

ровых гидрогеологических карт; формирование, пока разрозненных, гидрогеологических информационно-аналитических систем различного порядка; понимание необходимости перехода на начальном этапе к избирательному объемному картографированию для создания региональных цифровых управляющих моделей гидрогеологических структур; необходимость роста объемов и результативности профильных научно-исследовательских и тематических работ в связи с истощением научно-методического задела прошлых лет и потребностью практически постоянной актуализации действующих руководящих и методических документов.

В феврале 2015 г. НТС Роснедр утверждены, подготовленные ВСЕГИНГЕО, основные положения Среднесрочной программы региональных гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических работ до 2020 г.

Программа региональных работ на период 2015 — 2020 гг. предусматривает гидрогеологическое и инженерно-геологическое изучение территории РФ, направленное на повышение общей изученности страны в обзорном, мелком и среднем масштабах. При реализации Среднесрочной программы будет существенно актуализирован и пополнен уровень сводных и обзорных гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических карт и районирования в масштабе 1:2 500 000 (с врезками 1:1 000 000 и 1:500 000), подготовлена картографическая основа для решения федеральных и региональных задач по изучению, оценке состояния и управлению государственным фондом недр в части ресурсов и запасов подземных вод, осуществления государственного мониторинга состояния недр, планирования поисково-оценочных и других видов геологоразведочных работ. Значительный объем гидрогеологических и инженерно-геологических региональных работ будет размещен в пределах Дальневосточного ФО.

Планируется актуализировать гидрогеологическую и инженерно-геологическую карты России, составить геоэкологическую и гидрохимическую карты, существенно пополнить и обновить информацию о гидрогеологических условиях основных артезианских бассейнов и их частей.

При формировании объектов, планируемых к вводу с 2015 г., использованы новые принципы, в частности, объединены задачи и объекты разных масштабов от обзорного до среднего в пределах гидрогеологических структур разного порядка.

Предельный объем финансового обеспечения подготовленной Программы на период 2015–2020 гг. по направлению Гидрогеологическая, инженерно-геологическая и геоэкологическая съемки составляет около 2,4 млрд. руб.

Для достижения стратегических целей Среднесрочной программы региональных гидрогеологических работ должны быть получены следующие основные результаты:

1. В области обзорного картографирования:

поэтапное создание ГИС «Гидрогеологическая основа России» и подготовка монографии «Подземные воды России», аналога настольной книги гидрогеологов —

многотомной знаменитой монографии «Гидрогеология СССР»;

актуализация и издание современных гидрогеологической и инженерно-геологической карт России;

построение авторских вариантов цифровых гидрохимической и геоэкологической карт территории России.

2. В области мелко-среднемасштабного картографирования и съемок (доизучения):

достижение ежегодного прироста гидрогеологической, инженерно-геологической и геоэкологической изученности: масштабов 1:1 000 000 — 150–200 тыс. км²/год и 1:200 000 — 16–19 тыс. км²/год.

3. Внедрить схему общего гидрогеологического районирования территории России.

4. Приступить к поэтапной актуализации и созданию серийных легенд карт масштаба 1: 1 000 000 по основным гидрогеологическим структурам.

5. Подготовить, апробировать и ввести в действие научно-методические документы, повышающие эффективность региональных работ:

методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов государственных гидрогеологических карт России масштабов 1:1 000 000 и 1:200 000;

требования и принципы стратификации разреза гидрогеологических структур;

методические рекомендации по оценке защищенности подземных вод при региональных работах государственных масштабов;

требования к созданию в интерактивном режиме фонда фактографической и картографической гидрогеологической и инженерно-геологической информации;

рекомендации по апробации и государственному учету прогнозных ресурсов кат. P₂–P₃ питьевых, технических и минеральных подземных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов», Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 322.
2. Соколовский Л.Г. Современное состояние гидрогеологического картографирования масштабов 1:1 000 000 — 1:200 000 // Разведка и охрана недр. — 2011. — № 9. — С. 32–38.

© Лукьянчиков В.М., 2015

Лукьянчиков Валерий Михайлович // lvml@mail.ru

УДК 556:528.9: 658.52

Барон В.А. (ФГУП «ВСЕГИНГЕО»)

ПРИНЦИПЫ МЕЛКОМАСШТАБНОГО ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ В ГИС-ФОРМАТЕ

Описывается состав комплекта гидрогеологических карт масштаба 1:1 000 000, их основное содержание и отображение в среде ГИС. Предлагаются пути для создания унифицированного подхода к картографированию и стратификации гидрогеологического разреза, повышению обеспеченности карт фактическим материалом. **Ключевые слова:** подземные воды, мелкомасштабное гидрогеологическое картографирование, электронная версия карты.

