

УДК 504.4.062.2:504.43

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И ОХРАНЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ИСТОЩЕНИЯ В БЕЛОРУССКОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА РЕКИ ПРИПЯТИ

О. В. Васнёва, В. Е. Волков, О. А. Берёзко, Е. М. Черевач, Т. А. Кононова, К. Д. Ровкач

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

На основе детального анализа многолетних данных мониторинга подземных вод в естественных (слабонарушенных) и нарушенных эксплуатацией условиях, изучения особенностей геолого-гидрогеологических условий, проведения полевых, опытно-фильтрационных работ, уточнения количественных характеристик, с учетом развития площадей воронок депрессий и их влияния на состояние близлежащих водных объектов в районах расположения водозабора Лучежевичи и Микашевичского горнодобывающего района разработаны прогнозные карты гидродинамического режима подземных вод, даны рекомендации по развитию локального мониторинга подземных вод, разработаны водоохранные мероприятия по рациональному использованию и охране подземных вод от истощения в белорусской части бассейна р. Припять.

Ключевые слова: геолого-гидрогеологические условия, мониторинг поверхностных и подземных вод, локальный мониторинг подземных вод, водоотбор, прогноз гидродинамического режима подземных вод, охрана подземных вод.

ВВЕДЕНИЕ

Подземные воды в Республике Беларусь по объемам ежегодного использования многократно превосходят массу всех вместе взятых других добываемых из недр природных ресурсов. Хозяйственно-питьевое водоснабжение в стране базируется на использовании пресных подземных вод. Поэтому наиболее актуальной задачей сегодня является решение вопросов рационального использования и их охраны от загрязнения и истощения. 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, именно поэтому весьма важно прогнозировать, когда и где могут произойти такие негативные изменения. 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 [12].

Климатические изменения (неравномерность внутригодового перераспределения стока, резкие оттепели в зимний период, ранние наступления весеннего половодья, и увеличение интенсивности дождевых паводков и т.д.) так или иначе влияют не только на режим поверхностных водных объектов,

но и на взаимосвязанные с ними подземные воды, что, в свою очередь, требует проведения различных адаптационных, природоохранных и других мероприятий для смягчения последствий такого влияния.

К наиболее уязвимой (чувствительной) к происходящим климатическим изменениям можно отнести южную часть бассейна р. Припять, особенно там, где, помимо природных (метеоусловия, гидрологические и геолого-гидрогеологические условия), накладываются и антропогенные факторы (групповые водозаборные сооружения, добыча различных полезных ископаемых, ведение сельского хозяйства, сеть мелиоративных каналов и др.).

Территория исследований характеризуется достаточно высокой степенью хозяйственного освоения. В регионе действуют предприятия как промышленного (нефтехимическая, горнодобывающая отрасли, машиностроение, металлообработка, легкая, пищевая, топливная, деревообрабатывающая промышленность, производство строительных материалов), так и агропромышленного комплекса (продовольствие и сельскохозяйственное сырье).

Эксплуатация подземных вод осуществляется групповыми водозаборами г. Минск, Мозырь, Калинковичи, Слуцк, Пинск, Пружины, а также множеством ведомственных и одиночных скважин из четвертичных и дочетвертичных отложений в количестве 69,6 млнм³/год [2; 6].

Использование разведанных эксплуатационных запасов подземных вод составляет 17,17 % от

утвержденных балансовых запасов (по категориям $A + B + C_1$), что свидетельствует об обеспеченности территории пресными подземными водами [11]. Вместе с этим интенсивный сосредоточенный отбор пресных подземных вод, водопонижение, мелиорация и т. д. приводят к изменениям естественных условий питания и разгрузки водоносных комплексов, при этом формирование крупных депрессионных воронок в подземных водах радиусом 5–7 км и более является причиной осушения смежных водоносных горизонтов (комплексов), выхода из строя мелиоративных объектов, оседания земной поверхности [13].

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для обоснования выбора ключевых объектов, прогноза гидродинамического режима и разработки рекомендаций по водоохранным мероприятиям территории исследований авторами собраны, систематизированы геолого-гидрогеологические материалы; с применением методов статистической обработки проанализированы данные Государственного водного кадастра и мониторинга подземных вод; разработаны критерии и выбраны ключевые объекты; выполнены полевые исследования (замеры уровней в колодцах, реках, мелиоративных каналах, обследование эксплуатационных и наблюдательных скважин и др.) с проведением опытно-фильтрационных работ (ОФР) по локальной сети скважин, расположенной в районе ключевых объектов; построены прогнозные карты гидродинамического режима подземных вод и даны рекомендации по водоохранным мероприятиям [1; 3; 4; 10].

