

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГИДРОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНЕ ВОДОЗАБОРОВ НА ПРИМЕРЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ Г. ВОРОНЕЖА

Смольянинов В. М., Овчинникова Т. В., Ашихмина Т. В., Куприенко П. С.

FORECASTING CHANGES IN HYDROLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS IN THE WATER INTAKE AREA THROUGH THE EXAMPLE OF WATER SUPPLY IN VORONEZH

Smolyaninov V. M., Ovchinnikova T. V., Ashikhmina T. V., Kuprienko P. S.

Аннотация

Введение. Обеспечение населения и хозяйственных объектов водой является ключевым аспектом в жизнедеятельности урбанизированных территорий и требует к себе особого внимания. Водоснабжение города Воронежа — крупнейшего областного центра Центрально-Черноземного региона — осуществляется за счет эксплуатации подземных вод и оказывает значительное негативное влияние на гидролого-геологические условия региона. Цель работы — прогнозирование изменений гидролого-гидрогеологической обстановки в районе эксплуатации существующих и проектируемых водозаборов. **Методы.** Геоэкологические исследования проводились с использованием методов математического моделирования эколого-гидрогеологической системы, факторного анализа природных и антропогенных факторов. **Результаты.** В результате проделанной работы установлено, что территория города Воронежа имеет высокую степень антропогенной нагрузки на окружающую природную среду, значимой составляющей которой является отбор подземных вод. Долговременная эксплуатация основных инфильтрационных водозаборов привела к формированию депрессионной воронки площадью 35 км², локальным понижениям уровня подземных вод до 20–30 м, сокращению стока рек, деформированию естественных подземных потоков, отрыву уровня подземных вод от речных русел. Подобные негативные геоэкологические последствия необходимо иметь в виду при строительстве и эксплуатации новых водозаборов. **Заключение.** Проведенные исследования позволили предусмотреть гидротехнические и природоохранные мероприятия и предложить экологически оптимальный вариант работы водозаборов. Рассмотрение и решение геоэкологических проблем с применением показанных алгоритмов и методов можно рекомендовать к использованию на любых урбанизированных территориях.

Ключевые слова: подземные воды, водоснабжение, инфильтрационный водозабор, прогнозирование гидрологических изменений, водоносный горизонт, моделирование гидрологических процессов, депрессионная воронка, загрязнение подземных вод.

Введение

Проблема водообеспечения характерна для многих регионов Российской Федерации. Во-

Abstract

Introduction. Public and industrial water supply is a key aspect in functioning of urban territories, requiring special attention. Water supply of Voronezh — the largest city in the Central Black Earth Region — is carried out using groundwater aquifers, worsening hydrological and geological conditions of the local environment. The purpose of the study is to forecast changes in hydrological and hydrogeological conditions in the area of the existing and designed water intakes. **Methods.** The geoecological research was conducted using methods of mathematical modeling for the ecological and hydrogeological system as well as analysis of natural and anthropogenic factors. **Results.** It has been established that the territory of Voronezh city is characterized by high anthropogenic load on the environment, where groundwater withdrawal represents its essential component. Long-term exploitation of main infiltration water intakes resulted in formation of a cone of depression with the area of 35 km² and local phreatic decline to 20–30 m. It also caused reduction of river runoff, deformation of natural underground streams, detachment of the groundwater level from river beds. These negative geoecological consequences shall be considered when constructing and exploiting new water intakes. **Conclusion.** The conducted studies allow determining hydrotechnical and environmental measures, suggesting environmentally-friendly operation mode. It can be recommended to consider and solve geoecological problems using the specified algorithms and methods in urban areas.

Keywords: groundwater, water supply, infiltration water intake, forecasting hydrological changes, aquifer, modeling of hydrological processes, cone of depression, groundwater pollution.

ронежская область недостаточно обеспечена водными ресурсами — в годы средней водности на 1 км² ее территории приходится лишь

72,4 тыс. м³ речного стока [11]. Естественные ресурсы подземных вод в области составляют 3,53 млн м³/сут. При населении более 2 млн человек на одного человека здесь приходится 1,41 м³/сут этих ресурсов. Это самый низкий показатель для Центрально-Черноземного региона. Так, в Липецкой области он составляет 1,68 м³/сут, а в Орловской — 2,88 [4]. Общий забор подземных вод в Воронежской области составляет порядка 193,88 млн м³/год [12].

Основным источником водоснабжения города Воронежа являются подземные воды, общий отбор которых достигает 450 тыс. м³/сут [3]. Для сравнения, средний объем водопотребления подземных вод в целом по России составляет 89 л/(сут.чел.), в Центральном Федеральном округе — 127 л/(сут.чел.) [4].

Хозяйственное использование подземных вод существенно влияет на гидрологию, геологию, почвенный покров и растительность региона [9].

Негативное влияние на качество водных ресурсов оказывают недостаточное количество и неудовлетворительное состояние водоочистных сооружений, в связи с чем в Воронежской области имеется 125 очагов загрязнения подземных вод нитратами, некалем, нефтепродуктами, шестивалентным хромом и 56 из них — на территории г. Воронежа [1, 16].