*The paper describes a set of hydrogeological maps on the scale of 1:1 000 000, their basic contents and representation in the GIS-medium. The ways are suggested for creation of the unified approach to mapping and stratification of a hydrogeological cross-section, and increase of providing the maps with factual data. **Key words:** groundwater, small-scaled hydrogeological mapping, electronic version of a map.*

Мелкомасштабное гидрогеологическое картографирование определяет закономерности и условия распространения гравитационных подземных вод в земной коре в масштабе 1:1 000 000, 1:500 000. Оно отражают результаты комплексного гидрогеологического изучения суши и континентального шельфа, представленные в аналоговой и цифровой формах с электронными базами данных, включающими фактографическую информацию, обосновывающую достоверность карты. Сохранение в электронной базе данных результатов собственного гидрогеологического опробования и собранных в процессе работ фондовых и опубликованных материалов должно соответствовать современному уровню картографирования в ГИС-формате.

Масштаб карты определяется степенью изученности, освоенности и техногенной нарушенности территории. Гидрогеологические карты масштаба 1:1 000 000 являются обзорными и рассматриваются как основа для решения федеральных и региональных задач по изучению, оценке состояния и управлению государственным фондом недр в части ресурсов и запасов подземных вод, осуществления государственного мониторинга состояния недр, выделения перспективных площадей для постановки поисковых работ на подземные воды и среднемасштабных гидрогеологических работ. Более крупный масштаб характерен, как правило, для территорий с интенсивной хозяйственной деятельностью, и методически его реализация не отличается от таковой масштаба 1:1 000 000.

Современная Государственная гидрогеологическая карта масштаба 1:1 000 000 в форме ГИС представляет собой комплект карт гидрогеологического содержания, включающий карты: гидрогеологическую; гидрохимическую; защищенности подземных вод основных водоносных горизонтов от техногенного загрязнения; прогнозных ресурсов питьевых и минеральных подземных вод кат. Р₃; условий формирования и скорости водообмена подземных вод основных водоносных горизонтов и комплексов; использования питьевых и минеральных подземных вод.

Особенностью создания карт рассматриваемого масштаба является то, что они составляются преимущественно камеральным путем по материалам выполненных ранее гидрогеологических и геологических работ при минимальных объемах полевых исследований. Последние могут включать только гидрохимическое опробование подземных вод и оценку состояния техногенного воздействия на окружающую среду, без проведения буровых работ, опытно-фильтрационного

опробования, определения естественных ресурсов подземных вод и т.д. Таким образом, основное содержание работ — это обобщение накопленных материалов по гидрогеологическим условиям формирования подземных вод в пределах картографируемой территории, по использованию подземных вод и дешифрирование материалов аэро-, фото-, космосъемок (МАКС). При этом в задачу последнего входит составление схемы дешифрирования МАКС в масштабе 1:1 000 000 и ландшафтно-индикационной таблицы, определяющей типы и элементы ландшафта с характерными условиями формирования подземных вод. В конечном счете представляются: границы тектонических блоков, разрывных, складчатых, кольцевых и других структур; области повышенной плотности линейментов; линейменты с различной вероятностью обводненности (что оценивается путем корреляции участков повышенной трещиноватости водовмещающих пород с интенсивностью проявления родникового стока и густотой эрозионного вреза); контуры геологических тел с учетом естественной генерализации; границы различных генетических типов четвертичных отложений и современных ландшафтов; погребенные долины (ложбины ледникового стока), выраженные в современном рельефе; степень нарушенности современных ландшафтов и потенциальные источники загрязнения подземных вод. В границах криолитозоны, вероятно, продуктивно использование материалов тепловой съемки для выявления областей разгрузки подземных вод, которые должны проявляться в виде аномалий тепловых полей.

Составление карт осуществляется путем обобщения и систематизации материалов фондовой и опубликованной геолого-гидрогеологической информации по геолого-тектоническому строению, гидрогеологическим условиям территории работ и данных по ведению мониторинга состояния недр. Базой для гидрогеологической карты является геологическая карта нового поколения. Собственно гидрогеологическая карта сопровождается схемой корреляции между геологическими и гидрогеологическими подразделениями, что минимизирует неопределенность в их идентификации при сопоставлении карт соседних листов или выполненных в различные периоды времени.

Дискуссионным вопросом в настоящее время является обоснование границ объектов гидрогеологического картографирования. Традиционно оно проводится полистно, вслед за полистным составлением геологических карт. Следствием такого подхода является встречающаяся нестыковка гидрогеологических карт по границам соседних листов. Упомянутая нестыковка часто оказывается вполне объективной, вызванной особенностями гидрогеологического разреза на сопредельных территориях листов. В частности, в условиях выклинивания отдельных гидрогеологических стратонов, особенно при приближении к границам синклинали, создаются благоприятные условия для различной интерпретации разреза на двух соседних листах, границы которых оказываются вблизи зон выклинивания. Создание карт в границах отдельных гидрогеологических структур позволяет учесть их неоднородность при стратификации гидрогеологического разреза. Однако боль-

шие площади ряда структур (до 1747,6 тыс. км² Иртыш-Обского артезианского бассейна) или недостаточная их гидрогеологическая изученность могут вызвать сложности в выполнении работ в приемлемые сроки.

