

УДК 504.4.062.2:504.43

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
И ОХРАНЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ИСТОЩЕНИЯ
В БЕЛОРУССКОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА РЕКИ ЗАПАДНЫЙ БУГ****О. В. Васнёва, В. Е. Волков, О. А. Берёзко, Т. А. Кононова, Е. М. Черевач, **О. А. Буйневич****

Государственное предприятие «НПЦ по геологии»
Филиал «Институт геологии»
ул. Академика Купревича, 7, 220084, Минск, Беларусь
E-mail: nauka_ig@geologiya.by, gidrogeol@geologiya.by

На основе детального анализа многолетних данных режимных наблюдений за состоянием подземных вод в районах расположения группового водозабора г. Бреста Мухавецкий и обводненного месторождения песка и мела Хотиславское в Малоритском районе, геолого-гидрогеологических условий объектов, а также результатов гидродинамического прогноза их влияния разработаны мероприятия по рациональному использованию и охране подземных вод от истощения.

Ключевые слова: геолого-гидрогеологические условия, режимные наблюдения, водоотбор, гидродинамический прогноз, охрана подземных вод.

Природные условия территории Беларуси способствовали формированию большого ресурсного потенциала пресных подземных вод. Естественные (возобновляемые) ресурсы пресных подземных вод в целом по республике определены в количестве 43,56 млн м³/сут, в том числе в бассейне реки Западный Буг 1,4 млн м³/сут. Суммарный водоотбор пресных подземных вод в бассейне не превышает 7 % (от естественных ресурсов) [8].

Ухудшение состояния подземных вод в результате интенсивной антропогенной деятельности на отдельных территориях республики и на фоне возможного преобразования климата может привести к необратимым изменениям в режиме подземных вод. Весьма актуально прогнозировать, когда и где могут произойти такие негативные изменения состояния подземных вод. К основным техногенным объектам, которые приводят к пока допустимому изменению гидродинамического режима подземных вод, относятся крупные городские водозаборные сооружения, карьерные водоотливы на обводненных месторождениях и региональные мелиоративные системы.

Территория исследований характеризуется высокой степенью хозяйственного освоения, концентрацией многочисленных предприятий различных отраслей промышленности, густой сетью транспортных магистралей. Здесь размещены месторождения строительных песков, легкоплавких глин и суглинков, сапропеля, бурого угля и торфа. В Малоритском районе разведано крупное месторождение песка и мела Хотиславское, имеющее важное значение в народно-хозяйственном комплексе Брестской области.

Эксплуатация подземных вод осуществляется 13 групповыми водозаборами, а также сотнями одиночных скважин в городах и в сельской местности из четвертичных и дочетвертичных отложений в количестве 34,2 млн м³/год [8; 11].

Все перечисленные техногенные объекты в разной степени оказывают региональное влияние на изменение режима подземных вод, что подтверждается гидродинамическими и гидрохимическими данными наблюдений, полученными при проведении мониторинга подземных вод, на которых основываются наши выводы и предложены рекомендации по рациональному использованию и охране подземных вод от истощения.

Рекомендации основаны на разработанных методологических подходах с использованием геофильтрационных региональных и локальных математических моделей гидродинамического режима с подсчетом эксплуатационных запасов на многочисленных месторождениях подземных вод республики [2; 3; 4; 7].

Для обоснования выбора ключевых объектов в бассейне реки Западный Буг и разработки рекомендаций авторами использованы статистические, графические методы обработки данных (корреляционный и тренд-анализ данных, построение временных графиков, диаграмм, карт гидроизогипс и гидроизопьез и т. д.), которые позволили выявить общие закономерности, региональные и локальные особенности формирования режима подземных вод в естественных и нарушенных условиях как в целом территории бассейна реки Западный Буг, так и в районах расположения ключевых объектов. На основании анализа геолого-гидрогеологических условий, полевых

экспериментальных гидродинамических исследований уточнены гидродинамические параметры: вертикальная проводимость (k_0/m_0), водопроницаемость (T), мощность (m), водоотдача (μ), внутренние и внешние граничные условия и т. д. [3; 10].

