

ГИДРОГЕОЛОГИЯ **(ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)**

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ЗАХОРОНЕНИЯ ЛИВНЕДРЕНАЖНЫХ СТОКОВ В ХАЗАРСКИЙ ВОДОНОСНЫЙ ГОРИЗОНТ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА АСТРАХАНИ

Курмангалиева Аида Робертовна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: kraida@yandex.ru

Отсутствие ливнёвой канализации и систематического дренажа на территории областного центра является актуальной проблемой для городского жилищно-коммунального хозяйства и строительной отрасли. Захоронение в один из водоносных горизонтов комплекса четвертичных отложений рассматривается в качестве удобного и экономически оправданного варианта утилизации ливнедренажных стоков. Подробно излагаются принципы и требования к водоносным горизонтам, благоприятным для захоронения промышленных и природных сточных вод. Анализируются гидрогеологические условия существующих водоносных горизонтов четвертичного комплекса с обоснованием наиболее перспективного для захоронения, количество необходимых к дальнейшему изучению перспективных участков, ограничений при оценке санитарной защищенности и гидрохимической совместимости.

Ключевые слова: ливнедренажный сток, застойный режим, приёмистость пласта, водопроницаемость, нагнетание, кольматация, санитарная безопасность

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF BURIAL RAIN AND DRAINAGE FLOW AQUIFERS WITHIN THE ASTRAKHAN CITY

Kurmangaliyeva Aida R., Ph. D. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: kraida@yandex.ru

Urgent problem for urban housing and communal services and the construction industry is the lack of stormwater and systematic drainage in the territory of the regional center is. Burial in one of the water-bearing horizons of the Quaternary deposits of the complex can be considered as a convenient and economically feasible disposal option livnedrenazhnyh drains. The article sets out in detail the principles and requirements for aquifers favorable for the disposal of industrial and natural wastewater. The hydrogeological conditions of the existing aquifers of the Quaternary complex are analyzed. The rationale for the most promising aquifer burial is given, the number of promising sites, the limitations in assessing sanitary protection and hydrochemical compatibility.

Keywords: rain and drainage flow, stagnant mode, formation acceleration, water conductivity, injection, colmatage, sanitary safety

Подземное захоронение сточных вод в глубокие водоносные горизонты является одним из методов утилизации отходов производства, имеющим достаточно много преимуществ перед традиционными, такими как организация различного рода хранилищ, прудов-испарителей, накопителей и т. п. Данный

способ практикуется в отношении промышленных токсичных стоков (промстоков), очистка которых требует огромных капитальных вложений. Захоронение промстоков подземной закачкой экологически безопаснее и имеет лучшие экономические показатели по сравнению с разработками систем безотходных технологий или глубокой очистки сточных вод. Предлагается рассмотреть вариант утилизации природных стоков (ливнедренажных) по аналогии с промстоками закачкой без очистки в подходящий водоносный горизонт.

Ливнёвые и дренажные сточные воды относятся к категории природных вод (поверхностных и подземных), которые в силу незначительного загрязнения по пути следования до естественных областей разгрузки приобретают статус жидких отходов. Дождевой сток пресный, со слабокислой реакцией среды, загрязнён взвесью, нефтепродуктами и органическим веществом. Дренажные сточные воды обладают большей токсичностью из-за солёности и загрязнены, как правило, тяжёлыми металлами. Области естественного стока или разгрузки поверхностных и подземных вод на территории г. Астрахани является рельеф, внутренние водотоки, канализационная сеть, подвалы домов.

Дожди, особенно ливни, в областном центре случаются нечасто, но в отсутствие организованного сбора поверхностного стока (ливнёвой канализации) улицы и тротуары через полчаса превращаются в грязные реки, затопляющие канализационные колодцы хозяйственной сети. Коммунальные службы ограничиваются локальной откачкой дождевого стока в центре города ассенизационными машинами. Общественности неизвестно, куда ливневые сточные воды вывозятся. Параллельно работают «чёрные сосуны» на машинах всё тех же коммунальных служб по заявкам уже населения, которые сбрасывают стоки куда угодно, только бы поближе: в канализационные колодцы, реки, заболоченные пустыри, на рельеф. Есть убеждение, что весь поверхностный ливневый сток принудительно отправляется в городские водотоки, как и много лет назад. Периодичность и количество дождевых осадков за последние годы по г. Астрахани приведены в таблице.

