

УДК 504.55.064.47

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ
СТОКОВ В НЕДРА ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА**

Л.К. Калитова

Изучены гидрогеологические структуры Западного Казахстана с целью районирования территорий по условиям захоронения промышленных стоков в недра. В пределах таких структур выделены коллекторы, в терригенные отложения которых можно закачивать промышленные стоки.

Западно-Казахстанский регион, включающий Атыраускую, Мангистаускую, Актюбинскую и Западно-Казахстанскую области, является важнейшим регионом в экономике страны, что связано, прежде всего, с интенсивной разработкой месторождений углеводородного сырья. Увеличение объемов добычи нефти и газа влечет за собой возникновение проблем охраны окружающей среды, в частности связанных с загрязнениями поверхностных и подземных вод, а также почвогрунтов промышленными сточными водами.

Решение проблемы утилизации промышленных стоков, для очистки которых пока не разработаны экономически выгодные или санитарно - и экологически надежные методы, возможно путем захоронения стоков посредством их закачки в глубокие водоносные горизонты (коллекторы). Осуществляется оно обычно с помощью строительства специальных полигонов захоронения, располагаемых по возможности вблизи от накопителей промышленных сточных вод.

Один из первых опытов создания полигона захоронения промышленных стоков в Казахстане имеется на Тенгизском месторождении нефти и газа в Атырауской области, где наряду с добычей нефти извлекается из недр определенное количество пластовой воды. В результате первичной переработки нефти выделяется значительное количество загрязненной воды, которая не может быть утилизирована и использована для других нужд. Начиная с 1980 года и по настоящее время эти промышленные стоки захороняются в глубокие водоносные горизонты.

Основные принципы выявления гидрогеологических структур, перспективных для захоронения промышленных стоков в глубокие водоносные горизонты. Опыт работы Тенгизского полигона, а также положительный, особенно с экологической точки зрения, мировой опыт закачки промышленных стоков в глубокие водоносные горизонты, позволил Комитету геологии и недропользования Республики Казахстан предложить к разработке тему: «Природные резервуары Казахстана – коллекторы и объекты мониторинга захоронения промышленных стоков в недра» [3]. В рамках реализации программы по этой тематике на кафедре гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева было осуществлено районирование территории Казахстана по условиям захоронения промышленных стоков в глубокие водоносные горизонты, где автор статьи принимала непосредственное участие в выполнении научно-исследовательских работ в качестве одного из исполнителей.

При районировании территорий по условиям захоронения промышленных стоков принимались во внимание определенные требования, как к водовмещающим породам горизонтов-коллекторов, так и к закачиваемой жидкости:

- горизонт, предусматриваемый для закачки промышленных стоков, не должен содержать пресные или слабосоленоватые воды, пригодные для питьевых целей, а также воды, используемые для бальнеологических или теплоэнергетических целей;

- пласт-коллектор в пределах исследуемой площади не должен содержать полезных ископаемых и эксплуатироваться;

- выше водоупора, перекрывающего пласт-коллектор, должен залегать буферный водоносный горизонт, содержащий подземные воды, непригодные для питьевых, бальнеологических или промышленных целей;

- водоносный горизонт-коллектор в радиусе 20...30 км от полигона не должен выходить на поверхность или быть связан с рекой;

- подземное захоронение сточных вод нельзя осуществлять в тектонически сложных и сейсмически активных районах;

- пласт-коллектор должен обладать достаточно высокой водопроницаемостью;

- водоносные горизонты-коллекторы, должны быть надежно изолированы от эксплуатируемых или пригодных для какой-либо эксплуатации водоносных горизонтов;

- водовмещающие породы водоносных горизонтов-коллекторов не должны быстро кольматироваться при эксплуатации нагнетательных скважин;
- закачиваемые сточные воды должны быть совместимы с породами и подземными водами поглощающего водоносного горизонта [4, 5].

При оценке гидрогеологических структур учитывалось, что в первую очередь возможность захоронения промышленных стоков зависит от региональных гидрогеологических условий, определяющихся тектоническим строением и характером водообмена подземных вод. Для этой оценки предварительно определена степень гидрогеологической закрытости водоносных систем различных бассейнов, что осуществлено с применением хорошо известной в практике нефтяной гидрогеологии формулы В.И. Гуревича.

Кроме того, учитывались также фильтрационные свойства водовмещающих пород – потенциальных коллекторов для захоронения промышленных стоков, а также величины возможной приемистости скважин для основных водоносных горизонтов, возможных коллекторов.

По литологическому составу все водовмещающие породы водоносных комплексов, которые могут служить коллекторами для захоронения промышленных стоков, разделены на песчано-алевролитовые, песчанниковые и карбонатные.