Большой вклад в изучение особенностей геолого-гидрогеологических условий территории исследований, разведку и оценку запасов месторождений подземных вод, разработку математических моделей геофильтрации и геомиграции внесли С. С. Белецкий, М. Ф. Козлов, В. И. Пашкевич, В. И. Фоменко, К. А. Курило, А. М. Гречко и др.

В гидрогеологическом отношении большая часть территории бассейна р. Припять относится к Припятскому артезианскому бассейну. На западе она охватывает восточные склоны Брестского артезианского бассейна, а на севере – юго-западные склоны Оршанского артезианского бассейна. Границами между основными гидрогеологическими структурами являются линии подземного водораздела, проходящие по наиболее высоким участкам седловин и погребенных выступов [2; 5]. На территории исследований определены 5 основных водоносных комплексов, используемых для

хозяйственно-питьевого водоснабжения: днепровский-сожский водно-ледниковый комплекс (f,lgIId-sz), березинский-днепровский водно-ледниковый комплекс (f,lgIbr-IId), палеогеновый и неогеновый терригенный комплекс (P + N), меловой карбонатно-терригенный комплекс (K), верхнепротерозойский терригенный комплекс (R+V) (здесь и далее наименования и индексы водоносных горизонтов (комплексов) приводятся в соответствии с [9]).

На территории исследований (начиная с 1950–1960 гг.) проводится мониторинг подземных вод в естественных (слабонарушенных) и нарушенных эксплуатацией условиях (рис. 1).

По многолетним данным режимных наблюдений за состоянием уровней подземных вод (1989–2020 гг. по 25 гидрогеологическим постам) в естественных (слабонарушенных) условиях установлено, что основное влияние на ход уровней подземных вод на территории исследований оказывают метеорологические факторы. Наиболее засушливыми здесь были 2002, 2015, 2018 и 2020 гг., а полноводными – 1998, 2004, 2016 и 2017 гг., что отразилось на глубине залегания уровней подземных вод. К примеру, в 1998-й (полноводный год) уровень воды был на глубине 1,89–2,25 м, а в наиболее маловодном 2015 г. – на глубине 2,79–3,29 м. Весенние и осенние периоды характеризуются интенсивным питанием, а летний и зимний – расходом подземных вод.

В *нарушенных эксплуатацией условиях* положение уровня подземных вод напрямую зависит от величины водоотбора. При наличии тесных гидравлических взаимосвязей между грунтовыми водами и нижележащими эксплуатируемыми водоносными комплексами отмечаются синхронные колебания уровней подземных вод. На гидродинамический режим существенное влияние оказывает и 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 и т. д. [11].

На основании обобщенной информации об особенностях гидродинамического режима, факторах его формирования в естественных и нарушенных эксплуатацией условиях и т. д. определены критерии 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 т. д. С учетом перечисленного к ключевым объектам отнесены: **Микашевичский горнодобывающий район и водозабор Лучежевичи** (рис. 1) как наиболее крупные объекты сосредоточенного

гидродинамического воздействия на режим подземных и поверхностных вод, характеризующиеся взаимосвязью (открытостью) эксплуатируемого водоносного комплекса с поверхностными водами.

Важным явилось и то, что в районе расположения объектов проводятся наблюдения за изменением уровня режима подземных вод, имеются наиболее полные ряды данных.

