The lower boundary of the active water exchange zone passes along the roof of the gypsum-anhydrite stratum of the Kazanian stage of the Upper Permian. As an object for industrial waste disposal in the operation of underground gas storage, the Bobrikovian is the most promising reservoir. It has the best reservoir properties and is reliably isolated from overlying deposits. Due to high mineralization, waters of the Bobrikovian horizon of the Librovichian superhorizon of the lower Visean stage are unsuitable for domestic, potable, production, technical and balneological purposes.

Keywords: underground gas storage, formation-accumulator, industrial sewage

References

- Aliiev M.M., Baiburava M.M., Ul'shina K.F., Kanyukov R.R. Ustoi-chivost' podzemnykh khranilishch gaza, stroyashchikhsya v sloistykh porodakh [Stability of underground gas storage facilities under construction in layered rocks]. *Gazovaya promyshlennost' = Gas industry*. 2015. No. 729. Pp. 40-42. (In Russ.)
- Baidin V.V., Kanyukov R.R., Reznik B.A. Rezul'taty razvedochnykh ra-bot v svyazi s sozdaniem podzemnogo khranilishcha gaza na Arbuzovskoi

ploshchadi [The results of exploration work in connection with the creation of an underground gas storage on Arbuzovskaya Square]. *Gazovaya promyshlennost' = Gas industry*. 2015. No. 729. Pp. 31-35. (In Russ.)

Garayshin A.S., Grigor'ev A.S., Isaeva N.A., Kanyukov R.R., Antipov M.A. Development technology of the Bobrikovian reservoir at Arbuzovsky UGS. *Gazovaya promyshlennost' = Gas industry*. 2012. No. 684. Pp. 64-66. (In Russ.)

Garayshin A.S., Ruban G.N. The basic criteria of a choice of a layer-accumulator for a burial place of industrial drains Karashursky UGS. *Georesursy = Georesources*. No. 4(36). 2010. Pp. 26-29. (In Russ.)

Hydrogeocological control at the landfills of industrial wastewater injection. Ed. V.P. Il'chenko. Moscow: Gazprom. 2000. (In Russ.)

Hydrogeocological control at specialized landfills for liquid waste in gas industry. STO Gazprom. Moscow. 2005. (In Russ.)

Hydrogeological studies to justify the disposal of industrial wastewater. Ed. V.A. Grabovnikov. Moscow: Nedra. 1993. (In Russ.)

Grigor'ev A.V., Garayshin A.S., Kanyukov R.R. Estimation of productivity of design production wells with a horizontal face at Arbuzovsky UGS. *Gazovaya promyshlennost' = Gas industry*. 2013. No. 693. Pp. 40-42. (In Russ.)

Valeev R.N. Tektonika Vyatsko-Kamskogo mezhdurechya [Tectonics of Vyatsko-Kama interfluv]. Moscow: Nedra Publ. 1968. 177 p. (In Russ.)

For citation: Garayshin A.S., Kanyukov R.R. Selecting Formation-Accumulator for Industrial Waste Disposal of Arbuzovsky Underground Gas Storage Facility. *Georesursy = Georesources*. 2017. V. 19. No. 1. Pp. 82-86. DOI: <http://doi.org/10.18599/grs.19.1.13>

About the Authors

Albert G. Garayshin – Head of Wells Research Laboratory, Center for Underground Gas Storage, Gazprom VNIIGAZ
Russia, 142717, Moscow region, Razvilka Sttl., proezd 5537, 15-1. Phone: +7(498)657-4522

Rafael R. Kanyukov – PhD in Engineering Science, Deputy Chief Engineer for Operation of Main Gas Pipelines, Gazprom Transgaz Kazan

Russia, 420073, Kazan, ul. Adela Kutuya, 41
Phone: +7(843)272-83-82, e-mail: glavgeo@mail.ru

Manuscript received 9 September 2016;

Accepted 24 December 2016; Published 30 March 2017