В региональном плане для оценки уровня режима подземных вод в естественных условиях анализировались ряды наблюдений за период с 1989 по 2021 г. Такой промежуток времени выбран исходя из того факта, что, начиная с 1989 г., отмечается существенная трансформация температурного режима в Беларуси – это самый продолжительный период потепления на протяжении последних почти 130 лет наблюдений [9].

Учитывая прямую зависимость хода уровней подземных вод от атмосферных осадков, установили, что с 2017 г. на значительной территории практически полностью исчезли зимние спады (минимумы) уровней, а летние минимумы сместились на осенние месяцы сентябрь и октябрь и только в отдельных случаях попадают на июнь и август [5].

В локальном плане (Каменюкский, Масевичский и Великоритский гидрогеологические посты) наблюдается гидравлическая связь уровней грунтовых вод пойм с поверхностными водами. На водоразделе режим грунтовых вод формируется, как правило, под влиянием метеорологических факторов, влияние реки несущественно. В гидродинамическом режиме напорных вод наблюдается выраженная синхронность колебаний уровней подземных вод четвертичных и дочетвертичных отложений, что подтверждает их тесную гидравлическую связь. Питание нижезалегающих водоносных горизонтов (комплексов) происходит в основном за счет нисходящей фильтрации из вышезалегающих и подтока напорных вод подстилающих горизонтов и комплексов.

В региональном плане, исходя из анализа гидродинамических данных подземных вод в нарушенных условиях, установлено, что в районах расположения действующих водозаборов при современном сокращении водоотбора отмечается восстановление и некоторая стабилизация уровней подземных вод. В наиболее нагруженных частях групповых водозаборов положение уровней не превышает допустимых понижений, принятых при оценке эксплуатационных запасов подземных вод. На гидродинамический режим подземных вод существенное воздействие оказывает добыча обводненных твердых полезных ископаемых под защитой карьерного водоотлива с последующим формированием региональной депрессионной воронки, в пределах которой происходит осушение водоносных горизонтов, заметное сокращение поверхностного стока, отмечается выход из строя мелиоративных систем и осушение водохранилищ.

Полученное таким образом понимание о целостности и продолжительности рядов наблюдений, гидродинамическом режиме, факторах формирования уровня режима подземных вод в естественных и нарушенных условиях на территории исследований позволило подойти к определению критериев для выбора ключевых объектов, которыми явились: максимальная величина водоотбора/водопонижения, наличие представительной сети наблюдательных скважин в естественных и нарушенных эксплуатацией условиях, продолжительность рядов наблюдений и пр.

С учетом выбранных критериев к ключевым объектам отнесены: водозабор Мухавецкий производительностью 27,0 тыс. м³/сут (в перспективе – 87,4 тыс. м³/сут) и месторождение песка и мела Хотиславское с водоотливом около 13,0 тыс. м³/сут (в перспективе – 32,5 тыс. м³/сут). Объекты расположены в юго-западной части Брестского артезианского бассейна, где до глубины 850–1000 м и более выделяется зона активного водообмена, формирование которой определяется дренирующим влиянием речной сети.

Водозабор Мухавецкий (г. Брест) протяженностью 7,0 км расположен вдоль русла реки Мухавец, эксплуатирует объединенный высоконапорный водоносный нижнесеноманский терригенный и оксфордский терригенно-карбонатный комплексы ($K_2s_1 + J_3o$) и относится к гидродинамическому типу относительно изолированных месторождений. Его заметное гидродинамическое воздействие на режим поверхностных и грунтовых вод в результате увеличения водоотбора, ожидается в радиусе не менее 1,5 км [6].

Месторождение песка и мела Хотиславское (Малоритский район Брестской области) расположено в южной части бассейна реки Мухавец, в 250 м от государственной границы с Украиной и разрабатывается с 2010 г. Полезным ископаемым является мел сантонского яруса в коренном залегании и перекрывающие его пески озерно-аллювиального происхождения. Гидрогеологические условия характеризуются наличием двух гидравлически взаимосвязанных водоносных комплексов. Первым от поверхности залегает безнапорный водоносный комплекс современных болотных и верхнечетвертичных озерно-аллювиальных отложений мощностью в среднем 14–16 м, который подстилается обводненными, сантонскими отложениями верхнего мела. Влияние карьерного водоотлива может распространяться на несколько километров, охватывая действующие мелиоративные объекты и источники водоснабжения в близлежащих населенных пунктах [1; 6].