Выходом из этого положения является осуществление гидрогеологической стратификации разреза в границах выделенных гидрогеологических структур II порядка и последующее ее использование при картографировании отдельных листов или участков структуры. В любом случае, независимо от площади картографирования, на первом же этапе создания карты для каждой гидрогеологической структуры должна быть проведена стратификация гидрогеологического разреза, тем более что использование серийных легенд карт для стратификации гидрогеологического разреза, как правило, невозможно, так как практически такие легенды отсутствуют для масштаба 1:1 000 000 и не могут быть вписаны в легенды серий листов Государственной геологической карты как в связи с различными объектами картографирования, так и по формальным признакам (число серийных легенд геологических карт масштаба 1:1 000 000 составляет 20, масштаба 1:200 000 — 97, а гидрогеологических структур II порядка — 56). Логично в связи с этим пересмотреть практику создания серийных легенд гидрогеологических карт и перейти к индивидуальной стратификации гидрогеологического разреза для каждой гидрогеологической структуры II порядка.

Более того, принятие единой системы стратификации гидрогеологического разреза в целом для страны является одной из первоочередных задач, так как в существующих условиях неоднозначной идентификации гидрогеологического разреза наблюдается как неопределенность в использовании гидрогеологической информации, так и искажение данных о наличии ресурсов подземных вод. Примером последнего может быть ситуация, когда по рядом расположенным водозаборным участкам Дзержинского месторождения один и тот же водоносный горизонт переименовывался в соответствии с меняющейся стратификацией как aQ_{I-III} , $N-aQ$, aQ , $aQ-laQ$, что в конечном счете привело к повторному учету запасов подземных вод упомянутого месторождения.

Собственно **гидрогеологическая карта** составляется в двухлистном варианте: гидрогеологическая карта эоплейстоцен-голоценовых или плиоцен-голоценовых и дочетвертичных образований. При этом особенностью **гидрогеологической карты эоплейстоцен-голоценовых или плиоцен-голоценовых образований** является отказ от выделения отдельных генетических образований как горизонтов (водоносных, относительно водоносных и др.).

Горизонт определяется водоносностью слагающих

его водонасыщенных пород, независимо от их генезиса. Как следствие, к одному водоносному горизонту могут быть отнесены различные генетические комплексы, если они преимущественно сложены песками или песками и гравием, а к слабоводоносному или водоупорному — если в их разрезе преобладают супеси и глины. Различные же генетические составляющие горизонты представляются в виде подгоризонтов, что позволяет сохранять информацию о составе водовмещающих пород при картографировании. При этом эоплейстоцен-голоценовая водовмещающая толща с подземными водами трактуется как горизонт в случае приуроченности ее к одному оледенению или как комплекс при двух и более оледенениях, с соответствующим отнесением к водоносному, слабоводоносному, водоупорному — в зависимости от преимущественного состава водовмещающих пород.

Аналогичный подход должен сохраняться и при гидрогеологической стратификации дочетвертичных отложений, когда в соседних разновозрастных водовмещающих толщах пород не наблюдаются изменения в литолого-фациальном составе или изменения не оказывают влияния на их водоносность. В противном случае искусственно усложняется стратификация гидрогеологического разреза, как это реализовано, например, на гидрогеологической карте листа М-44 в пределах Иртыш-Обского АБ, в пределах которого выделены в качестве водоносных верхнеплиоценовый горизонт кочковской свиты ($N_2 k\check{c}$), среднемиоцен-среднеплиоценовый горизонт павлодарской свиты ($N_{1-2} pv$), нижнемиоценовый горизонт аральской свиты ($N_1 ar$) (рис. 1). При этом по описанию только первый из перечисленных горизонтов существенно отличается по составу водовмещающих пород, влияющих на формирование подземных вод. Остальные представлены преимущественно глинами с включением линз песка, гравия, галечника, образующими единую водовмещающую толщу пород, для которой не характерна дифференциация напоров или минерализации и химического состава подземных вод. Послед-