Наиболее значимыми загрязняющими веществами в воде, используемой для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения на протяжении последних лет, остаются: нефтепродукты, железо, марганец, нитраты, хром, фториды.

Таким образом, особую актуальность приобретает проведение геоэкологического анализа и прогнозирование изменений гидролого-гидрогеологической и экологической обстановки в районе эксплуатации существующих и проектируемых водозаборов.

Цель настоящего исследования — анализ геоэкологических проблем, возникших в результате эксплуатации подземных вод в системе водоснабжения города Воронежа, а также прогнозирование изменения гидрогеологических условий на основе моделирования гидрологических процессов при проектировании водозаборов.

Материалы и методы исследования

Территория исследований расположена в Воронежском гидрологическом районе, куда входит

река Воронеж и Воронежское водохранилище. Протяженность реки составляет 368 км, водосбор имеет площадь 21 570 км². Среднегодовой сток реки у г. Воронежа составляет 2,3 млрд м³ (73 м³/с) и в течение года распределен неравномерно. Основной объем воды (75,3 %) протекает в период с марта по май, затем, с июня по ноябрь, сток составляет 16,2 %, а с декабря по февраль — 8,5 % от годового объема воды. Река Воронеж в нижнем течении имеет подпор естественного характера от высокой воды реки Дон. Подпор непостоянный и зависит от уровня воды в Дону, его распространение вверх составляет порядка 50 км. Минерализация речной воды неодинакова в разные фазы гидрологического режима: весной она составляет 90–120 мг/л. В летнюю межень она достигает 310–440 мг/л, в зимнюю межень — 530 мг/л.

В 1972 году в границах Воронежского городского округа в нижнем течении реки Воронеж было перекрыто русло и, таким образом, сформировано Воронежское водохранилище. Параметры водохранилища имеют следующие показатели: протяженность с севера на юг — 35 км, площадь — 70 км², средняя ширина — 2 км, средняя глубина — 2,9 м, общий объем — 204 млн м³. Питание водохранилища происходит за счет поверхностного стока, что и определяет химический состав воды. Основной приток воды в водохранилище (55–65 % годового притока) происходит за счет весеннего стока снеговых вод. Основной сток р. Воронеж формируется в условиях лесостепной природной зоны с КУ=1,0–1,1. Поверхностные воды нижнего течения р. Воронеж, в пределах которого создано водохранилище, гидрокарбонатно-кальциевые с невысоким содержанием хлоридов, сульфатов и других солей [19].

Источником питьевой и хозяйственной воды здесь являются неоген-четвертичный и верхнедевонский водоносные горизонты [15]. Производительность водозаборов колеблется от 0,4 до 195,87 тыс. м³/сут при дебите эксплуатационных скважин от 1,01 до 2,48 тыс. м³/сут (рис. 1), а также ведомственные водозаборы с общим отбором подземных вод 31,61 тыс. м³/сут [6].

Основные водозаборы являются инфильтрационными, то есть их производительность определяется воздействием Воронежского водохра-

нилища, представляющего внешнюю границу водоносного пласта в условиях всей ширины водоема. Фильтрация в краевой части водохранилища в прибрежной полосе при этом идет в подпертом режиме с постоянным напором на контуре питания [5].

Анализ геоэкологических условий водоснабжения города проводился по алгоритму: изучение природных и хозяйственных условий района → оценка антропогенной нагрузки, связанной в том числе и с отбором подземных вод → анализ и прогнозирование негативных последствий использования подземных вод в хозяйственно-бытовом и питьевом водоснабжении → формирование комплекса мероприятий для снижения экологического ущерба от воздействия подземных водозаборов.

Геоэкологический анализ, условия и динамика фильтрации подземных вод проводились

численно-аналитическими методами на основе математического моделирования эколого-гидрогеологической системы [2, 10, 20].

В исследованиях подземных вод и антропогенной нагрузки использовались методы факторного и кластерного анализа [7, 8].

Изучение экологического состояния прилегающей к водозабору территории и его прогнозирование проводились с использованием картографического и стохастического моделирования [18].

Основной информационной базой для моделирования послужили картографический и схематический материал, показатели водного баланса и гидрологического режима исследуемой территории (данные экологических исследований, отчетов сторонних организаций, результаты научных исследований ученых-гидрологов, в частности Смольянинова В. М., Мишона В. М., Дегтярева С. Д., Щербинина С. В. и др.). Картографический материал сформирован авторами в результате использования аэрофотосъемки, полевого и камерального дешифрирования аэрофотоснимков, создания полевого (камерального) оригинала карт с уточнением. Экспериментальная статистика получена непосредственно в исследуемых водозаборах и из архивных материалов «Гидроводхоз ЦЧР». Результаты представлены на картах-схемах, выполненных в программах КОМПАС-3D и CorelDRAW.