Водоупорные породы (особенно регионального распространения), как играющие важную роль в изоляции пласта-коллектора от выше- и нижележащих водоносных комплексов, разделены на два вида – первого и второго порядка. К водоупорам первого порядка отнесены комплексы, сложенные слабопроницаемыми породами – глинами, аргиллитами, глинистыми известняками. Водоупоры второго порядка отличаются от первых тем, что в их составе, наряду со слабопроницаемыми породами, участвуют и проницаемые, но в региональном плане комплекс является хорошим водоупором, хотя внутри него может осуществляться движение жидкости по пласту.

В соответствии с принятым гидрогеологическим районированием территории Казахстана (Айтуаров Т.К., Калитов Д.К., Касымбеков Д.А., 2005 г.) на территории Западного Казахстана выделены следующие гидрогеологические структуры I порядка: Прикаспийская и Мангистау-Устюртская системы артезианских бассейнов, глубокие горизонты которых возможно использовать как коллекторы для захоронения промышленных стоков.

Коллекторы Прикаспийской системы артезианских бассейнов. Здесь выделены 2 водоносных комплекса, пригодные для рассмотрения в качестве коллекторов для захоронения промышленных стоков (рис.).

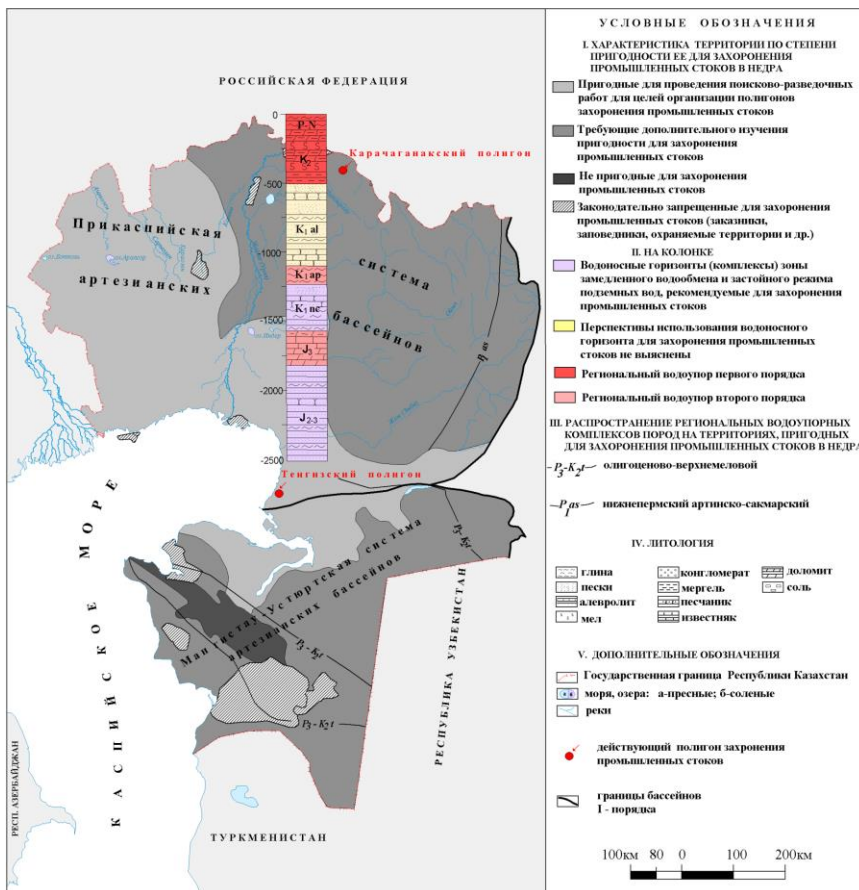


Рис. Схема районирования территории Западного Казахстана по степени пригодности использования ее для захоронения промышленных стоков в недра.

Коллектор нижнемеловых-сеноманских отложений. Анализ материалов, характеризующих гидрогеологические условия, геоструктурное положение пород комплекса, фильтрационные свойства и проницаемость водовмещающих пород, а также гидрогеодинамическую зональность позволили сделать следующий вывод. Водоносный комплекс нижнемеловых отложений может быть использован в качестве коллектора для захоронения промышленных стоков только в межкупольных пространствах в западной и центральной частях Прикаспийской впадины. В восточной и северо-восточной частях территории Прикаспийской впадины водоносный комплекс не может быть использован для захоронения промышленных стоков, так как здесь он залегает в зоне активного и частично замедленного водообмена. Подземные воды комплекса преимущественно пресные или слабо солоноватые. Они широко используются для питьевого водо-

снабжения и орошения земель. В этой части территории в альбеноманских отложениях для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения разведано 24 месторождения подземных вод и 3 месторождения подземных вод для орошения земель. На остальной же части исследованной территории, как уже было сказано ранее, водоносный комплекс может быть использован как коллектор для захоронения промышленных стоков.

Глубина залегания коллектора изменяется от 500 до 2000 м. Если глубины залегания коллектора свыше 2000 м, то мы считаем его использование для захоронения промышленных стоков, с экономической точки зрения, является не рентабельным. Эффективная мощность коллектора изменяется от 60 до 800 м, увеличиваясь к центру впадины. На незначительной по площади территории в центре впадины выделен участок перспективный для захоронения, но требующий дополнительного изучения.

На площадях распространения водоносного комплекса нижнемеловых отложений, рекомендованного для захоронения промышленных стоков, распространены соленые подземные воды до сильных рассолов с минерализацией от 20 до 250 г/дм³ хлоридного натриевого состава.

Коэффициент гидрогеологической закрытости для водоносного комплекса нижнемеловых отложений изменяется в широких пределах. На востоке и северо-востоке его величина не превышает 5...50, что характерно для открытых хорошо промываемых структур.

На площадях водоносного комплекса, рекомендованных для захоронения в промышленных стоков, коэффициенты гидрогеологической закрытости характеризуются величинами от 60...100 до 120...150, что характерно для закрытых, весьма закрытых и практических не промываемых структур. Водовмещающие породы комплекса характеризуются величинами открытой пористости от 15...25 % в песках и до 25...30 % в песчаниках. Средняя величина пористости составляет 24,4 %. Проницаемость пород изменяется от 300 до 5000 мД. Величина пластового давления составляет 1,8...8,9 МПа. Рассчитанная по широко применяемой формуле величина возможной приемистости скважин колеблется в пределах 300...1500 м³/сутки, что подтверждается фактическими величинами приемистости скважин на Тенгизском месторождении.

Коллектор юрских отложений. Изучение геологического разреза по скважинам, вскрывшим полную мощность юрских отложений, показывает, что в литологическом составе юрского комплекса, на большей части территории, преобладают пески, песчаники алевролиты с прослоями глин,

мергелей и только на территории, примыкающей к Каспийскому морю, в разрезе отложений преобладают карбонатные породы.

Проведенная оценка возможности захоронения промышленных стоков в юрский водоносный комплекс позволила довольно четко выделить следующие районы по условиям захоронения промышленных стоков. Северо-восточная и восточная части территории Прикаспийской впадины, совместно с прибортовыми частями, не пригодны для захоронения промышленных стоков. Здесь юрские отложения выходят на дневную поверхность или залегают на небольших глубинах, подземные воды преимущественно пресные или слабо солоноватые и приурочены к зоне интенсивного или замедленного водообмена. Возможно наличие связи подземных вод юрских отложений с выше залегающими водоносными горизонтами и комплексами.

Западная часть территории Прикаспийской впадины характеризуется значительной глубиной залегания кровли юрского водоносного комплекса, достигающей 2000 и более метров. В целом водоносный комплекс в этой части территории по своей закрытости, изолированности водоупорными породами от выше залегающих водоносных горизонтов, фильтрационными параметрами пригоден для захоронения промышленных стоков. Однако глубина залегания юрских пород, превышающая 2000 и более метров, позволяет отнести эту территорию как непригодную для захоронения промышленных стоков по экономической нецелесообразности.

Центральная и юго-восточная части впадины пригодны для захоронения промышленных стоков. Здесь юрские отложения залегают на глубинах 800...2000 м, эффективная мощность изменяется от 60 до 150 реже 200...250 м. Подземные воды характеризуются минерализацией 50...100 и более г/дм³, т.е. не имеют практической значимости.

Эффективная пористость песчано-алевритовой толщи составляет 5...15 %, проницаемость водовмещающих пород изменяется от 40...50 до 1000 мД, прогнозная приемистость скважин находится в пределах 150...300 м³/сутки. Эффективная пористость карбонатной толщи составляет 15...40 %, величина проницаемости изменяется от 50 до 3000 мД, прогнозная приемистость скважин достигает 300...1000 м³/сут.

Следует отметить слабую гидрогеологическую изученность юрского водоносного комплекса, особенно в западной и центральной частях впадины. Конкретный выбор полигонов для захоронения промышленных стоков возможен только после проведения специальных исследований. Есте-

ственно, что наиболее благоприятны для захоронения межкупольные пространства, где наименее слабо проявляется солянокупольная тектоника.

Коллекторы Мангистау-Устюртской системы артезианских бассейнов (рис.). В пределах данной гидрогеологической структуры выделены также 2 коллектора пригодные для захоронения промышленных стоков: это терригенные отложения альб-сеноманских и нерасчлененных юрских отложений.

Коллектор альб-сеноманских отложений. Альб-сеноманский водоносный комплекс развит почти на всей территории Мангистау-Устюртской системы артезианских бассейнов. Отложения этого комплекса, на большей части территории, залегают под водоупорными образованиями олигоценового комплекса на глубинах от 300 до 1600м. В Горном Мангистау и прилегающей к нему зоне альб-сеноманский водоносный комплекс не имеет перекрывающего водоупора. В центральной, восточной и западной частях территории в водосодержащих отложениях преобладают песчано-алевролитовые разности, характеризующиеся хорошими коллекторскими свойствами. Ухудшение коллекторских свойств наблюдается в юго-восточном направлении.

Водоносный комплекс содержит преимущественно высокоминерализованные воды ($12...194$ г/дм³) хлоридного натриевого состава. Уменьшение минерализации отмечается в районе, примыкающем к Горному Мангистау, который является областью питания комплекса. Подземные воды альб-сеноманского водоносного комплекса имеют большое хозяйственное значение. Разведанные и утвержденные запасы слабо минерализованных вод служат источником технического водоснабжения различных объектов и оазисного орошения. Среднеминерализованные воды используются для обводнения пастбищ. Высокоминерализованные воды и рассолы применяются для технического водоснабжения при разведке и разработке нефтяных месторождений.

В меловых отложениях широко распространены минеральные, термальные и промышленные воды, выявленные при проведении поисково-разведочных работ на нефть и газ. В частности, в районе г. Шевченко утверждены запасы минеральных вод хлоридного натриевого состава с сухим остатком $9,5...9,9$ г/дм³, содержанием брома до 20 мг/дм³, кремниевой кислоты – до 40 мг/дм³ и температурой 60 °С.

В качестве пласта-коллектора для захоронения промышленных стоков альб-сеноманские отложения могут служить на большей части ре-

гиона за исключением Горного Мангистау и прилегающих к нему районов, где отложения комплекса содержат воды невысокой минерализации, используемые в различных целях, и поэтому для захоронения промышленных стоков этот район (вся территория Центрально-Мангистауского бассейна) не рекомендуется. К неперспективной отнесена также вся западная часть Южно-Мангистауского бассейна, в пределах которой разведаны месторождения минеральных и термальных вод.

Коллектор нерасчлененных юрских отложений распространен повсеместно, но хорошо изучен он только в пределах Южно-Мангистауской впадины. На остальной территории комплекс залегает на большой глубине и изучен слабо. На большей части территории он является вторым от поверхности, пригодным для захоронения, и только в краевых частях является первым от поверхности (Южно-Мангистауская впадина, северная часть Северо-Устюртской впадины). Породы комплекса представлены толщей, сложенной в верхней части песчаниками, алевролитами, известняками с глинами, а в средней и нижней частях представлен чередующимися алевролитами, песчаниками и глинами. Водовмещающие породы характеризуются большой фациальной изменчивостью, в связи с чем, значительно меняются их фильтрационные свойства. Мощность комплекса также варьирует в широких пределах – от 270 до 1100..1200 и более метров. Максимальная мощность юрских отложений характерна для Южно-Мангистауской впадины, где кровля комплекса залегает на глубинах 500...2800 м. Уровни подземных вод устанавливаются на отметках 121...134 м.

Изученность территории весьма неравномерна. Наиболее исследована западная часть, где выполнен большой объем поисково-разведочных работ на нефть и газ. Восточный и юго-восточный районы изучены значительно слабее. По данным глубокого бурения общая пористость пород юрского водоносного комплекса изменяется от 16 до 35 %, а эффективная – 11...31 %. Проницаемость отложений варьирует в пределах от 0,01 до 1 мД. По классификации А.А. Ханина, породы, слагающие комплекс относятся ко II-IV классам коллекторов в основном со средней проницаемостью и емкостью и в общем благоприятным для захоронения промышленных стоков.

Приуроченные к водоносному комплексу подземные воды характеризуются минерализацией в основном свыше 100 г/дм³ и только в северо-западной части Южно-Мангистауской впадины минерализация среднеюрских вод составляет 21...34 г/дм³. Все воды характеризуются хлоридным натриевым составом. На отдельных участках встречены минеральные

и промышленные воды. Водоупорным ложем для юрского водоносного комплекса служат дислоцированные породы доюрского фундамента.