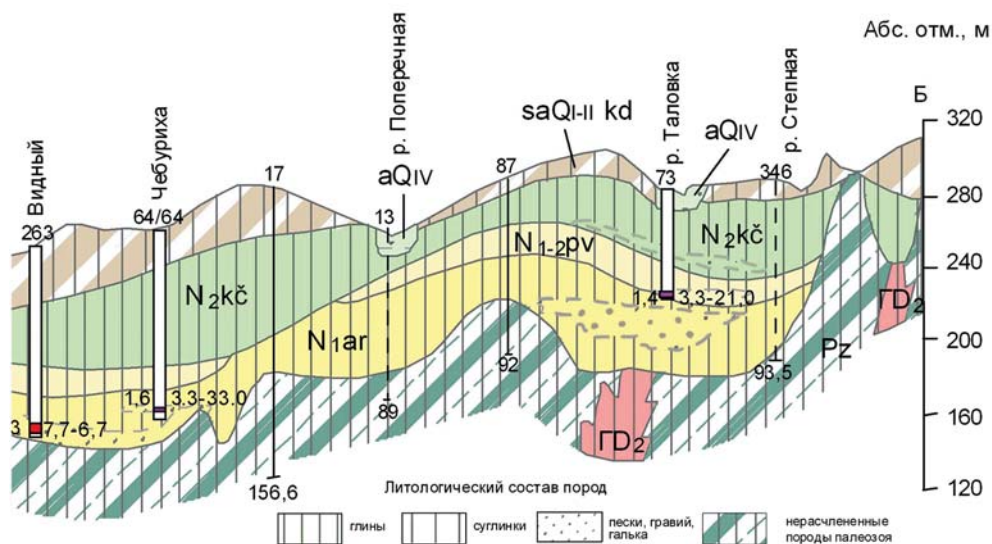


Рис. 1. Фрагмент схематического гидрогеологического разреза юго-восточной части Иртыш-Обского артезианского бассейна

няя возможна только под влиянием гидродинамической зональности.

Регламентируемая методическими документами существующая норма стратификации гидрогеологического разреза не позволяет объективно реализовать ее. В соответствии с унифицированной схемой объектов гидрогеологической стратификации территории РФ (артезианских бассейнов) при классификации гидрогеологического разреза чехла артезианских бассейнов могут быть использованы только три типа водоносности выделяемых стратонов: водоносный, относительно водоносный и водоупорный [3]. В представленном наборе определений прежде всего нарушен принцип выделения объектов множества. С одной стороны, он характеризует емкостные свойства объекта — наличие гравитационной воды и ее количество (водоносность), а с другой — фильтрационные свойства (водоупорность). Второе свойство не определяет наличие гравитационной воды в рассматриваемой части гидрогеологического разреза, что, как следствие, приводит к неточной классификации выделяемых стратонов. Регламентируемые три типа водоносности гидрогеологического разреза не определяют все многообразие условий формирования подземных вод в гидрогеологическом разрезе. В качестве примера можно рассмотреть неогеновую толщу юго-восточной части Иртыш-Обского артезианского бассейна, в пределах которого выделен как водоносный верхнеплиоценовый горизонт кочковской свиты ($N_2 k\delta$), представляющий собой толщу суглинков и глин с линзами песка, гравия, гальки (рис. 1). В этой толще водоносными являются только песчано-гравийные линзы, водообмен в которых весьма затруднен, и соответственно перспективность их в качестве источников водоснабжения весьма проблематична, не говоря уже о том, что и проследить их в разрезе — не простая задача. Однако представление названного горизонта как водоносного автоматически делает его перспективным для организации поисковых работ.

Аналогичная ситуация часто характерна для водовмещающей толщи гляциальных отложений, часто включающей прослой и линзы песков, которые используются для рассредоточенного водоснабжения, но по определению такая толща должна называться относительно водоносным или водоупорным горизонтом. Упомянутые гидрогеологические подразделения можно рассматривать только как локально водоносные. Но этот термин отсутствует в методических рекомендациях, и приходится называть горизонт относительно водоносным — только потому, что он так определяется методическими рекомендациями [3], хотя это и не соответствует характеру размещения подземных вод в рассматриваемом стратоне.

Отметим, что использованный термин «локально водоносный» не является новым. Он приведен в «Методических рекомендациях...» [3], в соответствии с которыми подгоризонт (водоносный, относительно водоупорный, водоупорный) — гидрогеологическое тело, имеющее местное распространение в составе водоносного горизонта. Но эти рекомендации остались не утвержденными отраслью.

Приведенный схематичный гидрогеологический разрез юго-восточной части Иртыш-Обского артезианского бассейна (рис. 1) показателен и тем, что выделение в нем гидрогеологических стратонов по возрастному признаку (горизонты кочковской, павлодарской, аральской и чагайской свит) искусственно усложняет гидрогеологический разрез. По сути это один локально водоносный комплекс, в соответствии с приведенным на рисунке лито-фациальным составом водовмещающих пород, в пределах которого поиск подземных вод представляет большие трудности. А по первоисточнику эти свиты картируются как водоносные.