Результаты исследования и обсуждение

Проведенные исследования показали, что Воронежская область относится к регионам с высоким уровнем антропогенной нагрузки на окружающую природную среду. Данный факт установлен на основе факторного анализа речных водосборов по 12 показателям антропогенных воздействий на природную среду и последующей их кластерной группировки в 4 района с различной антропогенной нагрузкой: высокой, повышенной, средней и относительно низкой (рис. 2).

Территория городского округа города Воронежа относится к району с высокой антропогенной нагрузкой, одним из наиболее значимых показателей которой является отбор подземных вод (табл. 1), оказывающий большое влияние на состояние гидрогеологической системы исследуемого района.

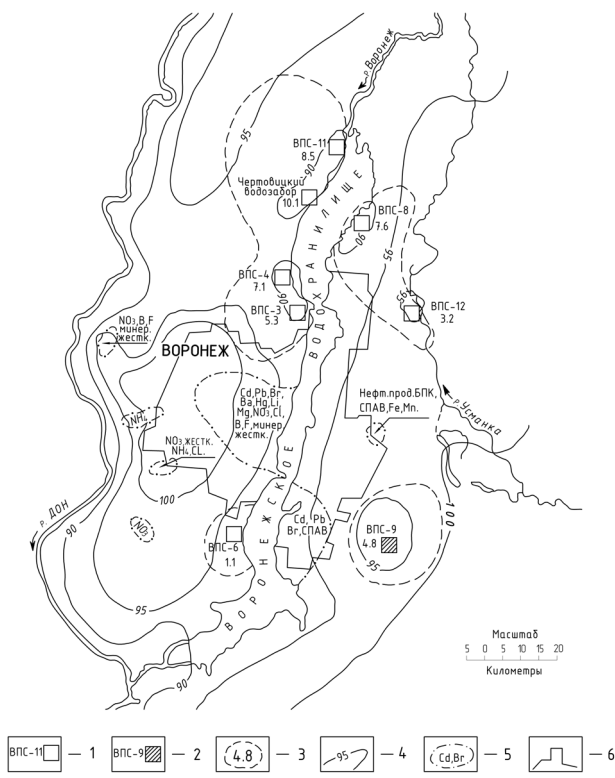


Рис. 1. Схема расположения водозаборов подземных вод города Воронежа: 1 — водозабор подземных вод с качеством воды, соответствующим нормам СанПиН 21.4.559–96; 2 — водозабор с загрязнением водоносного горизонта некалем; 3 — контур депрессионной воронки, сформировавшейся внутри контура — максимальное понижение уровня, м; 4 — гидроизогибы верхнего водоносного горизонта, м; 5 — контур загрязнения подземных вод; 6 — граница городской застройки

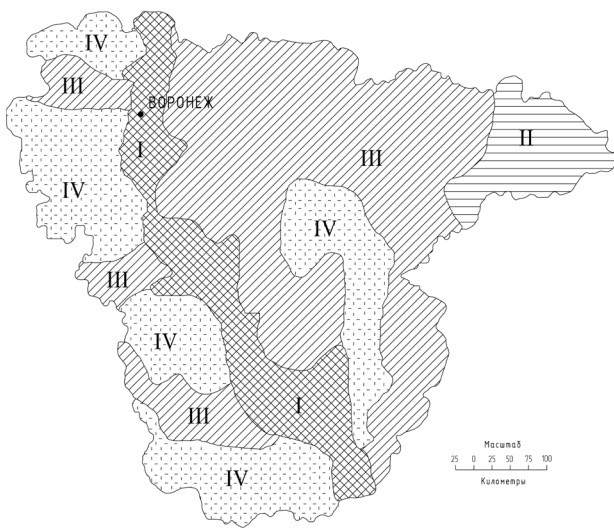
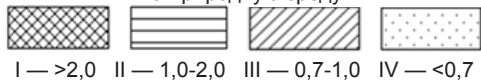


Рис. 2. Зонирование Воронежской области по величине интегральных показателей антропогенной нагрузки на природную среду:



Интегральные показатели антропогенной нагрузки: I — > 2; II — 1–2; III — 0,7–1; IV — < 0,7. *Показатели:* П₁ — плотность населения, чел./км²; П₂ — объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, т/км²; П₃ — объем сточных вод, тыс. м³/км²; П₄ — отбор подземных вод, тыс. м³/км²; П₅ — отбор поверхностных вод, тыс. м³/км²; П₆ — распаханность территории, %; П₇ — ее облесенность, %; П₈ — плотность автодорог, км/км²; П₉ — регулирование весеннего стока прудами, тыс. м³/км²; П₁₀ — регулирование речного стока водохранилищами, тыс. м³/км²; П₁₁ — наличие газопровода, км/км²; П₁₂ — наличие аммиакопровода, км/км².