Для выбранных объектов составлены гидродинамические карты подземных вод в естественных и нарушенных эксплуатацией условиях с учетом воздействия водоотбора и водопонижения. При этом построенные гидродинамические сетки позволили определить основные элементы потоков подземных вод (напоры, разность уровней (ΔS), градиенты, скорость фильтрации, расходы) и оценить их изменение под влиянием техногенных факторов.

К естественным условиям формирования гидродинамического режима подземных вод в районе расположения водозабора Мухавецкий относятся: степень развития гидрографической сети, расчлененность рельефа, геолого-гидрогеологические условия (фильтрационные и емкостные свойства водовмещающих пород, наличие водоупоров, структурное строение территории). Питание грунтовых вод осуществляется повсеместно через зону аэрации. Кроме того, в восточной и центральной частях территории на заболоченных землях и в долинах рек Мухавец, Рита и Каменка, восточнее изолинии нулевой разности уровней ($\Delta S = 0$), происходит рассредоточенная разгрузка напорных вод эксплуатируемого водоносного комплекса в грунтовые воды и речную сеть, которая весьма замедлена из-за наличия слабопроницаемой мергельно-меловой толщи мощностью 130–150 м (рис. 1).

Уровенная поверхность напорных вод эксплуатируемого водоносного комплекса в естественных условиях была незначительно деформирована за счет ослабленного дренирующего влияния русла реки Мухавец. Поток напорных вод направлен от области питания в юго-западном и северо-западном направлениях.

В результате многолетней совместной эксплуатации Брестских городских водозаборов (Мухавецкий, Граевский, Западный, Северный) сформировалась общая региональная депрессия в высоконапорном водоносном комплексе [11]. Вместе с этим интенсивный водоотбор не оказал заметного изменения положения уровней грунтовых вод из-за их затрудненной гидравлической связи с эксплуатируемым водоносным комплексом, что подтверждается данными режимных наблюдений по створу наблюдательных скважин на водозаборе Мухавецкий. Вдоль линии наблюдательных скважин сформировался нисходящий режим фильтрации из грунтовых вод в напорный водоносный комплекс ($K_s s_1$).

В районе месторождения песка и мела Хотиславское до его разработки в верховьях реки Рита гидродинамическая сетка естественного фильтрационного потока формировалась за счет наложе-

ния, с одной стороны, постоянного дренирующего влияния на грунтовые воды русла реки Рита с мелиоративной сетью, с другой – сезонного притока инфильтрационных вод от площадей питания с водоразделов. В паводковые периоды дренирующая роль водотоков ослабевала и происходило пополнение запасов подземных вод в зоне аэрации за счет подтопления. Основная область питания подземных вод находится на юге (за государственной границей Республики Беларусь) и характеризуется абсолютными отметками 150–164 м, через которые проходит региональный водораздел (рис. 2). В естественных условиях основные линии тока 1–5 на участке месторождения направлены от регионального водораздела в сторону реки Рита и ее канализированных правобережных притоков. При этом минимальная скорость потока, равная $5,39 \cdot 10^{-3}$ м/сут, характерна для ленты тока 4–5, которая разгружалась в мелиорированный заболоченный болотный массив.

Сопоставление показателей химического состава подземных и поверхностных вод на участке месторождения песка и мела Хотиславское указывает на их хорошую гидравлическую естественную взаимосвязь. Эти воды имеют общий гидрокарбонатный кальциевый тип пресных вод с минерализацией от 123 до 653 мг/дм³. В последнее время наметилась определенная стабилизация режима подземных вод. Этому способствовало влияние компенсационного и отводящего каналов, технологического водоема в старом котловане и русле реки Рита.

При дальнейшей разработке месторождения до проектной глубины скорость фильтрации воды из компенсационного канала значительно возрастет и может произойти увеличение отрыва уровня подземных вод, в том числе из-за кольматации дна и бортов канала. Для разработки прогноза гидродинамического режима подземных вод были проведены полевые экспериментальные гидродинамические исследования, которые включали обследование эксплуатационных и наблюдательных скважин, колодцев, гидродинамические эксперименты (опытные прокачки) с определением фильтрационных параметров водоносных горизонтов.

