

Геология

Н. И. ПЛОТНИКОВ, В. А. АВЕТИСЯН

О НАПРАВЛЕНИЯХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ИСКУССТВЕННОМУ ВОСПОЛНЕНИЮ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Решение проблемы искусственного восполнения запасов подземных вод включает комплекс тесно связанных между собой вопросов: гидрогеологическое обоснование, технологию воспроизводства запасов и качественную оценку источника восполнения, а также разработку технических мероприятий и средств решения поставленных задач.

В практике решения отмеченных вопросов намечаются два основных направления: а) воспроизводство эксплуатационных запасов подземных вод непосредственно на площади влияния действующих водозаборов; б) магазинирование поверхностного стока в природных подземных коллекторах на новых благоприятных участках.

В статье обстоятельно рассматриваются виды работ, необходимые для гидрогеологического обоснования воспроизводства эксплуатационных запасов подземных вод, а также условия оценки факторов искусственного восполнения.

Гидрогеологические исследования для обоснования искусственного восполнения запасов подземных вод в нашей стране в последние годы приобретают большое народнохозяйственное значение. Объясняется это тем, что по перспективному плану комплексного использования водных ресурсов для водоснабжения и орошения (в целом по Союзу и раздельно по союзным республикам) к 1980 г. и особенно 2000 г. в ряде крупных областей нашей страны будет ощущаться острый дефицит в пресных подземных водах [1].

К таким областям можно отнести южные р-оны Украины и Европейской части СССР, р-оны Центрального и Западного Казахстана, Туркмении, западного Узбекистана, Молдавии, Армении и др.

Проблема водоснабжения, орошения, обводнения пастбищ в переселенных р-онах решается путем переброски поверхностных вод системой каналов на значительные расстояния: Каракумский, Чертышский, Каршинский, Северо-Донецкий, Крымский каналы, Арзни-Шамирамский, Сисианский и др.

Исследованиями было также установлено, что перспективный рост водопотребления вызовет затруднение с отбором подземных вод и на участках многих действующих водозаборных сооружений, в том числе водозаборов крупных городов и промышленных объектов.

В районах острого дефицита в подземных водах проблема водоснабжения крупных объектов должна решаться, таким образом, комплексно путем использования подземных и поверхностных вод, а также путем создания искусственных запасов подземных вод.

Проблема искусственного пополнения ресурсов подземных вод в верхней части земной коры по своему содержанию состоит из следующих тесно связанных между собой крупных разделов:

- 1) гидрогеологического обоснования (включая характеристику источника восполнения),
- 2) физико-химических и биологических основ, а также технологии воспроизводства запасов,
- 3) разработки технических мероприятий и средств для решения поставленных задач.

Рассмотрим содержание первого раздела, имея при этом в виду, что два других раздела общей проблемы имеют специфические особенности и могут быть рассмотрены самостоятельно.

В практике решения проблемы создания искусственных ресурсов подземных вод могут быть намечены два основных направления:

- а) воспроизводство эксплуатационных запасов подземных вод непосредственно на площади влияния действующих водозаборов,
- б) магазинирование поверхностного стока в природных подземных емкостях на новых площадях, имеющих благоприятные условия для аккумуляции запасов и строительства каптажных сооружений с целью эксплуатации искусственно созданных запасов подземных вод.

На участках действующих водозаборов искусственное воспроизводство ресурсов обычно осуществляется либо с целью предотвращения истощения запасов подземных вод в продуктивном горизонте, либо для увеличения общей производительности каптажных сооружений в связи с дополнительной потребностью в воде.

Искусственное воспроизводство эксплуатационных запасов подземных вод на участках действующих водозаборов является весьма эффективным и определяется следующими основными факторами:

- а) геологическими и гидрогеологическими условиями области питания и самого участка водозаборного сооружения (литологическим составом, мощностью и фильтрационными свойствами пород зоны аэрации, а также емкостью продуктивного водоносного горизонта и др.),
- б) режимом эксплуатации и техническим состоянием действующего водозаборного сооружения,
- г) экономическими расчетами, определяющими рентабельность воспроизводства ресурсов подземных вод.

Более сложно выяснение возможностей создания искусственных запасов подземных вод в слабо изученных районах, где для поисков благоприятных геолого-гидрогеологических структур с целью магазинирования поверхностного стока требуется определение целого комплекса природных и технико-экономических факторов.