Отмечается загрязнение подземных вод хромом шестивалентным на водозаборах ФГУП «Механический завод» городского округа города Воронежа, содержание его составляет

0,17–0,27 мг/дм³ (3–5 ПДК). Загрязнение подземных вод нитратами на водозаборах № 3 и № 8 обусловлено бытовыми стоками неканализованных городских застроек. В некоторых случаях отмечается двукратное превышение ПДК (49–84 мг/дм³). В эксплуатационных скважинах некоторых ведомственных водозаборов на территории города Воронежа интенсивность загрязнения подземных вод нитратами достигает 3ПДК. Эксплуатация водозабора № 9 способствует развитию процесса перемещения загрязненных некалем вод с полей фильтрации ОАО «Воронежсинтезкаучук», в эксплуатационных скважинах № 6э, № 7э отмечается содержание некаля от 0,94–8,27 мг/дм³ (ПДК — 0,5 мг/дм³) до 1,5–0,97 мг/дм³ (2–3 ПДК). В наблюдательных скважинах водозабора № 9 отмечено повышенное содержание нефтепродуктов 0,14–0,23 мг/дм³ (ПДК — 0,1 мг/дм³), которое может быть связано с утечкой растворенных нефтепродуктов с территории нефтебазы, расположенной в 2,8 км северо-западной участка водозабора. Значительное загрязнение подземных вод некалем и нефтепродуктами подчеркивает актуальность обоснования производительности данного водозабора, создающего депрессионную воронку и, соответственно, гидродинамическую предпосылку подтягивания загрязненных подземных вод с прилегающих к нему территорий. Характерной особенностью гидрохимического состава подземных вод Воронежской области является повышенное содержание в них железа и марганца. Концентрация железа изменяется от 0,3 до 6,8 мг/дм³ (1–26 ПДК), содержание марганца превышает ПДК в основном в 5–10, иногда до 25 раз. Среднее содержание железа в подземной воде на участках водозаборов городского округа города Воронежа колеблется от 0,35 мг/дм³ на водозаборе № 3

Таблица 1

Приоритетность показателей антропогенной нагрузки на природную среду Воронежской области в соответствии с проведенным зонированием

Районы	Показатели											
	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₅	П ₆	П ₇	П ₈	П ₉	П ₁₀	П ₁₁	П ₁₂
I	98	2	13	36	48	40	12	0,3	2	11	0,2	0
II	35	0,5	0,5	3	4	57	16	0,3	10	3	0,3	10
III	26	1	1	3	7	57	8	0,2	10	0	0,6	7
IV	23	0,5	0,3	3	3	60	7	0,2	3	0	0,2	0

до 6,8 мг/дм³ на водозаборе № 4, что составляет 1–23 ПДК. Количество марганца изменяется от 0,55 до 2,29 мг/дм³ (5–23 ПДК) [12, 13].

Длительная эксплуатация инфильтрационных водозаборов № 3, 4, 8, 11 и Южно-Чертовичского привела к формированию общей депрессионной воронки шириной около 5 км, вытянутой с севера на юг вдоль берега Воронежского водохранилища на 7 км. При этом в центральных частях водозаборов образовались локальные понижения. Динамические уровни около скважин установились на глубинах 20–30 м, что объясняется влиянием водохранилища.

При эксплуатации инфильтрационных водозаборов и подтягивании воды из водохранилища возникает опасность загрязнения подземных вод, но существующий режим их отбора на этих водозаборах позволяет получать качество воды, соответствующее требованиям СанПиН 2.1.4.559–96 «Питьевая вода» по всем показателям. Исключение составляет лишь содержание железа (до 29 ПДК) и марганца (до 14 ПДК) [17].

Потребности города в питьевой воде постоянно растут, в связи с чем имеется дефицит питьевой воды, который, по состоянию на 2015 год, составил 380 тыс. км³/сут [6]. Решение данной проблемы включает в себя как повышение эффективности работы существующих водозаборов, так и проектирование новых сооружений на основе разведанных запасов подземных вод.

Необходимость и значимость проведения геоэкологического анализа территории, моделирования эколого-гидрогеологических процессов и составления прогноза воздействия проектируемого водозабора на гидролого-гидрогеологические условия исследуемого района показано на примере Южно-Воронежского водозабора.

Район строительства водозабора находится южнее г. Воронежа, в центре Восточно-Европейской равнины, в бассейне среднего течения р. Дон, и приурочен к переуглубленной части древней долины р. Дон. Эксплуатационные запасы подземных вод составляют 210 тыс. м³/сут. Глубина залегания подземных вод разнится от 0,5 до 40 м. Водовмещающие породы — пески разной зернистости.

Климат здесь умеренно континентальный. Среднее количество атмосферных осадков составляет 558–672 мм, величина испарения ко-

леблется от 505 до 515 мм. Реки района относятся к бассейну р. Дон. Густота речной сети — 268 м/км². Границами района являются: на западе — р. Дон, на севере и северо-западе — р. Воронеж, на юго-востоке — р. Битюг. На территории района находится бассейн р. Хворостани и верховья рек Игорец и Тамлык. Водоносный горизонт — неогеновый — развит по левому берегу реки Дон и имеет слабую степень геологической защищенности [14].

Отбор подземных вод первоначально намечалось производить пятью узлами скважин, которые рекомендовалось расположить в виде линейной системы, ориентированной вдоль р. Дон с северо-запада на юго-восток. Схема гидроизогипс основного водоносного горизонта до строительства водозабора с границами воронки депрессии, которая может образоваться при его эксплуатации, показана на рис. 3.