Откачки из скважин проведены до стабилизации уровня. После стабилизации наблюдалось его восстановление. Фильтрационные параметры определены с использованием аналитического и графоаналитического методов. Наиболее удовлетворительные результаты получены при применении графоаналитического метода временного прослеживания.

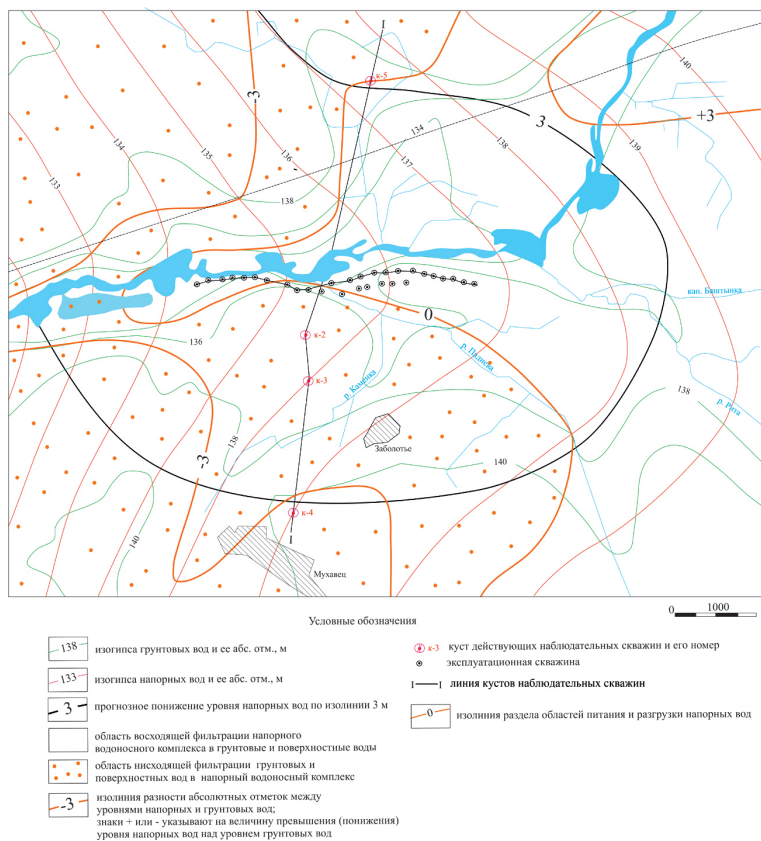


Рисунок 1 – Динамика подземных вод на участке водозабора Мухавецкий в естественных условиях

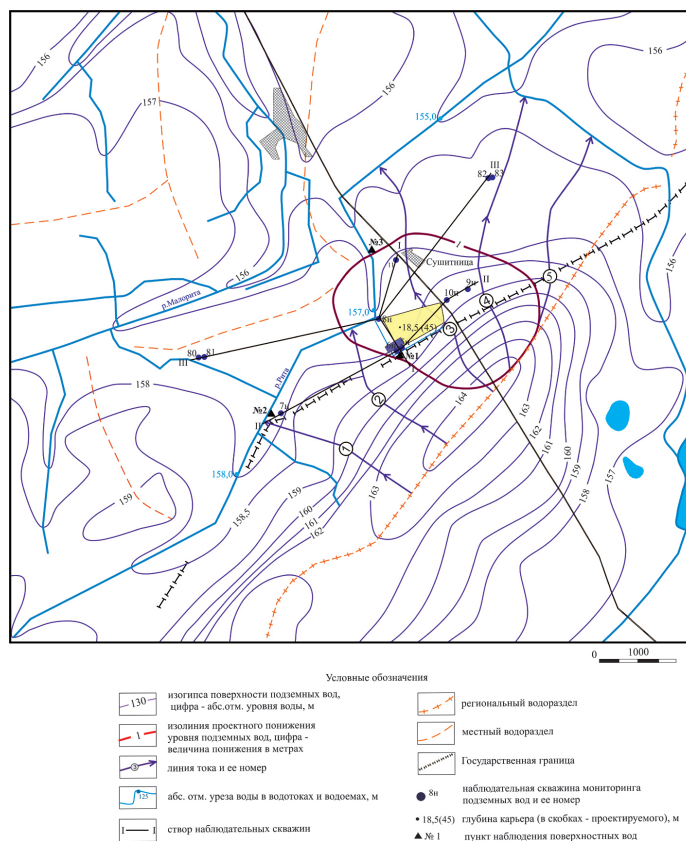
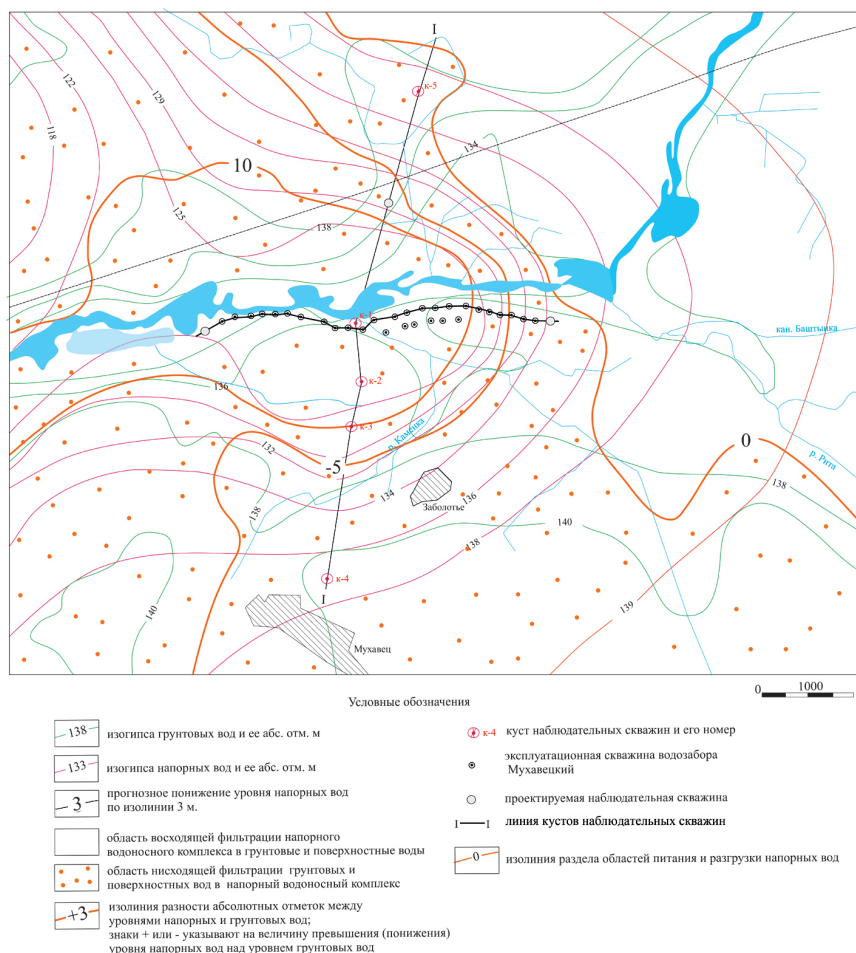


Рисунок 2 – Динамика грунтовых вод месторождения песка и мела Хотиславское в естественных условиях

Под влиянием водоотбора в перспективе вокруг водозабора Мухавецкий сформируется локальная депрессионная воронка радиусом 6–7 км, площадью более 40 км², которая на северо-западе сольется с общей региональной депрессией Брестских водозаборов. Значительно увеличится общая площадь питания напорных вод сверху (рис. 3). В пределы влияния

депрессионной воронки попадут населенные пункты, мелиоративные системы, водотоки и водоемы с различной степенью гидродинамического воздействия. В связи с этим в этих населенных пунктах необходимо предусмотреть инвентаризацию и, при необходимости, углубление колодцев и бурение мелких скважин, а также переход на централизованное водоснабжение.