В этом отношении определяющими условиями являются следующие факторы:

- 1) наличие в районе благоприятных подземных геолого-литологических структур и емкостей для возможной и относительной управляемой в пространстве аккумуляции поверхностных вод,
- 2) наличие благоприятного источника создания искусственных запасов,
- 3) требования к количеству, качеству и целевому назначению воды,
- 4) прогностическая оценка искусственно-создаваемых гидрогеологических условий на площади магазинирования,
- 5) выбор и обоснование на площади магазинирования участка для строительства будущего водозаборного сооружения,

6) оценка искусственно создаваемых эксплуатационных запасов подземных вод.

По существу содержания перечисленных факторов магазинирования поверхностного стока у вновь осваиваемых безводных районов требует проведения большого объема специальных гидрогеологических работ (поисково-съёмочных, разведочных, опытно-фильтрационных, геофизических и др.). Сложности заключаются еще и в том, что необходимо найти пути управления процессами магазинирования поверхностного стока, сохранить созданные емкости запасов и обосновать рациональный отбор вод при длительной эксплуатации.

При выборе способов и технических схем искусственного воспроизводства ресурсов на участках действующих водозаборов большое значение имеют выяснение гидродинамических условий подземных вод и инженерные расчеты режима фильтрации. Для условий безнапорной фильтрации потока в настоящее время накоплен достаточный опыт, и для решения этой задачи можно выбрать несколько способов искусственного воспроизводства эксплуатационных запасов подземных вод: с помощью фильтрационных бассейнов или траншей, периодического затопления площади влияния катпажного сооружения, бурения поглощающих скважин и др. [2-4].

Для условий напорной фильтрации потока подземных вод в зарубежной практике и в нашей стране пока накоплен небольшой опыт искусственного воспроизводства ресурсов и по существу разработан только единственный способ с помощью нагнетательных гидрогеологических скважин (см. [5] и др.). Наибольший опыт в этом отношении накоплен в нефтедобывающей промышленности, когда пластовое давление при добыче нефти постоянно поддерживается с помощью скважинного законтурного и внутриконтурного заводнения путем нагнетания пресных вод под большим давлением в специально пробуренные гидрогеологические скважины.

Как видно из приведенного краткого перечня факторов, для участков действующих водозаборов довольно четко определяются условия применения искусственного воспроизводства эксплуатационных запасов, а также главные направления гидрогеологических работ для решения основной задачи.

По своему содержанию гидрогеологические исследования для обоснования воспроизводства эксплуатационных запасов подземных вод на участках действующих водозаборов непосредственно входят в состав эксплуатационной разведки [4]. С учетом достаточно хорошей степени изученности участков действующих водозаборов дополнительные гидрогеологические исследования для воспроизводства запасов при эксплуатационной разведке обычно выполняются в небольшом объеме. При этом капитальные затраты по дополнительному инженерному строительству экономически очень быстро окупаются.

Иначе обстоит вопрос при выборе и обосновании новых площадей искусственного создания ресурсов подземных вод путем магазинирования поверхностного стока в природные подземные емкости. На площадях, где степень геолого-гидрогеологической изученности намного ниже, чем на водозаборных участках, необходимо провести в полном объеме разведку новой площади для создания запасов и обоснования строительства водозаборного сооружения, а также дать сравнительную технико-экономическую оценку возможных вариантов водоснабжения конкретного объекта.

При этом согласно существующему в СССР законодательству потребуется утверждение эксплуатационных запасов подземных вод в

ГКЗ для обоснования проектирования и выделения капиталовложений на строительство каптажного и др. инженерных сооружений по аккумуляции поверхностного стока.

Как видно из краткой сравнительной характеристики основных факторов, решение проблемы магазинирования особенно в слабо изученных районах является сложным и требует проведения большого цикла гидрогеологических работ. По существу своего содержания эти работы отвечают принятой в нашей стране стадийности разведки месторождений подземных вод: оценочные исследования, поиски, предварительная и детальная разведка объекта изучения. Так, например, опытные исследования по искусственному созданию прунтовых вод в пустыне на такырных площадях потребовали проведения большого комплекса геологоразведочных и опытных работ [6-7].