Таблица

Режимные данные осадках по МС «Астрахань» [14]

Период	Сумма осадков, мм	Максимальное значение, мм, месяц	Число дней с осадками более 1 мм
01.04–31.10.2010 г.	60,5	34 мм за 12 ч, апрель	23
01.04–31.10.2011 г.	98	25 мм за 12 ч, апрель, июнь	46
01.04–31.10.2012 г.	62,1	20 мм за 12 ч, сентябрь	15
01.04–31.10.2013 г.	58	16 мм за 12 ч, сентябрь	32
01.04–31.10.2014 г.	51	13 мм за 12 ч, сентябрь	10
01.04–31.10.2015 г.	38	13 мм за 12 ч, май	8
01.04–31.10.2016 г.	102	39 мм за 12 ч, июнь	13
01.04–31.10.2017 г.	61,5	16 мм за 12 ч, май	9
01.04–31.10.2018 г.	45	24 мм за 12 ч, октябрь	5
01.04–20.07.2019 г.	108	18 мм за 12 ч, май	19

Средняя величина максимального объёма дождя за последние 10 лет находится в интервале 22–26 мм. Объём стока (в л/с), поступающий в коллекторы ливневой канализации с благоустроенной части левобережной стороны

областного центра, определён методом предельных интенсивностей [10, п. 7.4.1] по формуле:

$$Q_r = Z_{mid} \cdot A^{1,2} \cdot F / t_r^{1,2n-0,1}, \quad (1)$$

где A , n – параметры, характеризующие, соответственно, интенсивность и продолжительность дождя для местности, 621,22 и 0,57 (определяется по [10, п. 7.4.2]); Z_{mid} – средний коэффициент стока (определяется в соответствии с [10, п. 7.4.7, табл. 13, 14]) как средневзвешенная величина в зависимости от значения Z_i для различных видов поверхностей водосбора, 0,20; F – расчётная площадь городского стока, 12947 га [3]; t_r – расчётная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания дождевых вод по поверхности и трубам до расчётного участка (определяется в соответствии с указаниями, приведёнными в [10, п. 7.4.5]), 15–18 мин.

Подставляя значения в формулу, получим $Q_r = 7,61$ л/с с 1 га площади.

С учётом максимальной интенсивности дождя 20–30 мин., закачке под-лежит объём сточных вод в $11,4 \text{ м}^3$ с 1 га территории.

Возможность захоронения сточных вод обычно зависит от региональных (наличия благоприятной тектонической структуры и водоносного горизонта, приуроченного к зоне застойного режима) и локальных условий (ёмкостных и фильтрационных свойств водоносного горизонта в пределах участка, предназначенного для захоронения) [4].

В геологическом отношении благоприятны структуры, выполненные осадочными отложениями со спокойными, без тектонических нарушений условиями залегания: территории платформ и краевых прогибов. В пределах платформенных областей наибольшее значение имеют крупные речные долины, тяготеющие к зонам крупных тектонических нарушений и являющиеся областями разгрузки вод глубоких водоносных горизонтов. Обычно водоносные горизонты, используемые для захоронения, залегают ниже эрозионных врезов речных долин.

В гидрогеологическом отношении благоприятны водоносные горизонты, в условиях застойного режима или замедленного водообмена, что характеризуется повышенной минерализацией подземных вод и малыми скоростями движения. Они не должны иметь хозяйственно-питьевого или бальнеологического значения. Глубина залегания поглощающего пласта коллектора определена для каждого гидрогеологического района страны отдельно; при этом, наряду с технической осуществимостью мероприятий по захоронению, должна соблюдаться санитарная безопасность недр.

Одним из условий, лимитирующих захоронение промышленных стоков, являются фильтрационные свойства горизонта-коллектора, определяющие приёмистость скважин. Показатели могут изменяться (чаще всего ухудшаться) из-за процессов смешения разных по качеству вод: выпадения осадка в призабойной зоне нагнетательных скважин, роста бактерий, образования газов, что приводит к кольматации пород коллектора и фильтровой колонны.

Захоронение осуществляется нагнетанием сточных вод в водоносный горизонт через скважины. Поглощение происходит за счёт упругого сжатия воды или искусственного снижения пластового давления. Основным показателем нормальной работы поглощающей скважины служить является стабильность её приёмистости и давления на устье.

При захоронении сточных вод должны быть созданы санитарно-защитные зоны вокруг нагнетательных скважин, определяющие величину и характер ограничений использования природных ресурсов и наблюдение за гидродинамическим и гидрогеохимическим режимом пласта-коллектора и смежных водоносных горизонтов.

Стоимость закачки 1 м³ промстоков на глубину более 1000 м в 1968 г. составляла 4,21 руб., что соответствует 722 руб. без НДС в текущих ценах.

В гидрогеологическом отношении территория областного центра приурочена к Каспийскому гидрогеологическому району Прикаспийского артезианского бассейна, в пределах которого выделяют два этажа, разделяемые мощной соленосной толщей кунгурского яруса или замещающими её глинами бешкульской свиты.

Для бассейна характерна удалённость областей питания, низкие скорости движения подземных и поверхностных вод с региональным уклоном в южном направлении, затруднённая разгрузка. В совокупности со слаборасчленённым рельефом и засушливым климатом, сформировались высокоминерализованные и рассольные воды.

Первым с поверхности водоносным горизонтом, имеющим повсеместное распространение, является голоценовый аллювиально-морской нерасчленённый в левобережной части города и хвалынский верхнечетвертичный (amIV–mIII_hv) в правобережной части. Водовмещающими отложениями служат пески, супеси, суглинки и их прослои в глинах. Мощность первой от поверхности водовмещающей толщи песков варьирует от 4 до 19 м. Местным водоупором являются верхнехазарские глины. В местах отсутствия глин (под русловыми водотоками глубокого эрозионного вреза) отмечается гидравлическая связь с подземными водами подстилающего горизонта (рис. 1).