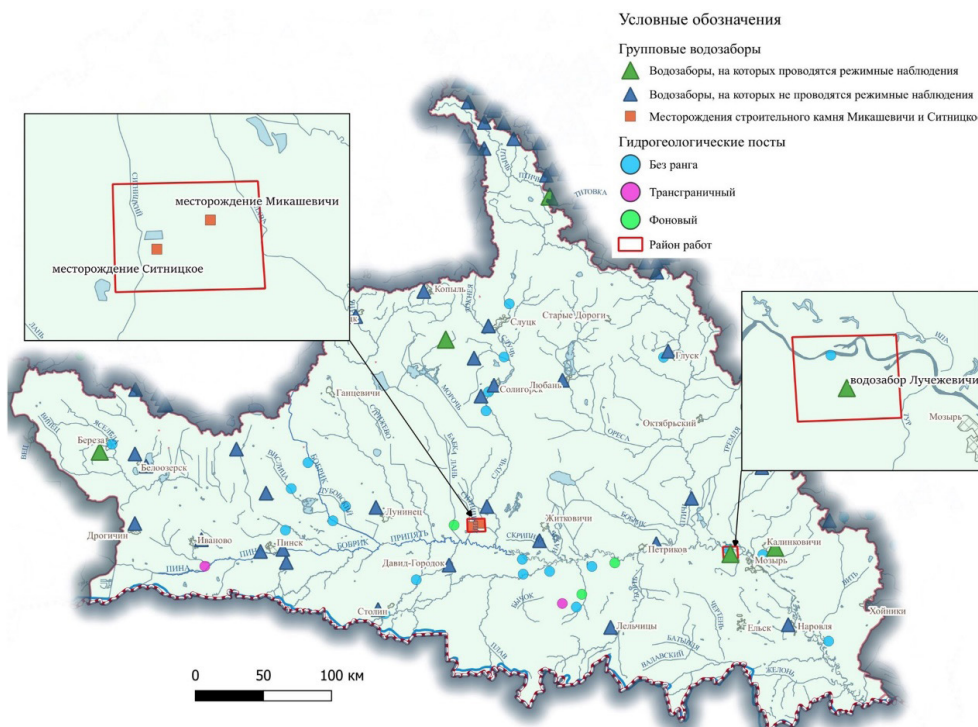


Рисунок 1 – Карта-схема расположения гидрогеологических постов и групповых водозаборов на территории бассейна р. Припять по данным [8; 11]

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Водозабор Лучежевичи расположен на левобережье р. Припять в 12–18 км северо-западнее г. Мозыря, был разведен для хозяйственно-питьевого водоснабжения Мозырского промрайона и эксплуатирует безнапорно-напорные подземные воды четвертичных, неогеновых и палеогеновых песчаных отложений с проектной производительностью более 100 тыс. м³/сут [6].

К естественным факторам формирования гидродинамического режима подземных вод в районе водозабора Лучежевичи относятся: климат, рельеф, геологическое строение, фильтрационные и емкостные свойства водовмещающих пород, наличие водоупоров, гидрология р. Припять и р. Тур. Формирование водоотбора обеспечивается на 80–90 % за счет привлечения речных вод.

Общее движение подземных вод в естественных условиях происходит с юга на север к долине р. Припять. Величина уклона зеркала подземных вод в среднем составляет 0,002. Дебиты скважин

при опробовании эксплуатируемого водоносного комплекса ($Q + P$) варьировали от 43,5 до 75,9 л/с при понижении уровня 4,5–7,2 м.

Под влиянием водоотбора (нарушенные эксплуатацией условия) на поверхности подземных вод сформировалась воронка радиусом до 3–6 км, максимальные размеры которой по изолинии 1,0 м наблюдались в 1993 г. и прослеживались до 2010 г. Развитие депрессии на север в значительной степени ограничивается рекой (особенно в паводковый период) и разгрузкой нижележащих напорных водоносных горизонтов. В дальнейшем по мере сокращения водоотбора его площадное влияние на уровень режим подземных вод постепенно уменьшилось.

Основываясь на подходах [1; 7], для участка водозабора Лучежевичи построены гидродинамические карты поверхности подземных вод в естественных и нарушенных эксплуатацией условиях, где гидродинамические сетки позволили определить основные элементы потоков: напоры, разность уровней (ΔS), градиенты, скорость фильтрации, расходы и оценить их изменение под влиянием водоотбора (рис. 2, 3).