Рассмотрим содержание и краткий перечень основных видов работ по двум отмеченным выше направлениям.

В табл. 1 приведен краткий перечень наиболее рационального комплекса гидрогеологических, гидрологических и инженерно-геологических работ, рекомендуемый для обоснования воспроизводства эксплуатационных запасов безнапорных подземных вод на участках действующих водозаборов, который должен входить в общий объем исследований по эксплуатационной разведке.

Таблица 1

Перечень основных видов работ для гидрогеологического обоснования воспроизводства эксплуатационных запасов подземных вод на участках действующих водозаборов

№ пп	Наименование комплекса	Перечень основных видов работ	Целевое назначение
I	гидрогеологический комплекс работ	1) оценочные работы (обобщение и анализ гидрогеологических материалов по опыту эксплуатации водозаборов) 2) бурение на участке водозабора разведочных и наблюдательных скважин, опытные работы и продолжение наблюдений за режимом подземных вод 3) опытные работы по воспроизводству эксплуатационных запасов подземных вод применительно к разработанной технологической схеме	для составления проекта эксплуатационной разведки по воспроизводству запасов подземных вод для детального изучения литологического состава и фильтрационных свойств пород зоны аэрации опытное опробование разработанной технологической схемы и обоснование строительства инфильтрационных сооружений
II	гидрологический	1) изучение качества и количества выбранного источника воспроизводства эксплуатационных запасов подземных вод 2) лабораторные санитарно-бактериологические и технологические исследования воспроизводства запасов	для обоснования технологии воспроизводства
III	инженерно-геологический комплекс	1) детальные инженерно-геологические исследования непосредственно на участках проектирования инженерных сооружений по воспроизводству эксплуатационных запасов подземных вод	для обоснования проектирования и строительства

Из приведенных в табл. 1 основных видов работ большинство является традиционным: содержание их достаточно хорошо известно из накопленного опыта по разведке подземных вод, и выполняются они по общепринятой методике.

Из перечисленных основных видов работ наиболее важными являются следующие:

- а) изучение фильтрационных и физико-химических свойств пород зоны аэрации на площади влияния водозаборного сооружения,
- б) выбор способов гидрологической и санитарно-бактериологической подготовки поверхностных вод к воспроизводству запасов,
- в) выбор конструкций фильтров в инженерных инфильтрационных сооружениях и прогнозная оценка процессов их кольматации при длительной эксплуатации.

В общей проблеме искусственного воспроизводства эксплуатационных запасов безнапорных подземных вод породы зоны аэрации можно рассматривать как естественный фильтр, сложенный почвогрунтами, трещиноватыми лавами, шлаками и др.

При миграции поверхностных вод в почво-грунтах проявляются не только физико-химические, но и биологические процессы [2]. Под влиянием этих процессов происходит кольматация фильтра приемной части поверхностных сооружений или нагнетательных (поглащающих) скважин. Это в свою очередь приводит к снижению общей производительности установки по искусственному питанию эксплуатационных запасов. В связи с этим целесообразно проводить в каждом конкретном случае специальные полевые и лабораторные исследования, в том числе опытные исследования по выбору наиболее рациональной конструкции фильтра.

Результаты специальных исследований в этом направлении необходимы не только для проектирования инфильтрационных сооружений, но и для обоснования технологической схемы воспроизводства запасов подземных вод.

Предусмотренные в общем комплексе проведения на водозаборном участке стационарных наблюдений за режимом подземных вод (после ввода в эксплуатацию всех сооружений по искусственному воспроизводству запасов) в этом отношении приобретают очень большое значение. В их составе должны быть предусмотрены наблюдения за развитием процессов кольматации в донных отложениях инфильтрационных сооружений, а также изучение самоочищающей способности пород зоны аэрации [8].

На водозаборных участках, где вскрыты напорные воды, как отмечалось выше, искусственное воспроизводство эксплуатационных запасов можно осуществить путем нагнетания поверхностных вод через специально пробуренные скважины.

Для выбора основных видов гидрогеологических работ можно использовать накопленный опыт в нефтедобывающей промышленности, в том числе опыт по подготовке воды для нагнетания, а также методы гидродинамических расчетов для взаимодействующих батарей скважины по схеме «нагнетание — отбор» [9].