Грунтовые воды залегают на глубине 0,3–4,2 м на абсолютных отметках минус 25,4 – минус 21,5 м; преобладающая глубина залегания уровня грунтовых вод составляет 0,5–2,5 м в зависимости от рельефа поверхности.

Воды имеют свободную поверхность, слабо пониженную в сторону речной долины Волги и её многочисленных рукавов, которая является местной дренажной.

Водопроницаемость первого от поверхности водонасыщенного слоя песков в зависимости от мощности достигает 53 м²/сут. Коэффициенты фильтрации песков варьируют от 0,5 до 20 м/сут. Питание водоносного горизонта – за счёт инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных водотоков, разгрузка – за счёт испарения, в плоские понижения рельефа и речные русла.

В верхней части разреза грунтовые воды отличаются исключительной пестротой минерализации и химического состава: от солоноватых (до 10 г/дм³) до солёных с плотным остатком 16,5–32,0 г/дм³. Нижняя часть разреза имеет более выдержанную минерализацию порядка 12–15 г/дм³ и хлоридный натриевый и натриево-магниевый состав. В русловом аллювии и старичных рукавах в составе появляются гидрокарбонаты и сульфаты кальция [15].

Годовые амплитуды колебания уровня грунтовых вод находятся в пределах 0,2–0,7 м, за исключением областей приречного режима. Ввиду незначительной водообильности и высокой минерализации, воды рассматриваемого водоносного горизонта не имеют хозяйственно-питьевого значения.

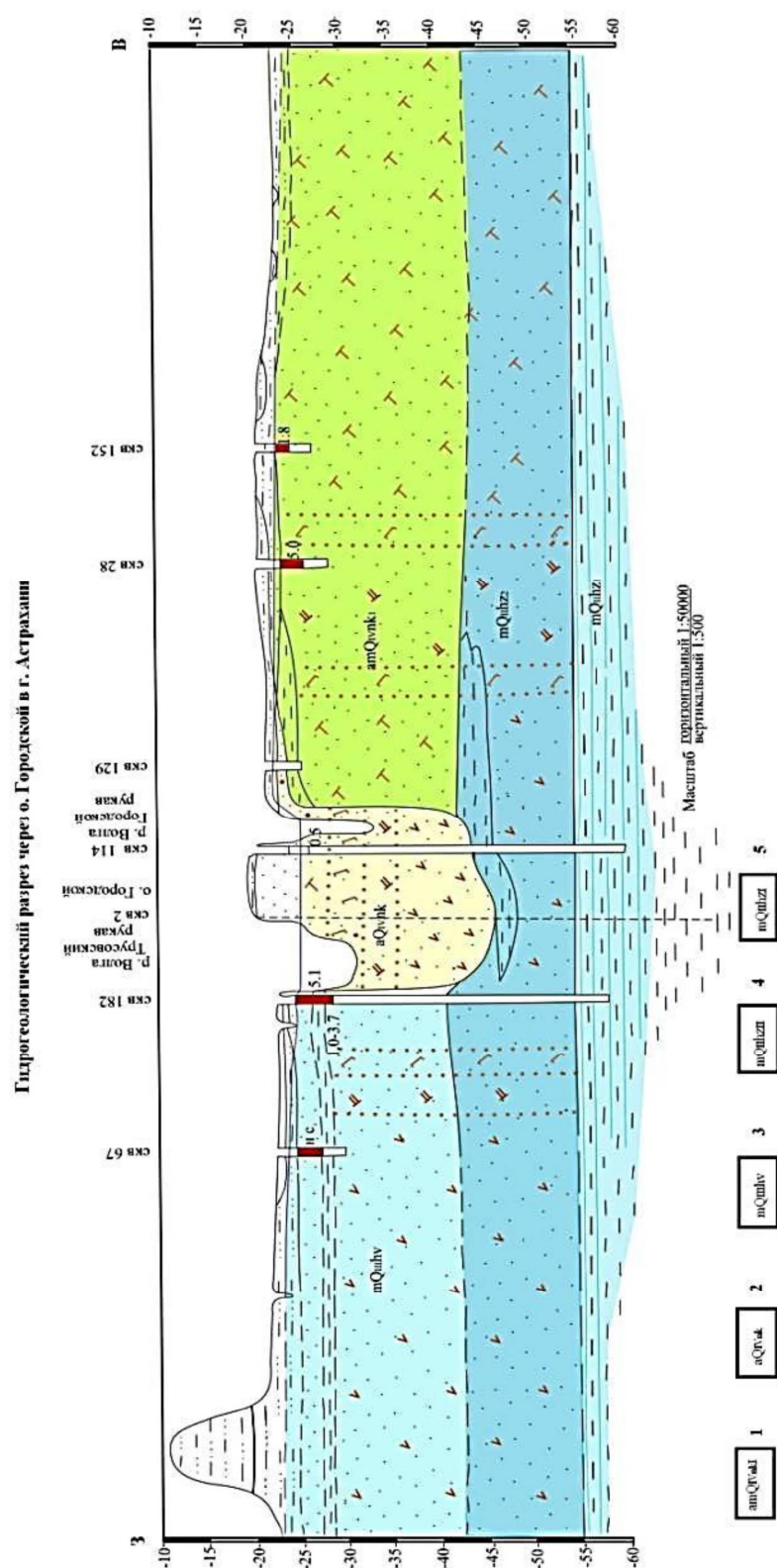


Рис. Разрез через о. Городской (Кривко, Лисицкая, 2007): 1 – водоносный голоценовый нижний новокаспийский аллювиально-морской горизонт, пески; 2 – водоносный голоценовый новокаспийский аллювиальный горизонт, пески; 3 – водоносный нижнехвалынский морской горизонт, пески, супеси, глины с прослоями песков; 4 – водоносный верхнехазарский морской горизонт, пески; 5 – водоупорный нижнехазарский морской горизонт, глины

Режимными наблюдениями, проводившимися на городской сети с 1991 до 2005 г., в грунтовых водах 76 скважин обнаружено повышенное содержание алюминия (1,8–8,7 ПДК), марганца (3–9 ПДК), хрома (1,3–60,0 ПДК), свинца (3–10 ПДК), молибдена (до 3 ПДК) [6].

Грунтовые воды регулярно подтапливают целые районы города и дренируются при строительстве и эксплуатации объектов городской застройки, перепланировки и прокладки коммуникаций. Отсутствие инженерных решений по защите городской территории от подтопления в виде систематического дренажа, наряду с ливневой канализацией является актуальной проблемой экологической устойчивости и развития городской среды.

Водоносный горизонт хазарских морских отложений ($mIII_{hz_2}$) имеет повсеместное развитие и залегает на абсолютных отметках минус 40,0 – минус 43,0 м под разделяющим слоем хвалыньских глин мощностью 5–6 м. Вмещающий подземные воды слой светло-серых тонко- и мелкозернистых кварцевых песков, залегающий среди серых слоистых слюдистых глин приурочен к верхней части отложений [12; 15]. Общая мощность верхнехазарских отложений достигает 20 м; мощность песчаных прослоев не выдержана по площади и варьирует от 4–6 до 12 м. Водоупорной подошвой служит мощная пачка нижнехазарских морских глин.

Водообильность горизонта различная: от 2,3 до 4,0 л/с, коэффициенты фильтрации также варьируют в значительных пределах: от 0,8 до 2,6 м/сут, увеличиваясь в восточном направлении. Водопроницаемость горизонта изменяется от 29,2 до 49 м²/сут.

Подземные воды напорные: абсолютные отметки пьезометрической поверхности изменяются в зависимости от глубины залегания кровли – от минус 21,4 до минус 14,7 м. Пьезопроводность – в интервале 2,5–5,4·10⁴ м²/сут.

Воды солёные, со средней минерализацией 18–31 г/дм³, в отдельных скважинах – 47,7–95,0 г/дм³, по химическому составу хлоридные магниевонатриевые и хлоридные натриевые, не имеют хозяйственного значения. Вместе с хвалынским морским горизонтом они образуют единый гидравлически связанный хвалыно-хазарский комплекс. Средняя величина перетекания В составляет, по данным расчётов, 150 м [15].

В полосе эрозионного вреза р. Волги хазарский водоносный горизонт гидравлически связан с современным аллювиальным через достаточно мощную границу II рода (15 м). Зона влияния водотока по данным моделирования прогнозных гидрогеологических условий на самый высокий паводок не превышает 200 м [7], поэтому выбор участков для захоронения должен производиться с учётом данного фактора.

Ёмкостные свойства водоносного горизонта определяются пористостью, мощностью, площадью распространения, упругими свойствами водовмещающих пород и заключённых в них вод.

Активная пористость различных по составу пород будет зависеть от формы, размера, густоты и взаимосвязи различных пор и пустот. Снижение коэффициента пористости чистых кварцевых песчаников зависит от возраста, глубины залегания и геотермических условий.

Изменение объёма упругих запасов напорного водоносного горизонта определяет полезную ёмкость пласта, которая может быть вычислена по формуле [8]:

$$\Delta V_{vp} = \beta * Fm \Delta P. \quad (2)$$

Как видно из формулы (2), определяющими параметрами являются мощность водоносного горизонта (m) и коэффициент его упругоёмкости (β^*). Последний существенно зависит от содержания в воде растворённого газа, минерализации и температуры. Коэффициент упругоёмкости пласта определяют по формуле:

$$\beta^* = n\beta_e + \beta_{пл} \quad (3)$$

где β_e – коэффициент объёмной упругости пластовых вод, $1/am$; $\beta_{пл}$ – коэффициент объёмной упругости водовмещающих пород, $1/am$.

Коэффициент упругоёмкости пласта характеризует объём жидкости, полученный с единицы объёма горной породы за счёт упругих свойств горной породы и воды при снижении напоров на 1 м. Его также можно определить через характеристики водовмещающих пород коллектора:

$$\beta^* = [\rho g / (1+\varepsilon)] \cdot [\varepsilon / (E_e + a_v)], \quad (4)$$

где ρ – плотность; ε – коэффициент пористости; E_e – модуль Юнга для воды (для чистой воды $E_e = 2 \cdot 10^7$ МПа); a_v – коэффициент сжимаемости горных пород; g – ускорение свободного падения [13].

В данном случае коэффициент упругоёмкости имеет размерность m^{-1} . Значения коэффициента упругоёмкости для хазарских песков изменяются в пределах $(0,5-2,6) \cdot 10^{-4} m^{-1}$.

В отличие от коэффициента упругоёмкости коэффициент упругой водоотдачи является величиной безразмерной и характеризует объём жидкости, с единицы площади водоносного горизонта при снижении напора на 1 м. Коэффициент упругой водоотдачи μ^* связан с коэффициентом упругоёмкости следующим соотношением:

$$\mu^* = \beta^* m, \quad (5)$$

где m – мощность водоносного горизонта [13].

Фильтрационные свойства водоносных горизонтов и избыточное давление являются основными факторами, ограничивающими закачку больших объёмов сточных вод, т. к. от них зависит приёмистость скважины и характер распространения закаченных сточных вод по пласту.

Приёмистость скважины определяется коэффициентом фильтрации (или проницаемости), коэффициентом пьезопроводности и мощностью водоносного горизонта, а также избыточным давлением, создаваемым при нагнетании. Она определяется следующим выражением [5; 8]:

$$Q = 4\pi km \Delta P / \ln(2,25at/r_c^2). \quad (6)$$

Изолированность водоносного горизонта-коллектора от выше- и ниже-лежащих водоносных горизонтов, которая зависит от фильтрационных свойств водоносного горизонта-коллектора, соотношения напоров водоносных горизонтов и фильтрационных свойств разделяющих слабопроницаемых отложений, имеет большое значение при решении вопроса о возможности захоронения, наряду с ёмкостными и фильтрационными свойствами водоносных горизонтов.

Водоносные горизонты, которые могут рассматриваться как возможные коллекторы для захоронения промстоков, входят в группу напорных.

В зоне застойного режима водоносные горизонты изолированы от влияния поверхностных факторов и содержат минерализованные воды, непригодные для использования.

М. А. Гатальским было введено понятие *коэффициента гидрогеологической закрытости* для платформенных областей, характеризующихся нормальной гидрохимической зональностью и заключающих в себе минерализованные воды и рассолы. Коэффициент закрытости структур представляет собой отношение величины минерализации воды опробуемого водоносного горизонта (мг/дм^3) к глубине его залегания или опробования (м). Для подземных вод с минерализацией свыше 20 г/дм^3 , циркулирующих в зоне затрудненного водообмена (морских средне- и верхнечетвертичных хазарских отложений), параметр варьирует от 50 до 100 [1].

Возможность удаления сточных вод лимитируется глубиной залегания горизонта-коллектора и фильтрационными свойствами, определяющими приёмистость скважины.

Миграция пластовых вод и закаченных в пласт промышленных стоков возможна путём диффузии и фильтрации через слабопроницаемые отложения.

Дисперсность глинистых частиц, определяющая размер пор и наличие связи между ними, обуславливается составом глинистых минералов.

Небольшая открытая пористость и низкая проницаемость присуща глинисто-карбонатным отложениям, содержащим глинистые минералы группы монтмориллонита и разбухающие гидрослюды. Более проницаемы пачки, содержащие каолинит и неразбухающие гидрослюды [2].

Физико-химические свойства глинистых пород определяют их поглотельную способность: механическую, физическую (адсорбция), физико-химическую (обменная адсорбция), химическую и биологическую. Наиболее полно изучена физико-химическая поглощательная способность. Проницаемость глинистой породы зависит от величины ёмкости поглощения и состава поглощающего комплекса. С увеличением ёмкости поглощения обменных катионов увеличивается количество прочносвязанной воды; она заполняет поры, затрудняет и даже исключает миграцию флюидов [12].

Совместимость промышленных сточных вод с водовмещающими породами и пластовыми водами, которая изучается обычно специализированными организациями, является, наряду с ёмкостными и фильтрационными свойствами водоносных горизонтов, одним из основных факторов, определяющих возможность захоронения. Это объясняется тем, что закачка сточных вод, имеющих отличные от пластовых вод химический состав и минерализацию, часто приводит к ухудшению проницаемости призабойной зоны нагнетательной скважины и снижению её приёмистости.

Основными минералами хвалыньских и хазарских глин являются монтмориллонит, гидрослюды и хлорит, в подчинённом количестве содержатся каолинит и кварц. Минеральный состав аллювиальных, морских и эоловых песков — кварцевый с подчинённым количеством полевых шпатов, обломков кремнистых пород, кислых эффузивов и глауконита [12].