Как установлено, основной неогеновый водоносный горизонт здесь тесно связан с залегающим выше четвертичным горизонтом, а также с протекающими малыми реками (рис. 3), которые являются притоками р. Дон. Территория характеризуется высокой степенью хозяйственного освоения: распаханность земель здесь составляет 81,8 %, облесенность — 14,3 %, плотность населения — 57 чел./км² [15].

Химический состав вод основного водоносного горизонта позволяет отнести их к гидрокарбонатно-кальциевому типу. Основные химические показатели воды составляют: сухой остаток — 398–568 мг/л; сульфаты — 29–96 мг/л; хлориды — 11–38 мг/л. Отмечено «купольное» загрязнение водоносного горизонта некалем, поступающего с полей фильтрации завода «Синтезкаучук», которое имеет тенденцию к распространению в направлении водохранилища и ближайших подземных водозаборов.

Основными загрязняющими веществами поверхностных вод бассейна р. Дон являются те, концентрации проб которых превышали предельнодопустимые концентрации (ПДК): легкоокисляемые (БПК₅) и трудноокисляемые (ХПК) органические вещества — 75 и 91 % соответственно, медь — 66 %, азот нитритный — 40 %, фосфаты — 22 %, железо общее — 21 %, нефтепродукты — 17 %, азот аммонийный — 7 % (перечень загрязняющих веществ с указанием процента

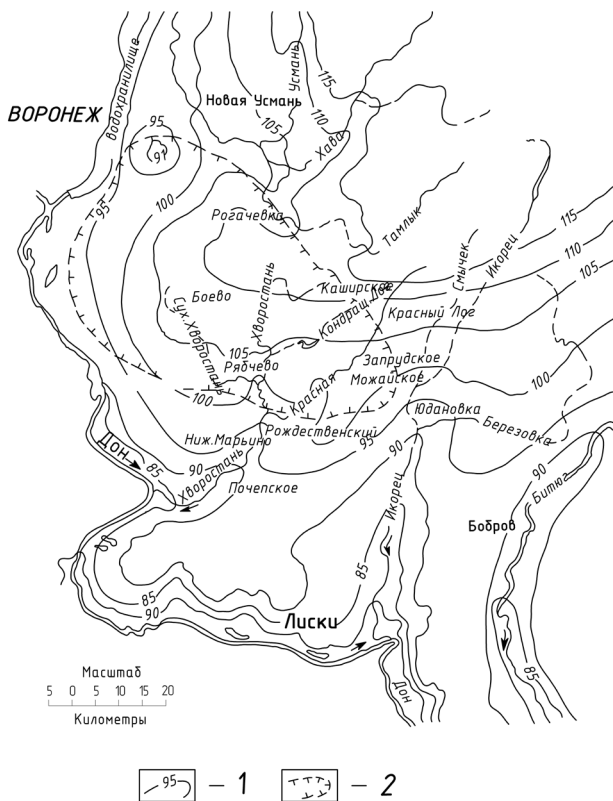


Рис. 3. Модель изменений гидрогеологических условий — последствий строительства и эксплуатации Южно-Воронежского водозабора: 1 — гидроизоги́псы неогенового-четвертичного водоносного горизонта в зоне предполагаемого влияния Южно-Воронежского водозабора до его строительства, м; 2 — граница депрессионной воронки подземных вод после строительства водозабора

превышений к общему количеству отобранных проб в течение года).

В результате моделирования был предложен оптимальный вариант работы проектируемого водозабора. Установлено, что при вводе в эксплуатацию водозаборных узлов в количестве пяти объектов с общей производительностью 210 тыс. м³/сут будет происходить развитие воронки депрессии подземных вод до размеров 45×56 км, максимальное понижение на одном из узлов составит 19 м. Таким образом, в годы 95%-ной обеспеченности сток р. Хворостани будет полностью перехвачен депрессией, что создаст опасность проникновения загрязненных речных вод в основной водоносный горизонт. Частичная компенсация негативных экологических последствий эксплуатации водозабора возможна за счет проведения следующих достаточно затратных мероприятий:

– устройства водоемов фильтрующего типа в количестве 13 штук для искусственного пополнения подземных вод;

- осуществления попусков из прудов;
- переброски части стока р. Дон.

Представленные мероприятия позволят восстановить уровень подземных вод на 1,5 м, сократить сток р. Хворостани лишь на 11 %. Таким образом, в годы 50 %-ной обеспеченности сохранится 70 % стока р. Хворостани. Предлагаемые мероприятия практически не повлияют на размеры депрессионной воронки.

В результате понижения уровней подземных вод в случае эксплуатации всех 5 узлов водозабора возникает также необходимость в проведении лесомелиоративных мероприятий, реконструкции и бурении новых сельских водозаборных скважин, создании системы утилизации стоков животноводческих объектов, обеспечении населенных пунктов централизованной канализационной системой и сокращении применения ядохимикатов на сельскохозяйственных угодьях.

Моделирование гидрогеологических процессов проектируемого водозабора показало, что наибольший ущерб стоку р. Хворостани нанесет водозаборный узел, расположенный в ее долине. Однако исключение из системы этого узла не повлияет на процесс образования и масштабы депрессионной воронки и создаст условия для перемещения загрязненных некалем вод к первому узлу водозабора.

Вариант работы водозабора, при котором будут эксплуатироваться два водозаборных узла с площадной системой скважин и производительностью 48 и 72 тыс. м³/сут не исключает негативного воздействия на состояние гидрогеологической среды. Вероятно образование значительной депрессии с существенными понижениями. Однако строительство двух водоудерживающих водоемов в объеме 1700 м³ и реконструкция одного водоема в объеме 320 тыс. м³ для русловых попусков позволят искусственно сформировать запасы подземных вод от 0,6 до 4,6 тыс. м³/сут и обеспечить достаточное питание основного водоносного горизонта. Проведение таких мероприятий позволяет в годы 50 %-ной обеспеченности сохранить 94 % стока р. Хворостани. Сток р. Тамлык в годы 95 %-ной обеспеченности возможно сохранить в объеме 635 тыс. м³ за счет

русловых попусков из пруда в балке Левая Вершина. Моделирование также показывает, что при работе водозаборного узла I не будет происходить подтягивания вод, загрязненных некалем от полей фильтрации завода Воронежсинтезкаучук.

При работе только I и II водозаборных узлов возможно значительное сокращение площади проведения лесомелиоративных мероприятий. Так, овражно-балочные насаждения следует разместить в Новоусманском районе на площади 239 га и Каширском — на 599 га.

Таким образом, в результате моделирования установлено, что при осуществлении предлагаемых компенсирующих мероприятий данный вариант работы водозабора сопровождается минимальным ущербом для природных условий района (рис. 4).

Хорошее качество воды, подаваемой I и II водозаборными узлами, может быть обеспечено мероприятиями, предотвращающими загрязнение вод неогеново-четвертичного горизонта, а также вод реки Хворостани. Поэтому следует предусмотреть строительство канализации в Новоусманском и Каширском районах и очистных сооружений — в пос. Каширское.

Заключение

Таким образом, система водоснабжения города Воронежа оказывает существенное негативное воздействие на состояние гидрогеологической и геоэкологической среды, которое находит выражение в ухудшении количественного и качественного состояния подземных вод. В решении задачи достаточного и качественного водоснабжения города необходимо уделять особое внимание вопросам геоэкологического анализа региона, прогнозирования гидрогеологических последствий эксплуатации проектируемых водозаборов, геоэкологического и гидрологического мониторинга окружающей среды районов, эксплуатируемых и проектируемых водообеспечивающих сооружений.

Проведенные исследования позволяют разработать эффективные гидротехнические, гидрологические, лесомелиоративные экозащитные мероприятия, а также научно обосновать систему комплексного мониторинга гидрогеологической среды.

Предлагаемый подход к рассмотрению и решению геоэкологических проблем городского

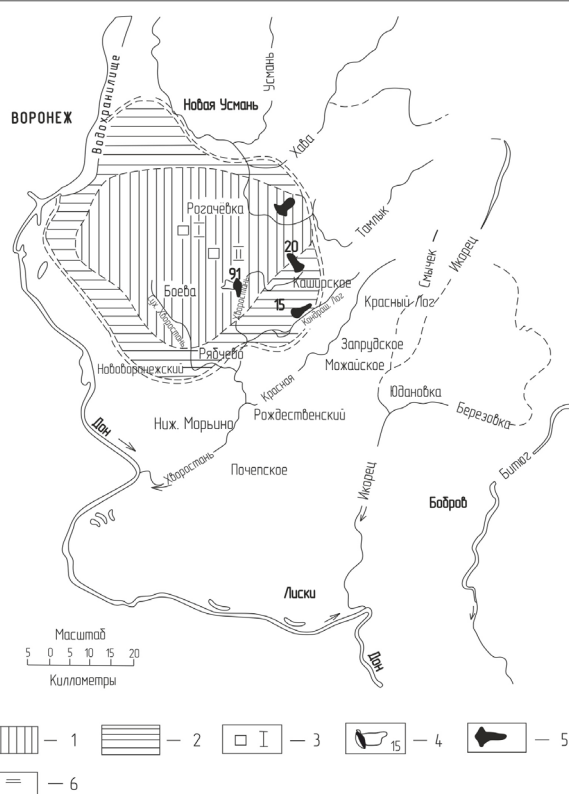


Рис. 4. Наиболее целесообразный вариант эксплуатации Южно-Воронежского водозабора с оптимальным комплексом экозащитных мероприятий:

- 1 — область питания водозабора, местность, где предполагается реконструкция водозаборных скважин;
- 2 — территория проведения лесомелиорации и природоохранных мероприятий;
- 3 — нумерация водозаборных узлов;
- 4 — нумерация проектируемых водоемов для попусков в р. Хворостань;
- 5 — существующий водоем, из которого возможны попуски в р. Тамлык;
- 6 — зона влияния водозабора на уровень подземных вод

водоснабжения, очевидно, может быть актуальным для любых урбанизированных территорий.