Для обоснования и проектирования такой схемы на водозаборном участке целесообразно выполнить следующие основные виды работ: а) бурение и оборудование нагнетательных и наблюдательных скважин, б) гидрогеологические опытные исследования в скважинах, в) исследования по подготовке и способу подачи источника воспроизводства запасов, г) опытные работы по воспроизводству запасов в соответствии с выбранной технологией и режимом нагнетания.

Как показывает опыт, во многих случаях при длительных нагнетаниях снижается проницаемость поглощающих скважин. Причины и интенсивность этого явления в достаточной мере еще не изучены. Поэтому целесообразно в проекте эксплуатационной разведки предусматривать опытно-производственные исследования (в том числе и геофизические) по выбору конструкций фильтров нагнетательных скважин и изучения режима их длительной эксплуатации.

Для решения гидрогеологических задач по второму направлению искусственного восполнения запасов подземных вод путем магазинирования поверхностного стока перечень основных видов работ можно рекомендовать только в общем виде.

В стадии оценочных работ целесообразно произвести обобщение и анализ гидрогеологических материалов с целью районирования изучаемой территории применительно к условиям магазинирования поверхностного стока. Гидрогеологическое районирование позволит выделить по карте перспективные для магазинирования территории, обосновать постановку последующих поисковых работ в соответствии с заявленной потребностью в воде.

По результатам оценочных работ, которые обычно выполняются камеральным путем, можно разработать проект поисковой стадии. Поисковые работы рекомендуется проводить в первую очередь на перспективных площадях, которые ближе всего тяготеют к будущему водопотребителю. В стадии поисков прежде всего следует предусмотреть комплексную геолого-гидрогеологическую съемку и геофизические исследования на всей площади перспективного участка для магазинирования поверхностного стока и строительства будущего водозабора.

Масштаб комплексной съемки рекомендуется в пределах от 1:100 000 до 1:25 000. Для выбора масштаба следует исходить из степени изученности территории, общей ее площади и заявленной потребности в воде.

Очень важное значение в общей комплексной съемке имеют геофизические методы исследований, результаты которых могут быть использованы для обоснования рационального размещения объемов поисково-разведочного бурения и наметить контуры (границы) перспективного участка.

Бурение поисково-картировочных и поисково-разведочных скважин с последующим опробованием разреза геофизическим каротажем необходимо для изучения геологического разреза перспективной площади и проведения первой стадии опытных работ с целью изучения фильтрационных свойств пород зоны аэрации и зоны насыщения.

Должны быть проведены специальные гидрогеологические и санитарно-бактериологические исследования по предварительному изучению источника искусственного создания запасов подземных вод.

Камеральная обработка материалов поисковых работ должна быть посвящена общей оценке геолого-гидрогеологических условий перспективной площади и эксплуатационных запасов подземных вод по категории С₂.

Основная цель работ при поисковой стадии, таким образом, состоит в обосновании необходимости постановки на перспективной площади предварительной разведки.

Предварительная разведка перспективной площади является основным этапом в общем комплексе исследований по магазинированию поверхностного стока. В этой стадии с помощью буровых, опытных работ, инженерно-геологических и специальных исследований по технологии нагнетания должны быть решены все принципиальные воп-

росы по магазинированию: а) обоснованы эксплуатационные запасы искусственно создаваемых подземных вод на перспективной площади по категориям В, С₁ и С₂ с утверждением их в ГКЗ или ТКЗ СССР, б) выбран и разведен участок под строительство будущего участка водозаборного сооружения; в) достаточно детально изучен источник искусственного восполнения запасов подземных вод; г) разработана технологическая схема магазинирования поверхностного стока; д) выбраны технические средства для магазинирования.

Все эти данные необходимы для проекта детальной разведки и общего проектирования всех инженерных сооружений.

Этап работ по детальной разведке участков магазинирования и водозаборного сооружения (бурение скважин, опытное нагнетание и отбор режимных наблюдений и др.) по экономическим соображениям целесообразно во времени совместить со строительством всех запроектированных сооружений, при этом необходимо обеспечить весьма тщательный авторский гидрогеологический надзор. Такое совмещение работ по детальной разведке и строительству является рациональным и позволит сократить общие сроки изучения объекта и подготовки его к эксплуатации.