Гидрогеологическая карта дочетвертичных образований включает: гидрогеологические структуры I–III порядка, определяемые границами распространения геологических структур и характером водоотдачи водовмещающих пород; тектонические разломы и их обводненность, отражаемая приуроченностью к ним родников в пределах гидрогеологических массивов; границы распространения нижележащих гидрогеологических подразделений (водоносные, слабоводоносные горизонты и комплексы пластовых подземных вод, водоупорные горизонты и комплексы); водоносные зоны трещиноватости и комплексы трещинных и трещинно-жильных подземных вод; опорные скважины с характеристиками уровня, дебита, минерализации подземных вод. Карта дополняется гидрогеологическими разрезами с выделенными зонами гидродинамической зональности.

Особенностью электронной версии гидрогеологической карты является возможность сопровождения ее практически всей исходной информацией, использованной при ее составлении. Карты, представленные на твердых носителях — на бумаге, слайдах, макетах и т.п., как бы хорошо они ни были выполнены, имеют ряд принципиальных ограничений по представлению и объему содержащейся в них информации. Это касается, прежде всего, исходной информации, на основании которой строится карта. Необходимость компактного представления информации обуславливает вынужденную ее генерализацию в пространстве или даже отказ от картографирования части полезных для пользователя признаков. В конечном счете потребитель имеет доступ к небольшой части исходной информации, на основании которой строилась карта. Подавляющая же ее часть остается в фондах исполнителей и недоступна для использования, в то время как она позволяет повысить детальность карты и исключить потери, связанные с генерализацией информации для рассматриваемого масштаба карты.

В этом плане электронная версия карты практически не имеет ограничений по объему введенной в базу данных информации и формированию любых вариантов ее содержания. База данных представляет собой структурированный фонд фактографической и картографической информации, включающей как результаты гидрогеологического опробования подземных вод, так и растры разрезов и карт геолого-гидрогеологического содержания более крупного масштаба, «привязанные» к электронной версии карты. Слой со всей собранной в процессе составления карты инфор-

мацией включается в проект карты, и любой из ее объектов может быть визуализирован средствами программы ArcMap Гиперссылка (Hyperlink). Сама же карта-схема фактического и графического материала помещается в виде зарамочного оформления общей гидрогеологической карты.

Особенностью *гидрохимической карты*, включаемой в комплект, является то, что она составляется погоризонтно для основных водоносных подразделений, выделяемых в гидрогеологическом разрезе. Она не повторяет содержание общей гидрогеологической карты, в которой информация о минерализации и химическом составе воды приурочена только к гидрогеологическим скважинам, родникам и колодцам. В отличие от гидрогеологической карты гидрохимическая представляет площадную характеристику минерализации и типов химического состава подземных вод, природное несоответствие их качества существующим требованиям и нормативам, определяет жесткость воды, распространение минеральных вод и их характеристики, гидрохимические аномалии и границы распространения пресных вод, наличие техногенного загрязнения. Минерализация воды показывается цветом, химический состав — крапом. При этом форма крапа использована для представления анионного состава воды, а его цвет — катионного состава. Границы распространения подземных вод с химическим составом, не соответствующим существующим требованиям и нормативам, являются линейными объектами карты. Они идентифицируются цветными символами соответствующих химических элементов, аномальное содержание которых определено в указанных границах подземных вод. Этот же цвет присваивается и границе.

Карта защищенности подземных вод основных водоносных горизонтов от техногенного загрязнения отражает результаты интегральной оценки возможной инфильтрации токсичных поллютантов с дневной поверхности в случае ее загрязнения. Защищенность подземных вод обусловлена сорбционной способностью почв и перекрывающих подземные воды пород [4]. Однако определение сорбционной способности перекрывающей подземные воды почво-грунтовой толщи в рассматриваемом масштабе пока нереально. Поэтому на современном уровне она оценивается качественно и определяется наличием глинистых пород и их мощностью в кровле водоносного горизонта или комплекса по методике В.М. Гольдберга [1]. Основным показателем защищенности водоносного горизонта является мощность перекрывающих его глинистых пород. При отсутствии глин или суммарной мощности их в кровле водоносного горизонта до 10 м последний оценивается как незащищенный. Наличие в кровле водоносного горизонта глинистого слоя мощностью более 10 м позволяет считать его относительно защищенным. При этом не учитывается соотношение напоров между вышележащим и целевым водоносными горизонтами, так как в рассматриваемом масштабе соотношение напоров в смежных водоносных горизонтах, с одной стороны, может быть оценено только схематично, а с другой — все водоносные подразделения, попадающие

в зону свободного водообмена, по определению характеризуются понижением напоров сверху вниз (а именно по этому признаку водоносный горизонт считается защищенным), и только в зоне разгрузки подземных вод, т.е. вблизи дрен, может наблюдаться инверсия напоров. Однако участки инверсии напоров часто не могут быть показаны в масштабе 1:1 000 000, и не исключено, что толща перекрывающих отложений окажется размытой. Более того, в случае размещения водозабора в зоне разгрузки его эксплуатация, как правило, приводит к инверсии напоров и соответственно переводит участок из защищенного в относительно защищенный. Поэтому водоносные подразделения в зоне свободного водообмена преимущественно представляются как относительно защищенные. Признаком защищенности водоносного горизонта может служить только его упругая водоотдача, не превышающая 10^{-6} – 10^{-7} м²/сут, или наличие 20–30-метровой толщи глин в кровле пласта.

В качестве дополнительной информации защищенности пласта на карте показываются точки его гидрохимического опробования и возраст воды, определяемый ее изотопным составом. При этом не учитывается и сорбционная емкость перекрывающих водоносный горизонт слабопроницаемых отложений.

Собственно защищенность первого от поверхности водоносного горизонта (комплекса) показывается цветом (не защищен, относительно защищен, защищен), ниже лежащих водоносных подразделений — линиями с берг-штрихами, ограничивающими границы распространения участков с различной степенью защищенности. Цвет линии идентифицирует водоносное подразделение, форма берг-штриха — степень защищенности. В качестве дополнительной информации приводятся линии равных напоров в соседних водоносных горизонтах, определяющих вероятность межпластового перетекания. При этом цвет линии равных напоров соответствует цвету соответствующего водоносного подразделения.

Для гидрогеологических массивов с не стратифицируемым гидрогеологическим разрезом выделяются границы водообменных бассейнов [3], являющихся показателем защищенности подземных вод от возможного латерального поступления загрязнения с поверхности земли.

Карта условий формирования и скорости водообмена подземных вод основных водоносных горизонтов и комплексов представляет: площади и границы распространения основных водоносных горизонтов и комплексов; глубины залегания подземных вод; условия и области питания, транзита и разгрузки; гидродинамическую зональность; скорости водообмена; границы зон свободного, затрудненного и замедленного водообмена (показываются на гидрогеологических разрезах); скорость водообмена по данным изотопного состава подземных вод.

Исходя из этого, легенда включает: границы гидрогеологических структур I–IV порядка (IV порядок для гидрогеологического массива); границы распространения основных водоносных подразделений и пьезометрические напоры в них (цвет знаков соответствует их

цвету на общей гидрогеологической карте). Представленные гидроизогипсы определяют как области питания, транзита и разгрузки подземных вод основных водоносных горизонтов, так и интенсивность межпластового перетекания.

При составлении рассматриваемой карты возникает естественный вопрос — какому элементу карты «отдать» цвет, так как по правилам картографирования он должен отражать наиболее важный ее элемент. Для гидрогеологической карты — это горизонты и комплексы, гидрохимической — минерализация и химический состав подземных вод, карты ресурсов подземных вод — модули ресурсов подземных вод и т.д. Условия формирования не определяются каким-либо одним показателем, которому можно было бы отдать предпочтение. Они характеризуются комплексом факторов. Поэтому на карте цветом представлены глубины грунтовых вод как один из основных полигональных элементов карты.

Основой для определения глубины залегания первого от поверхности водоносного горизонта (комплекса) является топооснова карты, имеющиеся данные о глубине залегания грунтовых вод и схема дешифрирования МАКС. Особенно эффективно применение последних при определении глубин залегания грунтовых вод в пределах гидрогеологических массивов, где практически невозможно проследить за их изменением по имеющимся данным гидрогеологического опробования. При использовании схемы дешифрирования МАКС построение карты глубин залегания грунтовых вод сводится к переинтерпретации схемы дешифрирования. В ее процессе каждому выделенному на схеме типу ландшафта ставится в соответствие вероятная глубина залегания грунтовых вод, которая подтверждается имеющимися данными гидрогеологического опробования. Пример фрагмента такой карты приведен на рис. 2.

Следует обратить внимание на то, что использование компьютерных технологий типа Spatial Analyst или Surfer [5] для построения карт глубин залегания грунтовых вод, гидроизогипс и изопьез весьма проблематично как в связи с ограниченностью фактического материала по уровням и напорам подземных вод, так и с невозможностью учета в автоматическом режиме ряда природных факторов, включающих, прежде всего, рельеф поверхности. По существу рельеф является определяющим фактором при формировании напоров в водоносном пласте. Соответственно от него и логично отталкиваться при построении карт гидроизогипс. С этой целью может быть использован следующий алгоритм. Линейный слой уровней равных абсолютных отметок поверхности земли с помощью функции ArcToolBox программы Arc Map трансформируется в точечный шейп-файл, в атрибутивной таблице которого исходные линии поверхности земли представляются в трехмерной системе координат. Соответствующая ему атрибутивная таблица переводится в таблицу Excel не ранее 11-й версии, в которой из исходных отметок поверхности вычитаются глубины залегания грунтовых вод, определяемые схемой дешифрирования МАКС и картой глубин залегания

грунтовых вод. Более ранние версии Excel могут оказаться не приемлемыми из-за ограниченного количества записей — не более 65 000, между тем как общее количество точек и соответствующих записей по ним может достигать 300 000. В результате получается трехмерный массив чисел (x, y, z), дискретно определяющий искомые гидроизогипсы — z , техническое построение которых осуществляется в среде Surfer. При этом наиболее приемлемым оказывается метод Triangulation with Linear Interpolation. После построения карты она экспортируется в шейп-файл с помощью команды Export Contours из меню Map: шейп-файл создан и готов для работы с ArcGIS. Если требуется сгладить линии на полученной карте, при загрузке данных из таблицы в Surfer можно воспользоваться командой Grid — > Filter. Полученный таким образом слой гидроизогипс при необходимости может подвергаться дальнейшей корректировке в среде ArcGIS, но в любом случае он будет максимально учитывать особенности рельефа рассматриваемой территории (рис. 2).

Унификация гидрогеологической информации решается путем использования единой эталонной базы условных обозначений гидрогеологических карт, под-

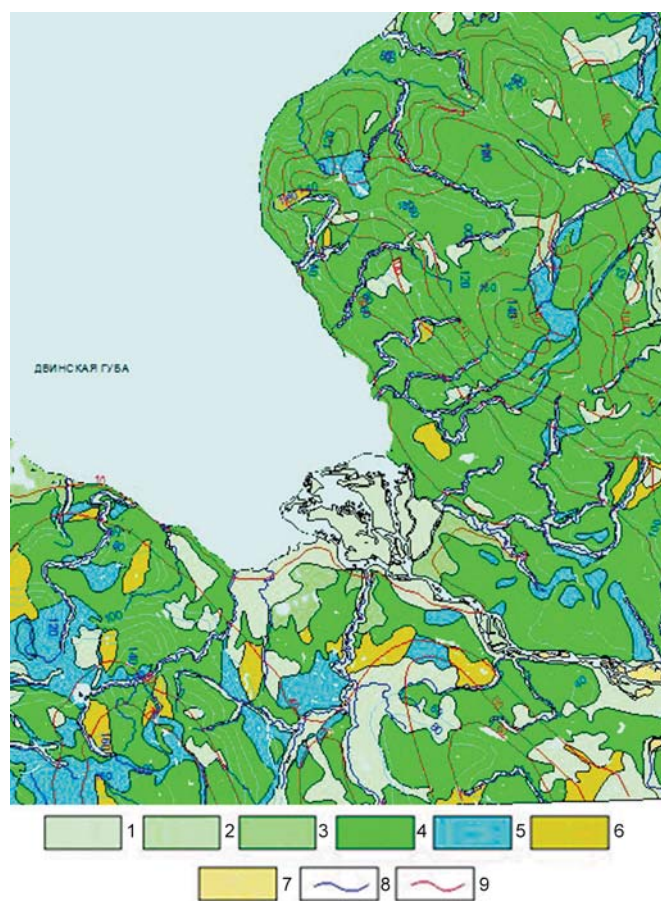


Рис. 2. Фрагмент карты глубин залегания грунтовых вод, гидроизогипс и пьезометрического напора верхневендского водоносного горизонта северо-восточной части территории листа Q-37 (Архангельск). 1–7 — глубины залегания грунтовых вод, м: 1 — 0,5–2,0; 2 — 0,5–5,0; 3 — 1,0–7,0; 4 — 2,0–10,0; 5 — 10,0–15,0; 6 — 5,0–15,0; 7 — 20,0 — 50,0; 8 — гидроизогипсы; 9 — гидроизопьезы (цифры над гидроизогипсами и гидроизопьезами — абс. отметки уровней и напоров воды в водоносных горизонтах)

Голицын М.С., Астанина О.Н., Поляков В.А.,
Свитнева Т.В., Богомолова А.А. (ФГУП «ВСЕГИНГЕО»)

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ПОДЗЕМ- НЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ КАЛМЫКИИ

*Рассмотрены региональные гидрогеологические условия, особенности распространения, использования и охраны подземных вод верхнего неоген-четвертичного и нижнего палеоген-мезозойского и верхнепалеозойского комплексов пород. Даны рекомендации по хозяйственному освоению и охране подземных вод засушливого региона. **Ключевые слова:** подземные воды, особенности распространения, формирования, состояние и проблемы использования, охрана.*

Golitsyn M.S., Astanina O.N., Polyakov V.A., Svitneva T.V.,
Bogomolova A.A. (VSEGINGEO)

REGIONAL HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS, THE PROBLEMS OF USE AND PROTECTION OF GROUNDWATER ON THE TERRITORY OF KALMYKIA

*The regional hydrogeological conditions, peculiarities of distribution, use and protection of groundwater in the Upper Neogene-Quaternary and Lower Paleogene-Mesozoic and Upper Paleozoic rock complexes are discussed. The recommendations are given for economic development and protection of groundwater in an arid region. **Key words:** groundwater, peculiarities of distribution, formation, state and problems of use, protection.*

Изучаемая территория в пределах листа L-38 (Элиста) занимает Республику Калмыкия и небольшие прилегающие части Ставропольского края, Ростовской и Астраханской областей, Дагестана и Карачаево-Черкесии. В геологическом отношении это юго-восток Восточно-Европейской платформы, часть Скифской плиты и северные предгорья альпийских складчатых сооружений Большого Кавказа. Суммарная мощность осадочных горных пород по геофизическим данным достигает 20 км, составляя в среднем 3–4 км [1].

Подземные воды характеризуются разнообразием ресурсов, вещественного состава и свойств, обусловленным геоструктурной обстановкой, историей геологического развития, многообразием геоморфологических и климатических условий. Подземные воды приобретают все большее значение для водоснабжения городов, курортов и других населенных пунктов, развития сельского хозяйства, добычи полезных ископаемых. В значительной мере это связано с климатическим и хозяйственным засолением и загрязнением поверхностных вод, включая Волгу, Цимлянское и Манычское водохранилища, и особенно небольших рек и озер [2, 3].

В геологическом разрезе осадочного чехла насчитывается 19 водоносных горизонтов и комплексов, 14 относительно водоносных и 9 относительно водоупорных и водоупорных толщ от современного до каменноугольного возраста [4].

Основные водоносные горизонты имеют аллювиальное, морское и оловое происхождение, водоносным является и Кавминводский комплекс зоны трещиноватости интрузивов миоцена.

готовленной во ВСЕГИНГЕО. С унификацией гидрогеологической информации тесно связан вопрос о создании и пополнении структурированного фонда фактографической и картографической гидрогеологической информации с использованием современных ГИС-технологий. В настоящее время создание такого фонда гидрогеологической информации является одной из задач, включаемых в проекты работ гидрогеологического картографирования. Тем не менее, унифицированные требования к этому разделу работ отсутствуют. В результате разрабатываются индивидуальные базы, которые часто оказываются доступными только для авторов выполняемых проектов. Преимущественно они содержат только табличные данные о гидрогеологическом опробовании. В целях исправления указанной ситуации в зарамочном оформлении гидрогеологические карты масштаба 1 000 000 сопровождаются схемой фактического материала, включающей привязанные растры карт более крупного масштаба, геологические и гидрогеологические разрезы, представленные в базе данных. Соответственно в электронную версию карты в виде ГИС-проекта входит схема фактического материала, объекты которой могут быть визуализированы с помощью соответствующих «скрепов» по желанию пользователя карты. При таком подходе реализуются преимущества электронной версии карты по сравнению с ее «твердой копией».

Исходя из опыта мелкомасштабного гидрогеологического картографирования и его реализации в среде ГИС представляется целесообразным ускорить работу по актуализации принципов стратификации гидрогеологического разреза, ориентированную, прежде всего, на выделенные гидрогеологические структуры II порядка, с последующим широким обсуждением разработанных принципов с заинтересованными организациями и утверждением на отраслевом уровне. Наряду с этим назрела необходимость создания единого структурированного фонда фактографической и картографической гидрогеологической информации в WEB пространстве, включающего электронные версии гидрогеологических карт как в растровом, так и векторном формате.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольдберг В.М. Оценка условий защищенности подземных вод и построение карт защищенности / Гидрогеологические основы охраны подземных вод. — М., 1984. — С. 171–177.
2. Карта гидрогеологического районирования территории Российской Федерации масштаба 1:2 500 000 (для ведения мониторинга подземных водных объектов). Унифицированные схемы объектов гидрогеологической стратификации территории Российской Федерации (артезианских бассейнов). — М.: Гидроспецгеология, 2011.
3. Методические рекомендации по составлению карт гидрогеологического районирования масштаба 1:2 500 000, схем гидрогеологической стратификации и классификаторов объектов гидрогеологического районирования и стратификации. — М.: ВСЕГИНГЕО, 2004.
4. Пашковский И.С. Принципы оценки защищенности подземных вод от загрязнения / Современные проблемы гидрогеологии и гидрогеомеханики: Сб. докл. — СПб., 2002. — С. 122–131.
5. Соколовский Л.Г., Тихоненков Ю.Э., Астанина О.Н. Опыт использования компьютерных технологий при гидрогеологическом картографировании масштаба 1:1 000 000 // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 3. — С. 20–24.

© Барон В.А., 2015

Барон Владимир Александрович // zgerka@rambler.ru