Благодарности

Коллектив авторов выражает благодарность Ашихмину Александру Михайловичу, магистранту кафедры лингвистики и перевода Российского государственного социального университета за помощь в языковом переводе (русско-английском) и подготовке материалов статьи к публикации.

Литература

1. Ашихмина, Т. В. (2011). Загрязнение грунтовых вод в результате эксплуатации полигона твердых бытовых отходов. Экология и промышленность России, № 6, сс. 42–43.
2. Ашихмина, Т., Овчинникова, Т. и Куприенко, П. (2014). Проблемы влияния твердых бытовых отходов на

окружающую среду. Саарбрюккен: LAMBERT Academic Publishing, 204 с.

3. Воронежская городская дума (2009). Программа «Комплексное развитие систем коммунальной инфраструктуры городского округа город Воронеж на период 2010–2020 годов» Приложение к решению Воронежской городской Думы от 25.12.2009 № 385-II. [online] Доступно по ссылке: <http://www.gorduma-voronezh.ru/doc/2009/385/Prl-385.doc> [Дата обращения: 07.12.2018].

4. Гидропедгеология (2017). Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2016 г. Выпуск 40. СПб.: ОАО «Типография Майер», 336 с.

5. Долгов, С. В. и Сенцова, Н. И. (2003). Современные изменения антропогенной нагрузки и состояния водных ресурсов в Воронежской области. Проблемы региональной экологии, № 6, сс. 25–36.

6. Жабина, А. А. (2014). Гидрогеологические проблемы питьевого водоснабжения г. Воронежа. Вестник ВГУ. Серия: Геология, № 4, сс. 120–123

7. Куприенко, В. Ю. и Куролап, С. А. (2005). Интегральная оценка воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и здоровье населения Воронежской области. Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология, № 2, сс. 114–120.

8. Овчинникова, Т. В. (2008). Оценка негативных воздействий хозяйственной деятельности человека на территории Воронежской области. Проблемы региональной экологии, № 4, сс. 8–12.

9. Овчинникова, Т. В. и Фролова, Н. Н. (2006). Влияние процессов отбора подземных вод на состояние природной среды. Вестник Воронежского государственного технического университета, т. 2, № 4, сс. 88–89.

10. Попов, Е. В. (2000). Методика решения эколого-гидрогеологических задач с помощью информационного подхода: на примере Москвы и Московской области. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Москва: Московская государственная геологоразведочная академия, 155 с.

11. Порядин, А. М. (2003). Водный фактор в обеспечении экологической безопасности населенных мест. Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, спецвыпуск, сс. 137–143.

12. Правительство Воронежской области. Департамент природных ресурсов и экологии Воронежской области (2018). Доклад о состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2017 году. Воронеж: АО «Воронежская областная типография», 220 с.

13. Прожорина, Т. И. и Хрустова, И. П. (2013). Оценка качества централизованного питьевого водоснабжения г. Воронежа. Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология, № 1, сс. 142–144.

14. Смольянинов, В. М. (2003). Подземные воды Центрально-Черноземного региона: условия их формирования, использование. Воронеж: Истоки, 240 с.

15. Смольянинов, В. М., Гребцов, С. Н., Летин, А. Л. и Немыкин, А. Я. (2003). Место подземных вод в природной системе. Вестник Воронежского отдела Русского географического общества, т. 2, сс. 53–57.

16. Смольянинов, В. М., Дегтярев, С. Д. и Щербинина, С. В. (2007). Эколого-гидрологическая оценка состояния речных водосборов Воронежской области. Воронеж: Истоки, 127 с.

17. Смольянинов, В. М. и Овчинникова, Т. В. (2010). Географические подходы при землеустроительном проектировании в регионах с интенсивным развитием природных и техногенных чрезвычайных ситуаций. Воронеж: Истоки, 230 с.

18. Челидзе, Ю. Б. (2008). Картографирование состояния подземной гидросферы под воздействием природных процессов и техногенных факторов. Разведка и охрана недр, № 6, сс. 12–15.

19. Чувывчкин, А. Л., Яблонских, Л. А. и Девятова, Т. А. (2018). Качество поверхностных вод Воронежского водохранилища и его влияние на здоровье населения г. Воронежа. Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация, № 2, сс. 270–277.

20. Kuprienko, P. S., Ashikhmina, T. V., Ovchinnikova, T. V. and Ashikhmin, A. M. (2017). Geocological problems near landfills. In: Ecological education and ecological culture of the population: Materials of the V International Scientific Conference on February 25–26, 2017. Prague: Science Publishing Centre Sociosphere-CZ», pp. 89–92.

References

1. Ashikhmina, T. V. (2011). Groundwater contamination as a result of operation of solid household waste range. *Ecology and Industry of Russia*, No. 6, pp. 42–43.

2. Ashikhmina, T., Ovchinnikova, T. and Kupriyenko, P. (2014). Issues of solid waste influence on the environment. Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing, 204 p.

3. Voronezh City Council (2009). Program “Integrated development of municipal infrastructure systems of the Voronezh city district for the period of 2010–2020”. Appendix to Resolution No. 385-II of the Voronezh City Council dd. December 25, 2009. [online] Available at: <http://www.gorduma-voronezh.ru/doc/2009/385/Prl-385.doc> [Date accessed 07.12.2018].

4. GIDROSPETSGEOLOGIYA (2017). *Information bulletin on the state of the subsoil in the territory of the Russian Federation in 2016*. Issue 40. Saint Petersburg: Mayer Print & Production, 336 p.

5. Dolgov, S. V. and Sentsova, N. I. (2003). Current changes in anthropogenic load and water resources in the Voronezh Region. *Problems of Regional Ecology*, No. 6, pp. 25–36.

6. Zhabina, A. A. (2014). Hydrogeological problem of drinking water supply in Voronezh. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, No. 4, pp. 120–123.

7. Kupriyenko, V. Yu. and Kurolap, S. A. (2005). Integral evaluation of economic activities influence on environment and population health in the Voronezh Oblast. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*, No. 2, pp. 114–120.

8. Ovchinnikova, T. V. (2008). Assessment of negative influences of economic activities of the human in territory of the Voronezh Oblast. *Problems of Regional Ecology*, No. 4, pp. 8–12.

9. Ovchinnikova, T. V. and Frolova, N. N. (2006). The influencing of water withdrawal for state environment. *Bulletin of Voronezh State Technical University*, vol. 2, No. 4, pp. 88–89.

10. Popov, E. V. (2000). *Methods of solving ecological and hydrogeological problems using the information approach: case study of Moscow and the Moscow Region*. PhD Thesis in Geology and Mineralogy. Moscow: Moscow State Geological Prospecting Academy, 155 p.

11. Poryadin, A. M. (2003). Water factor in ensuring environmental safety of populated areas. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*, special issue, pp. 137–143.

12. Government of the Voronezh Region. Department of Natural Resources and Ecology of the Voronezh Region (2018). *Report on the state of the environment in the Voronezh Region in 2017*. Voronezh: AO Voronezhskaya Oblastnaya Tipografiya (Voronezh Regional Printing Office), 220 p.

13. Prozhorina, T. I. and Khruslova, I. P. (2013). Assessment of the quality of centralized drinking water supply in Voronezh city. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*, No. 1, pp. 142–144.

14. Smolyaninov, V. M. (2003). *Groundwaters of the Central Black Earth Region: conditions of their formation, use*. Voronezh: Istoki, 240 p.

15. Smolyaninov, V. M., Grebtsov, S. N., Letin, A. L. and Nemykin, A. Ya. (2003). Groundwater in the natural system. *Bulletin of the Voronezh Department of the Russian Geographical Society*, vol. 2, pp. 53–57.

16. Smolyaninov, V. M., Degtyarev, S. D. and Shcherbinina, S. V. (2007). *Ecological and hydrological assessment of river catchments in the Voronezh Region*. Voronezh: Istoki, 127 p.

17. Smolyaninov, V. M. and Ovchinnikova, T. V. (2010). *Geographical approaches to land use design in regions with intensive development of natural and man-made emergencies*. Voronezh: Istoki, 230 p.

18. Chelidze, Yu. B. (2008). Mapping of the subsurface hydrosphere state under the influence of natural processes and anthropogenic factors. *Prospect and Protection of Mineral Resources*, No. 6, pp. 12–15.

19. Chuvyichkin, A. L., Yablonskikh, L. A. and Devyatova, T. A. (2018). Quality of surface water of the Voronezh reservoir and its impact on the health of the population of the city of Voronezh. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, No. 2, pp. 270–277.

20. Kuprienko, P. S., Ashikhmina, T. V., Ovchinnikova, T. V. and Ashikhmin, A. M. (2017). Geoecological problems near landfills. In: *Ecological education and ecological culture*

of the population: Materials of the V International Scientific Conference on February 25–26, 2017. Prague: Science Publishing Centre Sociosphere-CZ, pp. 89–92.

Авторы

Смолянинов Владимир Митрофанович, д-р геогр. наук, профессор

Воронежский государственный педагогический университет, г. Воронеж, Россия

E-mail: smolos-33@yandex.ru

Овчинникова Татьяна Валентиновна, канд. биол. наук, доцент

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

E-mail: tvo0104@mail.ru

Ашихмина Татьяна Валентиновна, канд. геогр. наук Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

E-mail: TV6234@yandex.ru

Куприенко Павел Сергеевич, д-р техн. наук, доцент Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

E-mail: togochs@mail.ru

Authors

Smolyaninov Vladimir Mitrofanovich, Dr. of Geography, Professor

Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russia

E-mail: smolos-33@yandex.ru

Ovchinnikova Tatyana Valentinovna, Ph. D. in Geography, Associate Professor

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

E-mail: tvo0104@mail.ru

Ashikhmina Tatyana Valentinovna, Ph. D. in Geography, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

E-mail: TV6234@yandex.ru

Kuprienko Pavel Sergeevich, Dr. of Engineering, Associate Professor

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

E-mail: togochs@mail.ru