Как видно из краткого перечня основных видов работ, гидрогеологические исследования для обоснования искусственного магазинирования подземных вод являются сложными. Отсутствие в этом направлении необходимого опыта требует выполнения большого комплекса поисково-разведочных работ с соблюдением принципа стадийности с тем, чтобы обеспечить длительную эксплуатацию изучаемого объекта.

Слабо разработана методика некоторых очень важных видов гидрогеологических работ, особенно при осуществлении способов магазинирования подземных вод на новых участках.

В этом отношении целесообразно провести специальные теоретические и экспериментальные исследования по разработке и совершенствованию методики отдельных видов гидрогеологических работ для обоснования восполнения искусственных запасов подземных вод методом магазинирования.

МГУ, ЕГУ

Поступила 3.03.1976

ЛИТЕРАТУРА

1. Плотников Н. И., Сб. «Вопросы оценки эксплуатационных запасов подземных вод», изд. ВСЕГИНГЕО, вып. 45, М., 1971.
2. Усенко В. С., Искусственное восполнение запасов и инфильтрационные водозаборы подземных вод, изд. «Наука и техника», Минск, 1972.
3. Фаворин Н. Н., Искусственное пополнение подземных вод, изд. «Недра», 1967.
4. Плотников Н. И., Эксплуатационная разведка подземных вод, изд. «Недра», М., 1973.
5. Григорьев В. М., Тр. ин-та ВОДГЕО, вып. 9, 1964.
6. Глазунов И. С., Роговская Н. В., Методы гидрогеологических исследований и расчетов для обоснования магазинирования пресных вод, изд. ВСЕГИНГЕО, М., 1968.
7. Кунин В. Н., Лещинский Г. Т., Временный поверхностный сток и искусственное формирование грунтовых вод в пустыне, изд. АН СССР, 1960.

8. Гаврюхина А. А., Материалы к научно-технической конференции по инженерным изысканиям, М., 1967.
9. Щелкачев В. Н., Разработка нефтеводоносных пластов при упругом режиме, Гос-оптехиздат, М., 1959.

Ն. Ի. ՊԼՈՏՆԻԿՈՎ, Վ. Ա. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ

**ՍՏՈՐԵՐԿՐՅԱ ՋՐԵՐԻ ՊԱՇՏԱՐՆԵՐԻ ԱՐՀԵՍՏԱԿԱՆ ԼՐԱՑՄԱՆ ՀԻՊՐՈ-
ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐԻ ՈՒՂՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ**

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Ստորերկրյա ջրերի պաշարների արհեստական լրացման համար անհրաժեշտ հիդրոերկրաբանական հետազոտությունների հիմնավորումը դարձել է օրակարգի հարց, քանի որ ջրային ռեսուրսների կոմպլեքսային օգտագործման հեռանկարային պլանի համաձայն մեր Միության բազմաթիվ շրջաններում 1980 թ., առավել ևս 2000 թ. զգացվելու է ստորերկրյա քաղցրահամ ջրերի խիստ պահանջ:

Ստորերկրյա ջրերի ռեսուրսների արհեստական լրացման պրոբլեմն ընդգրկում է՝ ա) հիդրոերկրաբանական հիմնավորման, բ) ստորերկրյա ջրերի պաշարների վերարտադրության տեխնոլոգիայի, գ) ջրի ֆիզիկա-քիմիական և բակտերիոլոգիական հատկանիշների գնահատականի և դ) խնդրի իրագործման տեխնիկական միջոցների մշակման հարցերը, որոնք սերտ կապված են միմյանց հետ:

Վերոհիշյալ հարցերի լուծման պրակտիկայում առանձնացվում են երկու հիմնական ուղղություններ՝ ստորերկրյա ջրերի շահագործողական պաշարների վերարտադրություն գործող ջրառու կառուցվածքների ազդեցության տարածքի սահմաններում և մակերևութային հոսքի պահեստավորում ընտանիքի կոլեկտորների (կուտակիչների) մեջ նոր հեռանկարային տեղամասերում:

Հոդվածում հանգամանորեն քննարկվում են ստորերկրյա ջրերի շահագործողական պաշարների վերարտադրության, ինչպես նաև արհեստական ավելացման պայմանների գնահատման և հիդրոերկրաբանական հիմնավորման համար անհրաժեշտ գործոններն ու աշխատանքների տեսակները: