



УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ БУРЕНИЯ СКВАЖИН НА ВОДУ В ПРЕДЕЛАХ ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАСЕЙНА

А.Т. Скиданов¹

Г.Н. Бубнова¹

И.К. Богуцкий²

Н.В. Соболева¹

¹ Белгородский
государственный
университет,
Россия, 308007, г. Белгород,
ул. Победы, 85

² ООО «Гидротехнология»,
Россия, 308023, г. Белгород,
5-й заводской переулок, 7а

E-mail:
gidrotechbel2006@yandex.ru

Приведена краткая характеристика гидрогеологических условий водоснабжения региона. Обосновывается вывод о недопустимости отождествления распространения мело-мергельной толщи и приуроченных к ней водоносных горизонтов. Изложен анализ опыта применения в регионе основных способов бурения и конструкций скважин на воду. Обращается внимание на значительную роль технологической кольматации прифилтровых зон в не достижении проектной производительности скважин и необходимость прогноза последствий эксплуатации глубоких водоносных горизонтов.

Ключевые слова: гидрогеологические условия водоснабжения, водоносный горизонт, способы бурения, конструкции скважин, технологическая кольматация.

В административном отношении территория региона включает Белгородскую область, часть Курской и Воронежской областей и соседних областей Украины. Подземные воды региона приурочены к водоносным горизонтам в аллювиальных песках, верхней трещиноватой зоне мело-мергельной толщи до глубины от поверхности 70–90 м, пескам альб-сеномана, прослоям песков юрской толщи, известнякам, песчаникам и пескам девона и карбона и трещиноватым породам коры выветривания и разрывных тектонических нарушений в кристаллическом фундаменте.

Аллювиальные водоносные горизонты в четвертичных песках распространены в поймах рек, днищах балок, а также в пределах надпойменных террас рек.

Коэффициент фильтрации песков преимущественно до 4.0 м/сут. Питание горизонта за счет атмосферных осадков, инфильтрации и подпитки из нижележащих горизонтов. Воды горизонта используются местным населением для децентрализованного водоснабжения посредством колодцев.

Харьковско-полтавский водоносный горизонт в песках распространен на водоразделах. В кровле горизонта залегают покровные суглинки, в подошве – водоупорная толща глиен киевской свиты. Коэффициент фильтрации песков 2–5 м/сут, их обводненная мощность в основном не превышает 8 м.

Подземные воды мело-мергельной толщи при повсеместном распространении мела и мергеля приурочены к ее верхней трещиноватой зоне до глубины от поверхности 70 – 90 м. При более глубоком залегании вследствие смыкания трещин и затрудненных условий питания породы мело-мергельной толщи практически безводные. На участках пойм и террас горизонт характеризуется максимальной водообильностью, коэффициент фильтрации мела и мергеля составляет здесь от 1–5 до 20–25 м/сут. Таким образом, при повсеместном распространении мело-мергельной толщи приуроченный к ней водоносный горизонт занимает довольно незначительную часть территории в виде в основном не связанных между собой так называемых пластов-полос, повторяющих контуры рек и крупных корытообразных балок по отметкам поверхности, определяемых из условия глубины от поверхности относительного водоупора 70–90 м.

Питание горизонта из вышележащих горизонтов – аллювиального в поймах и на террасах и харьковско-полтавского на высоких склонах водоразделов, а также за счет перетекания из альб-сеноманского водоносного горизонта при не достаточной водоупорности разделяющих глинистых слоев.

Разгрузка водоносного горизонта осуществляется – в низовьях долин рек и балок путем перетекания в замещающие аллювиальные отложения и альб-сеноманские пески. Воды горизонта обычно гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией



0.4–0.9 г/л, по качеству отвечают нормативным требованиям к питьевой за исключением, в отдельных случаях, повышенного содержания железа.

Альб-сеноманский водоносный горизонт развит в регионе повсеместно. Водовмещающие породы – пески в основном средние мощностью 25–40 м.

Глубина залегания на севере региона от 5–10 м в поймах рек и 100–110 м на водоразделах, на юге от 440 м в поймах до 550–570 м на водоразделах. Коэффициент фильтрации песков в основном от 5–15 м/сут.

Питание водоносного горизонта – за счет атмосферных осадков на участках выхода песков на дневную поверхность в северной части региона, а также за счет перетекания из вышележащих водоносных горизонтов. Разгрузка в речную сеть непосредственно на участках полного размыва меловой толщи, или через трещиноватую зону меловой толщи.

По химическому составу воды пресные гидрокарбонатно-кальциевые, реже натриевые с сухим остатком 0.4–0.9 г/л.