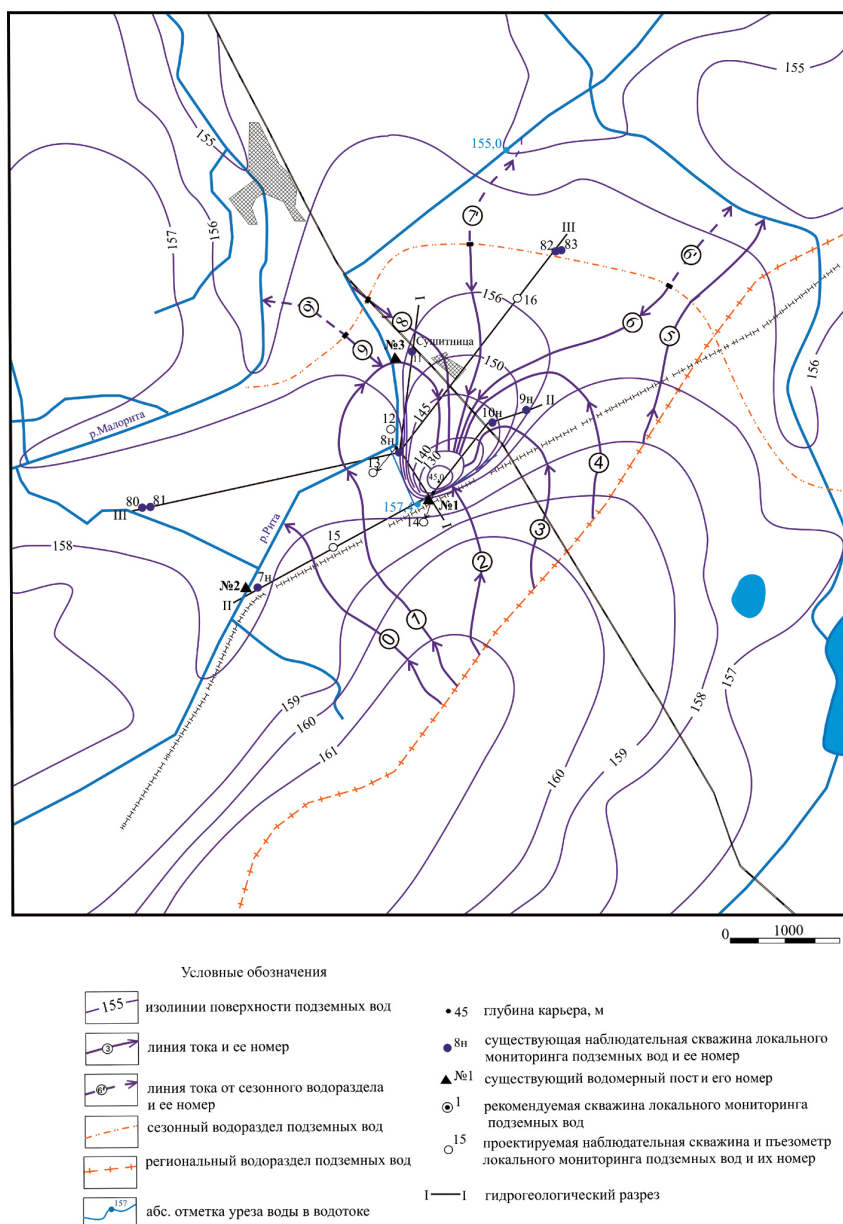


Рисунок 4 – Прогноз динамики подземных вод на месторождении песка и мела Хотиславское в нарушенных карьерным водоотливом условиях

Таблица 1 – Рекомендуемые мероприятия по рациональному использованию и охране подземных вод от истощения в белорусской части бассейна реки Западный Буг (водозабор Мухавецкий)

Пони- жение, м	Населенный пункт	Мелиоратив- ная система	Водоток, водоем	Мероприятия		
				Населенный пункт	Мелиоративный объект	Водоток
5–3	Деревни Заболотье, Кунак, Бульково	Шебрин, Бульково, Заболотье	Бульково	–	Реконструкция каналов	
5–10	Деревни Подлесье-Радваническое, Каменица-Жировецкая, Закни, Подлесье, дачи Тельмы-1,2	Шебрин, Закин	Реки Каменка, Паднева	Углубление колодцев, бурение мелких скважин	Создание прудов, накопителей, шлюзование каналов	
10–20 и бо- лее	Деревни Шебрин, Ямно, Вычулки, Волки	–	Река Каменка	Централизованное водоснабжение	–	Создание водохра- нилища

Для снижения негативного воздействия водоотлива предлагается выполнить комплекс водоохранных мероприятий: накопление атмосферных осадков в паводковые периоды в искусственном водохранилище (в верховьях рек Рита и Малорита);

усиление инфильтрационного питания подземных вод путем углубления и очистки русла реки Рита и отводящего канала к югу от карьера; создание второго компенсационного канала (табл. 2).

Таблица 2 – Рекомендуемые мероприятия по рациональному использованию и охране подземных вод от истощения в белорусской части бассейна р. Западный Буг (месторождение песка и мела Хотиславское)

Понижение, м	Населенный пункт	Мелиоративная система	Водоток, водоем	Мероприятия		
				Населенный пункт	Мелиоративный объект	Водоток
0,3–1,0	д. Сушитница	Река Рита	Вир, Сушитница, заказник «Липин»	Чистка и углубление колодцев	Чистка и реконструкция мелиоративных	–
1–10		Река Рита, отводящий канал	Сушитница, заказник «Липин»	Бурение неглубоких скважин	каналов, поддержание стока за счет водохранилища в верховьях рек Рита и Малорита	Чистка отводящего и создание на юге второго канала
>10	Промышленная зона	Компенсационный канал, технологический водоем	–	Чистка, углубление компенсационного канала и технологического водоема		

В условиях трансформации гидродинамического режима, при котором увеличиваются градиенты горизонтальной и вертикальной фильтрации и ускоряются процессы загрязнения подземных вод, важным профилактическим мероприятием является выявление источников и очагов загрязнения подземных вод с последующей их ликвидацией.

Для рационального использования и в целях охраны подземных вод от истощения в пределах прогнозных депрессий даны рекомендации, которые предусматривают инвентаризацию и углубление пересыхающих колодцев, бурение мелких скважин, а также, при необходимости, переход на централизованное водоснабжение.

На реках в рекреационных целях и для поддержания стока в мелиоративных системах необхо-

димо создание водохранилищ; на мелиоративных объектах – проведение реконструкции и дополнительного шлюзования каналов, а также строительство небольших прудов-накопителей атмосферных осадков в паводковые периоды. В зоне влияния карьера для усиления инфильтрационного питания подземных вод необходимо углубление русла реки Рита и отводящего канала и создание второго компенсационного канала к югу от котлована.

Результаты исследований получены в ходе выполнения научно-исследовательской работы «Исследование взаимовлияния поверхностных и подземных вод в условиях изменяющегося климата» ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» подпрограммы 10.1 «Природные ресурсы и их рациональное использование» на 2021–2025 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Комплексное** решение вопросов охраны окружающей среды при трансграничном воздействии разработки месторождения строительных материалов «Хотиславское» в Брестской области / В. П. Музыкин [и др.] // Геология и минерально-сырьевые ресурсы запада Восточно-Европейской платформы: Проблемы изучения и рационального использования : материалы Междунар. науч. конф., посвященной 215-летию со дня рождения И. Домейко. – Минск, 2017. – С. 299–302.
- 2. Коробейников, Б. И.** Особенности формирования эксплуатационных запасов различных типов месторождений подземных вод / Б. И. Коробейников, К. А. Курило // Водные ресурсы и устойчивое развитие экономики Беларуси : материалы науч.-техн. конф., Минск, 20–24 мая 1996 г. : в 2 т. / Центр. науч.-исслед. ин-т комплекс. использования вод. ресурсов ; редкол.: В.С. Усенко (пред.) [и др.]. – Минск, 1996. – Т. 2: Тезисы сообщений. – С. 155–156.
- 3. Методика** создания многопластовых геофильтрационных моделей для обоснования рационального использования месторождений подземных вод / В. И. Фоменко [и др.] // Рациональное природопользование в районах избыточного увлажнения : тез. докл. всесоюз. конф., Светлогорск, 3–5 окт. 1989 г. / Калинингр. гос. ун-т. – Калининград, 1989. – С. 152–153.

4. **Минкин, Е. Л.** Взаимосвязь подземных и поверхностных вод и ее значение при решении некоторых гидрогеологических и водохозяйственных задач / Е. Л. Минкин. – М. : Стройиздат, 1973. – 103 с.

5. **Мониторинг** подземных вод / О. А. Березко [и др.] // Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: результаты наблюдений, 2021 год / под общ. ред. М. И. Лемутовой. – Минск : Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», 2022. – С. 142–177.

6. **Мониторинг** трансграничного воздействия разработки месторождения «Хотиславское» (Беларусь) и перспективы обеспечения его экологической безопасности / О. И. Широков [и др.] // Материалы Третьей междунар. науч.-практ. конф. «Региональные геоэкологические проблемы в условиях устойчивого развития». – Ровно, 2018. – С. 395–402.

7. **Основы** гидрогеологических расчетов / Ф. М. Бочеввер [и др.]. – 2-е изд. – М. : Недра, 1969. – 367 с.

8. **Подземные** воды / Т. А. Кононова [и др.] // Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2021 г.). – Минск : Минприроды, Минздрав, 2022. – С. 68–99.

9. **Прогноз** состояния природной среды Беларуси на период до 2035 года / В. М. Байчоров [и др.] ; под общ. ред. В. С. Хомича ; Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2022. – 332 с.

10. **Справочное** руководство гидрогеолога / под общ. ред. В. М. Максимова. – М. : Недра, 1979. – 430 с.

11. **Станкевич, Р. А.** Артезианские воды Бреста и их использование: природные условия, история освоения и пути прогресса / Р. А. Станкевич. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2004. – 181 с.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 07.07.2023

Рэцэнзент В. І. Пашкевіч

РЭКАМЕНДАЦЫІ ПА РАЦЫЯНАЛЬНЫМ ВЫКАРЫСТАННІ І АХОВЕ ПАДЗЕМНЫХ ВОД АД ВЫЧАРПАННЯ Ў БЕЛАРУСКАЙ ЧАСТЦЫ БАСЕЙНА РАКІ ЗАХОДНІ БУГ

В. У. Васнёва, У. Я. Волкаў, В. А. Бярозка, Т. А. Конанава, А. М. Чэравач, **В. А. Буйневіч**

Дзяржаўнае прадпрыемства «НВЦ па геалогіі»

Філіял «Інстытут геалогіі»

вул. Акадэміка Купрэвіча, 7, 220084, Мінск, Беларусь

E-mail: nauka_ig@geologiya.by, gidrogeol@geologiya.by

На аснове аналізу шматгадовых даных рэжымных назіранняў за станам падземных вод у раёне размяшчэння водазабору Мухавецкі і радовішча будаўнічых матэрыялаў Хаціслаўскае, апублікаваных даных па асаблівасцях геалага-гідрагеалагічных умоў тэрыторыі даследаванняў, гідрадынамічнага прагнозу для аб'ектаў з парушанымі ўмовамі распрацаваны меры прадпрыемства, накіраваныя на рацыянальнае выкарыстанне і ахову падземных вод ад вычарпання.

Ключавыя словы: геалага-гідрагеалагічныя ўмовы, рэжымныя назіранні, водаадбор, гідрадынамічны прагноз, ахова падземных вод.

RECOMMENDATIONS FOR THE RATIONAL USE AND PROTECTION OF GROUNDWATER FROM DEPLETION IN THE BELARUSIAN PART THE WESTERN BUG RIVER BASIN

O. Vasneva, V. Volkov, O. Berezko, T. Kononova, E. Cherevach, **O. Buinevich**

State Enterprise «Research and Production Center for Geology»

Branch «Institute of Geology»

7 Akademika Kuprevicha St, 220084, Minsk, Belarus

E-mail: nauka_ig@geologiya.by, gidrogeol@geologiya.by

On the basis of analysis of long-term data of regime observations of the state of groundwater in the area of the Mukhavetsky water intake and the Khotislavskoye deposit, published data on the features of the geological and hydrogeological conditions of the study areas, forecast of the hydrodynamic state of groundwater for objects with disturbed conditions, measures aimed at the rational use and protection of groundwater from depletion are developed.

Keywords: geological and hydrogeological conditions, regime observations, water sampling, hydrodynamic forecast, protection of groundwater.