Требования к водовмещающим породам водоносного горизонта-коллектора и к закачиваемой жидкости:

- горизонт не должен содержать пресные или слабосолоноватые воды, пригодные для питьевых целей, а также воды, используемые для бальнеологических или теплоэнергетических целей;
- водоносный горизонт-коллектор должен быть надёжно изолирован от эксплуатируемых или пригодных для какой-либо эксплуатации водоносных горизонтов;

- выше водоупора, перекрывающего пласт-коллектор, должно залегать не менее одного буферного водоносного горизонта, содержащего подземные воды, непригодные для питьевых, бальнеологических или промышленных целей;
- водоносный горизонт-коллектор не должен выходить на поверхность или быть связан с водотоками;
- пласт-коллектор должен обладать достаточной водопроницаемостью, обеспечивающей экономически эффективный сброс заданного количества промстоков;
- водовмещающие породы водоносного горизонта-коллектора не должны быстро коагулировать при эксплуатации нагнетательных скважин;
- закачиваемые сточные воды должны быть совместимы с породами и подземными водами поглощающего водоносного горизонта, для чего необходимо проведение специальных исследований [11].

Методика исследования включает формирование базы данных, определяющих приёмистость пласта, местоположение опытных нагнетательных скважин и границы распространения зоны смешения по санитарно-токсикологическим показателям: минерализации, нефтепродуктам, органическому веществу.

Площадь распространения сточных вод в пласте, в пределах которой должно проводиться исследование, определяется с использованием радиуса [8]:

$$R = \sqrt{\frac{\sum Q t}{\pi m \mu}}, \quad (7)$$

где R – радиус круга, в пределах которого производится разведка, м; $\sum Q$ – суммарная средняя приёмистость всех скважин участка закачки, м³/сут; μ – водоотдача пласта; m – мощность, м; t – расчётный период эксплуатации полигона, равный 10⁴ сут.

Для приближенных оценок приёмистости скважин могут быть рекомендованы простые зависимости, которые получены из соответствующих точных формул при соответствующих значениях параметров: $t_{\text{ср}} = 5 \cdot 10^3$ сут. (среднее время за период 10⁴), $\alpha_{\text{ср}} = 10^4 - 10^5$ м²/сут., $r_c = 0,1$ м, $l = 500$ м (расстояние контура полуограниченного пласта), $l_1 = l_2 = 500$ м (расстояние до границ пласта-полосы). Поглощающую скважину стараются удалить от границ пласта, поэтому для грубых прикидок приёмистость скважины может быть оценена по формуле:

$$Q = 0,5 k m S. \quad (8)$$

Помимо приёмистости скважины необходимо оценить давление, при котором производится закачка сточных вод или избыточный напор S . Он определяется по известным формулам гидродинамики для квазиустановившегося режима фильтрации в зависимости от граничных условий, количества поглощающих скважин [5; 8].

По экспериментальным данным параметров вертикального дренажа, приёмистость одной нагнетательной скважины, оборудованной на хазарский водоносный горизонт составит не менее 130 м³/сут. [15].

Моделирование не может заменить полевые исследования, но является важным инструментом, позволяющим достаточно надёжно проводить фильтрационные расчёты в сложных природных условиях. Применение моделирования на ранних стадиях исследования целесообразно потому, что оно

представляет довольно широкие возможности для варьирования этих условий и факторов в реальных пределах.

Для построения модели водоносного горизонта в общем случае необходимо знать геометрические размеры области фильтрации (участка закачки), расположение и форму границ, условия на границах, фильтрационные и ёмкостные свойства горизонта и закономерности их изменения в плане и разрезе, фильтрационные свойства пород кровли и подошвы, размещение и характеристику нагнетательных скважин, русловых отложений водотоков, тип режима, сведения о химическом составе подземных вод и закачиваемых стоков. Наиболее приемлемыми средствами являются модули ModFlow и ModPath в составе ПК GMS 10.2 [7].

Водоносный горизонт верхнечетвертичных верхнехазарских морских песков, несмотря на невысокую водообильность, по многим критериям удовлетворяет условиям перспективности закачки как пресных ливневых, так и солёных дренажных сточных вод. Глубина поглощающих скважин при этом не превысит 23–28 м. Удалённость нагнетательных площадок от крупных внутригородских водотоков составит не более 200 м. Более точные результаты можно получить, выполнив моделирование процесса опытной закачки на трёх-четырёх перспективных участках, используя существующие эмпирические данные геофильтрационной схемы районирования г. Астрахани и результаты химических анализов поверхностного и дренажного стока.

Список литературы

1. Гатальский, М. А. О значении динамики в формировании подземных вод Русской платформы / М. А. Гатальский // Труды Всероссийского нефтяного научно-исследовательского геологоразведочного института. Сер. Новый геологический сборник. – 1956. – Вып. 95, № 2. – С. 232–243.
2. Гуревич, В. И. О метаморфизации подземных вод в процессе катагенеза / В. И. Гуревич // Геология и геохимия. – 1960. – № 3. – С. 259–263.
3. Генеральный план г. Астрахани. Положения по территориальному планированию (в ред. Решений Городской думы муниципального образования «Город Астрахань» от 08.09.2011 N 140, от 30.05.2013 N 90, от 16.04.2015 N 35, от 07.06.2018 N 63).
4. Гидрогеологические исследования для захоронения промышленных сточных вод в глубокие водоносные горизонты / ред. колл.: Е. Г. Чаповский (гл. ред.) и др. – Москва, 1973. – 423 с.
5. Карцев, А. А. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений / А. А. Карцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1972. – 280 с.
6. Курмангалиева, А. Р. Геохимия токсичных металлов в водной системе Астрахани / А. Р. Курмангалиева, Н. С. Тажетдинова // ГеоРиск. – 2015. – № 1. – С. 45–51.
7. Курмангалиева, А. Р. Особенности проектирования зданий и сооружений на подтапливаемой территории г. Астрахани / А. Р. Курмангалиева, А. Е. Пустовалова // Научные достижения современной науки: новация, история, действительность, перспективы и практика реализации. – Санкт-Петербург : КультИнформПресс, 2017. – С. 8–10.
8. Плотников, Н. И. Поиски и разведка пресных подземных вод / Н. И. Плотников. – Москва : Недра, 1985. – 370 с.
9. Свод правил по проектированию и строительству. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 (с изменениями № 1, 2). СП 32.13330.2018. – Москва : Минрегион России, ФАУ «ФЦС», 2018. – 113 с.
10. СТО Газпром 18-2005. Гидрогеоэкологический контроль на специализированных полигонах размещения жидких отходов производства в газовой отрасли. – Москва : Газпром, 2005. – 71 с.
11. Филиппов Б. В. Типы природных резервуаров нефти и газа / Б. В. Филиппов. – Ленинград : Недра, 1967. – 124 с.

12. Четвертичные отложения, геоморфология и новейшая тектоника Среднего и Нижнего Поволжья. – Саратов : Саратовский ун-т, 1982. – Ч. 1. – 128 с.
13. Шварцев, С. Л. Общая гидрогеология / С. Л. Шварцев. – Москва : Недра, 1996. – 423 с.
14. Температура воздуха и осадки по месяцам и годам: Астрахань (Астраханская обл., Россия). – Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/34880.htm>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения: 26.07.2019).
15. Токарев, Н. Н. Отчет по гидрогеологическим исследованиям с целью обоснования возможности вертикального дренажа для осушения территории г. Астрахани / Н. Н. Токарев, А. Е. Лютницкий, И. К. Филоненко. – Астрахань : Астраханская ГРЭ, Нижневолжскгеология, 1982. – 168 л.

References

1. Gatal'skiy M. A. O znachenii dinamiki v formirovani podzemnykh vod Russkoy platformy [On the importance of dynamics in the formation of groundwater of the Russian Platform]. *Trudy Vserossiyskogo nefyanogo nauchno-issledovatel'skogo geologorazvedochnogo instituta. Seriya "Novyy geologicheskiy sbornik"* [Proceedings of the All-Russian Petroleum Research Geological Exploration Institute. Series "New geological collection"], 1956, iss. 95, no. 2, pp. 232–243.
2. Gurevich V. I. O metamorfizatsii podzemnykh vod v protsesse katageneza [On the metamorphization of groundwater during catagenesis]. *Geologiya i geokhimiya* [Geology and geochemistry], 1960, no. 3, pp. 259–263.
3. *Generalnyy plan g. Astrakhani. Polozheniya po territorialnomu planirovaniyu (v redaktsii Resheniy Gorodskoy dумы munitsipalnogo obrazovaniya "Gorod Astrakhan" ot 08.09.2011 N 140, ot 30.05.2013 N 90, ot 16.04.2015 N 35, ot 07.06.2018 N 63)* [The general plan of the city of Astrakhan. Provisions on territorial planning (as amended by the Decisions of the City Council of the municipal entity "Astrakhan City" dated 09.09.2011 N 140, 05.30.2013 N 90, 04.16.2015 N 35, 06.06.2018 N 63)].
4. *Gidrogeologicheskie issledovaniya dlya zakhoroneniya promyshlennykh stochnykh vod v glubokie vodonosnye gorizonty* [Hydrogeological studies for the disposal of industrial wastewater in deep aquifers]. Ed. by Ye. G. Chapovskiy. Moscow, 1973, 423 p.
5. Kartsev A. A. *Gidrogeologiya nefyanykh i gazovykh mestorozhdeniy* [Hydrogeology of oil and gas fields]. Moscow, Nedra Publ., 1972, ed. 2nd., 280 p.
6. Kurmangalieva A. R., Tazhetdinova N. S. Geokhimiya toksichnykh metallov v vodnoy sisteme Astrakhani [Geochemistry of toxic metals in the water system of Astrakhan]. *GeoRisk*, 2015, no. 1, pp. 45–51.
7. Kurmangalieva A. R., Pustovalova A. Ye. Osobennosti proektirovaniya zdaniy i sooruzheniy na podtaplivaemoy territorii g. Astrakhani [Features of the design of buildings and structures on the flooded territory of the city of Astrakhan]. *Nauchnye dostizheniya sovremennoy nauki: novatsiya, istoriya, deystvitelnost, perspektivy i praktika realizatsii* [Scientific achievements of modern science: novation, history, reality, prospects and implementation practice]. St. Petersburg, KultInformPress Publ., 2017, pp. 8–10.
8. Plotnikov N. I. *Poiski i razvedka presnykh podzemnykh vod* [Searches and exploration of fresh groundwater]. Moscow, Nedra Publ., 1985, 370 p.
9. *Svod pravil po proektirovaniyu i stroitelstvu. Kanalizatsiya. Naruzhnye seti i sooruzheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.04.03-85 (s izmeneniyami № 1, 2). SP 32.13330.2018* [The code of rules for design and construction. Sewerage. External networks and facilities. Updated version of SNIp 2.04.03-85 (as amended by No. 1, 2). SP 32.13330.2018]. Moscow, Minregion Rossii Publ., FAU "FTsS" Publ., 2018, 113 p.
10. *STO Gazprom 18-2005. Gidrogeoeologicheskiy kontrol na spetsializirovannykh poligonakh razmeshcheniya zhidkikh otkhodov proizvodstva v gazovoy otrasli* [STO Gazprom 18-2005. Hydrogeoeological control at specialized landfills for the disposal of liquid industrial waste in the gas industry]. Moscow, Gazprom Publ., 2005, 71 p.
11. Filippov B. V. *Tipy prirodnykh rezervuarov nefi i gaza* [Types of natural reservoirs of oil and gas]. Leningrad, Nedra Publ., 1967, 124 p.

12. *Chetvertichnye otlozheniya, geomorfologiya i noveyshaya tektonika Srednego i Nizhnego Povolzhya* [Quaternary sediments, geomorphology and the latest tectonics of the Middle and Lower Volga]. Saratov, Saratov State University Publ., 1982, part. 1, 128 p.
13. Shvartsev S. L. *Obshchaya gidrogeologiya* [General hydrogeology]. Moscow, Nedra Publ., 1996, 423 p.
14. *Temperatura vozdukha i osadki po mesyatsam i godam: Astrakhan (Astrakhanskaya obl., Rossiya)* [Air temperature and precipitation by months and years: Astrakhan (Astrakhan region, Russia)]. Available at: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/34880.htm> (Accessed: 26.07.2019).
15. Tokarev N. N., Lyutnitskiy A. Ye., Filonenko I. K. *Otchet po gidrogeologicheskim issledovaniyam s tseyu obosnovaniya vozmozhnosti vertikalnogo drenazha dlya osusheniya territorii g. Astrakhani* [Report on hydrogeological studies to justify the possibility of vertical drainage to drain the territory of the city of Astrakhan]. Astrakhan, Astrakhanskaya GRE Publ., Nizhnevolzhskgeologiya Publ., 1982, 168 sheets.

DOI 10.21672/2077-6322-2019-74-3-037-046

О НЕКОТОРЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ ОХОТОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ

Кунгурова Валентина Егоровна, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, Российская Федерация, 683002, г. Петропавловск-Камчатский, Северо-Восточное шоссе, 30, e-mail: kunwe@yandex.ru

Газзаева Елена Михайловна, ведущий инженер, аспирант, Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, Российская Федерация, 683002, г. Петропавловск-Камчатский, Северо-Восточное шоссе, 30, e-mail: kunwe@yandex.ru

Высокий гидродинамический фон волнового поля Охотского моря оказывает активное воздействие на элементы рельефа прибрежной полосы. Западное побережье Камчатки характеризуется благоприятными гидродинамическими условиями для проявления россыпеобразующих процессов в случае размыва и переотложения образований, содержащих ценные компоненты. Действует природная лаборатория, осуществляющая их концентрацию. Гидродинамические, геоморфологические, литологические особенности, оказывающие влияние на формирование россыпей, рассмотрены на примере отдельного участка прибрежной полосы пляжа от мыса Левашова на юге (р. Быстрая) до р. Утки на севере.

Ключевые слова: низменная приморская равнина, пляжи неполного и полного профиля, абразионные и аккумулятивные берега, гидродинамический режим, россыпеобразование

ABOUT SOME HYDRODYNAMIC FEATURES OF THE OKHOTSK COAST OF KAMCHATKA

Kungurova Valentina Ye., Ph. D. in Geology and Mineralogy, Leading Researcher, Research Geotechnological Center Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, 30 Severo-Vostochnoye highway, Russian Federation, 683002, e-mail: kunwe@yandex.ru

Gazzaeva Elena M., Leading Engineer, postgraduate student, Research Geotechnological Center Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, 30 Severo-Vostochnoye highway, Russian Federation, 683002, E-mail: kunwe@yandex.ru