Водоносные горизонты мело-мергельной толщи и альб-сеноманский являются основными источниками централизованного питьевого водоснабжения региона.

Водоносные горизонты в породах юрской толщи не имеют повсеместного распространения и приурочены к слоям песков келловей и бата. Глубина залегания от 40–60 м на севере до 550–680 м на юге региона. Горизонты напорные с напорами над кровлей от 20–30 м до 450–550 м. Коэффициент фильтрации песков от 2.2 до 20.0 м/сут. Область непосредственного питания водоносного горизонта расположена за пределами данного региона. Значительная часть питания, по-видимому, обеспечивается за счет перетока из смежных горизонтов.

По химическому составу преобладают воды на севере гидрокарбонатные кальциевые, на юге гидрокарбонатные натриевые с минерализацией 0.4–0.8 г/л. Воды бат-келловейского водоносного горизонта в целях водоснабжения практически не используются ввиду ограниченности ресурсов на фоне наличия других более доступных источников.

Девонский и каменноугольный водоносные комплексы приурочены к пескам, песчаникам и известнякам. Эксплуатируются отдельными водозаборными скважинами на севере и востоке региона, где глубины водоносных интервалов составляют от 70–120 м до 200–250 м, а достаточно водообильные участки горизонта в мело-мергельных породах расположены на значительном удалении. Напоры над кровлей от 20 до 160 м. По химическому составу воды сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые и натриевые с минерализацией 0.4–1.2 г/л.

Архей-протерозойский водоносный комплекс приурочен к зоне выветривания кристаллических пород фундамента и тектоническим нарушениям. В целях водоснабжения комплекс не используется.

Наиболее важный принципиальный вывод, полученный нами на основе анализа условий формирования подземных вод исследуемой территории, который необходимо учитывать в оценке условий водоснабжения региона из подземных источников, заключается в том, что подземные воды мело-мергельной толщи не могут рассматриваться как единый региональный водоносный горизонт, как это принято до настоящего времени. Практически получается, что нельзя отождествлять повсеместное распространение в регионе мело-мергельной толщи и распространение соответствующего водоносного горизонта. Это связано с тем, что на основной части территории распространения мело-мергельных пород, относящейся к водоразделам, эти породы практически безводные. Фактически единственным региональным горизонтом является альб-сеноманский.

Основными источниками питьевого водоснабжения рассматриваемого региона являются водоносные горизонты мело-мергельной толщи и альб-сеноманский, что обусловлено их доступностью по глубине, приемлемыми расстояниями от участков, пригодных для размещения водозаборов, до потребителей, обеспеченностью ресурсами и наибольшим соответствием качества воды нормативным требованиям.

Для сооружения водозаборных скважин в рассматриваемых условиях применяется в основном два способа бурения вращательно-роторный с прямой промывкой и ударно-канатный. Способы бурения с обратной промывкой и продувкой воздухом не



нашли применения. Основные фактические показатели применяемых на территории региона способов бурения скважин на воду приведены в таблице.

Вращательно-роторный способ бурения. Имеет наибольшее применение. Он применяется для сооружения водозаборных скважин на все используемые в регионе водоносные горизонты: в мело-мергельной толще, альб-сеноманских песках, известняках, песчаниках и песках карбона и девона.

Характерные глубины этих скважин от 30–40 м до 300–320 м, реже до 450–550 м. Диаметры обсадных колонн 168–273 мм, реже 324 мм.

Фильтры скважин на альб-сеноманский горизонт по типу установки на рабочей колонне и потайные, по конструкции трубчатые, сетчатые и проволочные, преимущественно, без гравийной обсыпки. Перфорация круглая и продольно-щелевая. Установка фильтров с гравийной обсыпкой при роторном бурении освоена только предприятиями системы бывшего треста «Союзшахтоосушение».

В основном фильтры изготавливаются в мастерских предприятий подрядчиков. Ранее использовалось около 20% фильтров заводского изготовления, в том числе Драгобычского завода и Тульского опытного производства треста «Союзшахтоосушение».

При бурении на водоносные горизонты в мело-мергельной толще применяются трубчатые фильтры с круглой и продольно-щелевой перфорацией без покрытия. Значительная часть скважин на мело-мергельные горизонты оставляется без крепления нижних интервалов, что возможно при высоких уровнях подземных вод, достаточной устойчивости пород и достаточной водообильности.

Отдельную группу составляют безфильтровые скважины, применяемые ограниченно на альб-сеноманский водоносный горизонт и реже песчаные интервалы каменноугольного комплекса. Их применение в регионе чаще рассматривается как вынужденное решение при вскрытии мелких песков с прослоями глинистых.

Эти скважины не имеют широкого применения в связи со сложностями в формировании водоприемных камер или воронок и обеспечения их устойчивого состояния.

По нашим выводам, недостатком в практическом исполнении безфильтровых скважин является также отсутствие изоляции залегающих в кровле альб-сеноманского горизонта интервалов обводненного мела турона, характеризующихся высоким содержанием в воде солей жесткости – до 20–25 мг-экв/дм³. Вследствие этого такие скважины каптируют 2 водоносных горизонта, а исходная вода имеет жесткость 10–14 мг-экв/дм³ вместо характерной для альб-сеноманского горизонта 5,5–7,0 мг-экв/дм³.

Одной из проблем в бурении вращательно-роторным способом скважин как на водоносные горизонты в песчаных коллекторах альб-сеноманского горизонта и каменноугольного комплекса, так и водоносные горизонты в порово-трещинных коллекторах мело-мергельной толщи и известняках и песчаниках карбона и девона является технологическая кольматация прифильтровых зон глинистым раствором и буровым шламом.

В качестве промывочных жидкостей применяются глинистые растворы на основе бентонитового порошка и глинистые растворы на основе местных разновидностей глин гидрослюдисто-монтмориллонитового состава киевской и предположительно полтавской свит.

По опыту бурения при использовании всех названных промывочных жидкостей кольматация с различной интенсивностью и последствиями происходит всегда.

В наибольшей мере кольматация проявляется при бурении скважин на мело-мергельные водоносные горизонты с применением промывки водой. Причем особенно резкое снижение производительности скважин вследствие технологической кольматации происходит с увеличением глубины статических уровней более 30–40 м.

Наряду с известными процессами технологической кольматации [1, 2] за счет проникновения глинистого раствора в поры песка на глубину 3–5 мм и трещины мело-мергельного коллектора и налипания на стенки скважины с последующим образованием корки толщиной 3–5 мм с вертикальным тонкослойным напластованием, в определенных условиях часто происходит еще один негативный процесс. Это неуправляемый, самопроизвольный разрыв пласта с заполнением трещин шламом и глинистым раствором.



Таблица
Основные фактические показатели бурения и восстановления производительности водозаборных скважин

№ п.п.	Способ бурения и восстановления / водозаборный горизонт	Показатели скважин: Глубина, м Дебит, м ³ /ч	Преимущества способа	Недостатки способа	Рекомендации
	2	3	4	5	6
1	Вращательно-роторный с прямой промывкой / мело-мергельный	50–130 4–65	1. Малая металлоёмкость 2. Высокая скорость бурения 3. Приемлемая стоимость	1. Глинизация и зашламовывание водонесных интервалов, особенно при глубине статических уровней больше 30–40 м 2. Проникновение тампонажного раствора в трещины наиболее водообильных верхних интервалов при производстве затрубной цементации обсадных колонн или при недостаточной цементации обсадных колонн вынос песка из налегающих горизонтов 3. Сложности производства работ при температурах ниже 10–15°C	1. Правильный подбор промывочной жидкости, применение реагентов 2. Исключение неоправданного увеличения глубины скважин 3. Исключение перерывов между вскрытием и работами по разглинизации 4. Применение реагентной обработки для разглинизации 5. Правильный подбор параметров эрлифта, не допущение применения «прямого» эрлифта.
2	Ударно-канатный / мело-мергельный	Практически не применяется			Рекомендуется применять при глубине пьезометрического уровня больше 30–40 м.
3	Вращательно-роторный с прямой промывкой / альб-сеноманский, каменноугольный и девонский	50–520 4–40	1. Малая металлоёмкость 2. Высокая скорость бурения 3. Приемлемая стоимость	1. Глинизация пласта, в том числе за счет его самопронизвольного гидро-разрыва 2. Проникновение тампонажного раствора в пласт при производстве работ по затрубной цементации обсадных колонн или при недостаточной цементации каптирование нижних интервалов мело-мергельной толщи с высокой жесткостью воды 3. Сложности производства работ при температуре воздуха ниже 10–15°C	1. Правильный подбор промывочной жидкости, применение реагентов. 2. Исключение перерывов между вскрытием и работами по разглинизации 3. Проведение пионерного бурения колонковым способом в интервале начиная за 10–15 м до кровли водонесного горизонта и до его подошвы 4. Применение расширителей для разглинизации стенок скважины и формирование фильтров уширенного контура с гравийной обсыпкой



Окончание табл.

4	Ударно-канатный / альб-сеноманский		1. Высокое качество вскрытия водоносных интервалов и создание гравийных фильтров 2. Возможность достоверной документации геологического разреза 3. Нет необходимости в применении промывки	4. Быстрая кольматация фильтров скважин при эксплуатации вследствие недостаточной разглинизации в ходе строительства	5. Правильный подбор конструкций фильтров в соответствии со свойствами песков, с учетом агрессивности воды и склонности скважин к кольматации в ходе их работы 7. Выполнение каротажных исследований
5	Шнековый / мелко-мергельный	35–35 25–65	1. Большая металлоемкость и энергоемкость 2. Низкая скорость проходки 3. Как следствие п. 1 и 2 самая высокая стоимость 4. Ограниченные возможности вскрытия песчаных коллекторов при больших напорах над кровлей 5. Ограниченность бурения по глубине до 150–200 м 6. Сложность в исполнении качественного выполнения работ по району зонтично эксплуатируемого горизонта с налегающими горизонтами в трещиноватых породах	1. Основания при проходке плавучих, сухих сыпучих и пучащих грунтов	Рекомендуется применять в комбинации с вращательно-роторным способом. Вращательно-роторным способом бурится интервал налегающей толщи с оставлением целика 10–15 м с последующим вскрытием остальной части ударно-канатным способом
5	Шнековый / мелко-мергельный	40–125 5–25	1. Высокая скорость бурения 2. Нет необходимости применять промывочный раствор 3. Отсутствие проникновения в трещины технологического кольматанта 4. Возможность достаточно точно вести геологическую документацию	1. Основания при проходке плавучих, сухих сыпучих и пучащих грунтов	1. Применение опережающей обсадки методом вибро-погружения при проходке плавучих и сыпучих грунтов 2. Проходка короткими рейсами интервалов пучащих грунтов 3. Применение шнекового бурения с промывкой





Применяемые простейшие методы удаления технологического кольматанта, как правило, не достаточно эффективны. Обычно сначала проводится освобождение ствола скважины от шлама желонированием и прямой промывкой водой с ее подачей буровым насосом. При не достаточности этого мероприятия производится прокачка скважины эрлифтом с максимальным понижением уровня, чем стремятся обрушить стенки скважин и освободить их от глинистых корок. Полная декольматация указанными мероприятиями, как правило, не достигается.

В песчаных коллекторах это связано с тем, что после первых обрушений увеличивается приток и вследствие снижения градиентов возможности откачки как способа декольматации, основанного по существу на суффозионном выносе, исчерпываются. В таких случаях скважины часто сдаются с коротким рабочим интервалом и эксплуатируются при не оправданно больших понижениях уровней, что, в свою очередь, является причиной так весьма интенсивной называемой эксплуатационной кольматации фильтров и быстрого выхода скважин из строя.

В трещиноватых коллекторах причина ограниченных возможностей декольматации при откачках по нашим выводам обусловлена тем, что шлам поступает в трещины под влиянием гидроразрыва, а при понижении уровней в ходе откачки трещины смыкаются. Также отрицательно сказывается низкое качество применяемых промывочных растворов, в том числе их не стабильность и допущение больших разрывов во времени между бурением и операциями по приведению скважин в рабочее состояние.

При не достижении необходимого дебита указанными выше способами применяется промывка гидравлическим ершом и свабиrowание скважин.

Промывка гидравлическим ершом, в основном, мало эффективна и редко бывает достаточна для достижения необходимого дебита.

Выполнение работ по декольматации клапанном свабом в скважинах на альбеноманские пески, как правило, дает положительные результаты и обеспечивают заметное увеличение дебитов. В скважинах на мело-мергельные горизонты свабиrowание практически не дает эффекта.

Анализ опыта бурения скважин показывает, что ни один из применяемых способов так называемой разглинизации фильтров не позволяет полностью извлечь технологический кольматант из прифильтровых зон скважин и восстановить здесь природную проницаемость пород. Тем самым не достигается дебит, который может дать скважина по природным свойствам коллекторов и напорам.

С 2000г после длительного перерыва с конца 70-х годов на территории региона для увеличения производительности скважин вновь построенных и восстановления производительности скважин, потерявших ее в следствии кольматации за длительный период эксплуатации ООО «Гидротехнология» возобновлено применение солянокислотной обработки фильтров скважин.

Основные применяемые способы реагентной обработки скважин на водоносные горизонты в мело-мергельной толще – напорные кислотные ванны, технологические схемы которых организовывались таким образом, чтобы доставить реагент в зашламованные трещины, обеспечить растворение в них шлама и дополнительно произвести гидравлический разрыв с последующим расширением трещин за счет растворения их стенок. Для обработки скважин на водоносные горизонты в альбеноманских песках применяются циркуляционные схемы.

Обработано более 20-ти скважин, на которых за 1–3 цикла обработки достигнуто увеличение дебитов от 3 до 12 кратного, что практически во всех случаях позволило обеспечить необходимую потребность в воде. Одним из положительных результатов применения реагентной обработки при строительстве скважин явилось то, что с при-



менением этих технологий стало возможным значительно приблизить водозаборные скважины к объектам потребления воды, расположенные на высоких участках, где обычно применяемые технологии вскрытия пласта не позволяют добиться необходимых дебитов.

Ударно-канатный способ бурения применяются в регионе в основном при необходимости устройства фильтров с гравийной обсыпкой в скважинах на альб-сеноманский водоносный горизонт.

Обычно глубина скважин до 70–80 м, редко более 100 м. Осуществленные в последние годы отдельными организациями попытки ударно-канатного бурения скважин глубиной 200–250 м и более фактически оказались неудачными, что является следствием не подходящих условий для применения этого способа. Проведенные нами расчеты показывают, что в большинстве случаев ударно-канатным способом достичь вскрытия песков альб-сеноманского горизонта на глубину более 3–5 м и обеспечить надлежащее выполнение гравийной обсыпки при имеющихся место напорах над кровлей 60–120 м и более не было возможности теоретически.

Шнековое бурение. В последние годы на различные горизонты пробурено более 25-ти скважин шнековым способом. Глубина скважин от 40 до 125 м, дебит от 4 до 25 м³/ч.

Основные преимущества и недостатки используемых в регионе способов бурения скважин на воду с учетом замечаний [1, 2] приведены в таблице 1.

В заключение представляется важным обратить внимание также на то, что доминирующая в последнее время тенденция к удешевлению решений в выборе источников водоснабжения и строительстве скважин во многих случаях не оправдывается последующими затратами, что обусловлено малыми сроками службы не качественно построенных скважин, и получением воды не соответствующей по качеству нормативам, требующей дорогостоящей водоподготовки. Последнее во многом обусловлено не разобщением водоносных горизонтов.

Отрицательно сказывается так же практическое отсутствие надлежащего гидрогеологического обеспечения как непосредственно строительных работ, так и в целом подземного водопользования на региональном уровне.

За последние годы вследствие стремления приблизить водозаборы к потребителям, что при расположении последних на водораздельных участках возможно за счет бурения скважин на глубокие горизонты, возросло извлечение подземных вод из глубоких горизонтов, имеющих региональное распространение, включая и сопредельную территорию Украины.

Учитывая, что дополнительно к наблюдавшемуся последние 50–55 лет медленному снижению пьезометрических уровней глубоких горизонтов наметилось увеличение темпов этого снижения, а также низкую обеспеченность ресурсов подземных вод нижней гидродинамической зоны, уже в настоящее время необходимы основательные работы по прогнозированию изменений на длительную перспективу состояния гидрогеологической системы региона в целом.

Список литературы

1. Башкатов Д. Н. и др. Справочник по бурению скважин на воду.– М.: Недр, 1979. – 560 с.
2. Шамшев Ф. А. и др. Разведочное бурение. – М.: Госгеолтехиздат, 1958. – 486 с.



CONDITIONS OF APPLICATION OF VARIOUS WAYS OF WELL-BORING ON WATER WITHIN THE LIMITS OF THE DNIEPER-DONETS ARTESIAN BASIN

A.T. Skidanov¹
G.K. Bubnova²
I.K. Bogutsky³
N.V. Soboleva⁴

^{1,2} *Belgorod State University,
Pobedy Str., Belgorod,
85308015, Russia*

^{3,4} *Limited Company «Gidro-
technologiya», 5-th
Zavodskoy lane, 7a, Belgorod,
3080023, Russia*

*E-mail:
gidrotechbel2006@yandex.ru*

The brief characteristic of hydro-geological conditions of water supply of regions is presented. The conclusion about inadmissibility of equalization of distribution of cretaceous-marly mass and water-bearing horizons confined to it is substantiated. The analysis of experience of application of basic ways of drilling and designs of water wells in the region is stated. The authors pay attention to a significant role of technological corking zones in front of the filter in unachievement of design productivity of wells and necessity of the forecast of consequences of operation of deep water-bearing horizons.

Key words: hydro-geological conditions of water supply, water-bearing horizon, ways of drilling, design of wells, technological corking.