Наиболее перспективной для захоронения промышленных стоков является территория, пространственно совпадающая с площадью Центрально-Мангистауского бассейна, а также узкая полоса, обрамляющая бассейн с севера и северо-востока (в пределах Северо-Устюртского бассейна) и с юга (в пределах Южно-Мангистауского бассейна).

На большей части территории Мангистау-Устюртского региона (практически на всей площади Северо-Устюртского бассейна и на большей площади Южно-Мангистауского бассейна) юрские отложения вскрываются на глубине более 2000 м. Такие площади распространения меловых пород отнесены к не пригодным для захоронения промышленных стоков в связи с экономической нецелесообразностью (большая глубина залегания коллектора).

В целом, Мангистау-Устюртская система артезианских бассейнов благоприятна для захоронения промышленных стоков. В качестве коллекторов, перспективных для захоронения промышленных стоков, в разных районах могут быть рекомендованы альб-сеноманский и нерасчлененный юрский водоносные комплексы, имеющие примерно одинаковые коллекторские свойства. Сложное геолого-структурное строение и гидрогеологические условия района исследований требуют дальнейшего его изучения, в особенности емкостных и коллекторских свойств водовмещающих пород, а также качественного состава подземных вод.

В результате выполненного районирования территории Западного Казахстана по условиям захоронения промышленных стоков в недра выделены:

- гидрогеологические структуры, содержащие водоносные комплексы, пригодные для рассмотрения в качестве коллекторов для захоронения промышленных стоков в недра – Прикаспийская и Мангистау-Устюртская системы артезианских бассейнов;
- выделены коллекторы, пригодные для захоронения промышленных стоков в недра, приуроченные к *нижнемеловым-сеноманским и юрским отложениям* Прикаспийской, к *альб-сеноманским и нерасчлененным и юрским отложениям* Мангистау-Устюртской систем артезианских бассейнов.

Рассмотренные геоэкологические и гидрогеологические условия распространения коллекторов являются основой для проведения дальнейших более детальных исследований по изучению характеристик этих кол-

лекторов, что, в свою очередь, необходимо для обоснования специализированных геологоразведочных работ по созданию полигонов для захоронения промышленных стоков в недра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айтуаров Т.К., Калитов Д.К. и др. Отчет по объекту «Районирование территории Казахстана по условиям формирования подземных вод с учетом бассейнового регулирования водных ресурсов». Геологические фонды КГ и НП, № гос. рег. 1-04-014/МПВ-ЗА/11, Астана, 2005 г.
2. Калитов Д.К., Айтуаров Т.К., Касымбеков Д.А. Основные принципы гидрогеологического районирования территории Казахстана. Материалы международной научно-практической конференции «Вода: ресурсы, качество, мониторинг, использование и охрана вод», г. Алматы, 2007 г.
3. Калитов Д.К., Завалей В.А., Калитова Л.К. и др. Отчет по теме «Природные резервуары Казахстана – коллекторы и объекты мониторинга захоронения промышленных стоков в недра», Геологические фонды КГ и НП, №49708, Астана, 2007 г.
4. Калитов Д.К., Касымбеков Д.А., Завалей В.А., Калитова Л.К. Геолого-структурные и гидрогеологические условия захоронения промышленных стоков нефтегазовой отрасли в глубоко залегающие горизонты. Материалы научно-теоретической конференции «Минералы и минеральные ресурсы Казахстана», посвященной 80-летию акад. Есенова Ш.Е., г. Алматы, 2007 г.
5. Касымбеков Д.А., Калитов Д.К., Завалей В.А., Калитова Л.К. Гидрогеологические аспекты захоронения промышленных стоков в недра. Материалы международной научно-практической конференции «Вода: ресурсы, качество, мониторинг, использование и охрана вод», г. Алматы, 2007 г.

КазНТУ им. Сатпаева, г. Алматы

БАТЫС ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖЕР ҚОЙНАУЫНДА ӨНДІРІСТІК САРҚЫН СУЛАРДЫ САҚТАУҒА ЖАРАМДЫ КОЛЛЕКТОРЛАР ТАРАЛУЫНЫҢ ГЕОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРЫ

Л.К. Калитова

Өндірістік сарқын суларды жер қойнауында сақтау жағдайлары бойынша аудандау мақсатында Батыс Қазақстанның гидрогеологиялық құрылымдары зерттелген. Ол құрылымдардың бойында терригендік шөгінділеріне өндірістік сарқын суларды сақтауға болатын коллекторлар жіктелген.