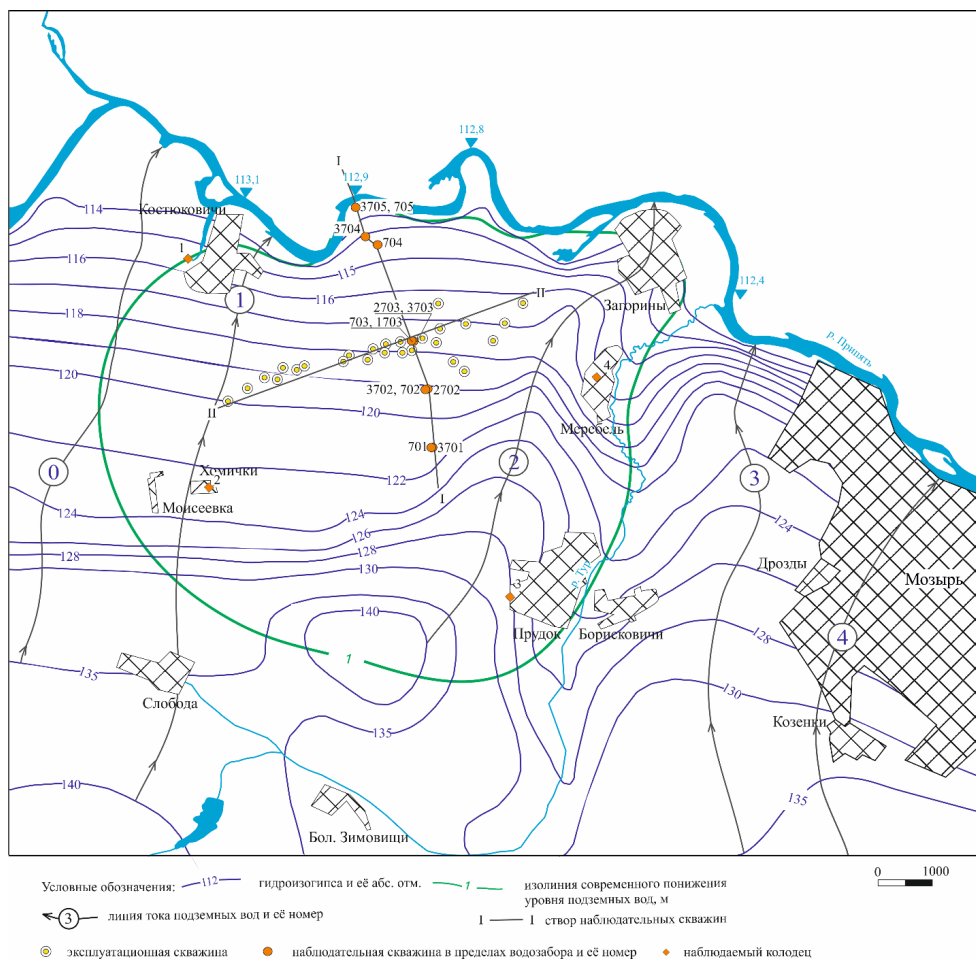


Рисунок 2 – Динамика подземных вод на участке водозабора Лучезевичи в естественных условиях

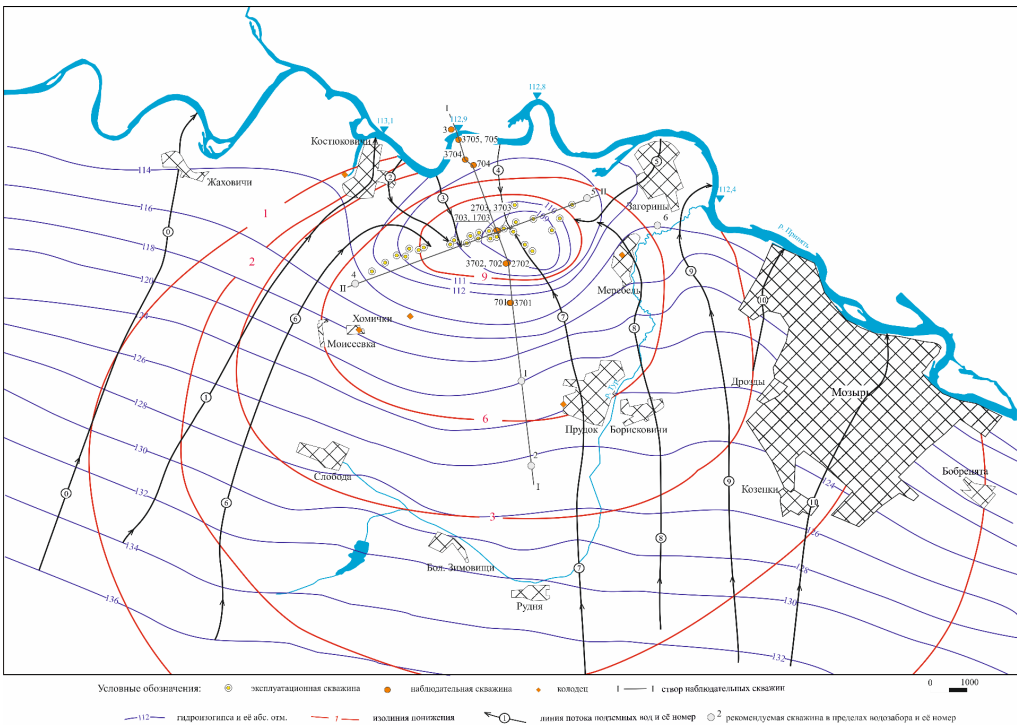


Рисунок 3 – Прогноз динамики подземных вод на участке водозабора Лучезевичи в нарушенных условиях

Основные гидродинамические характеристики режима потока показывают направление движения подземных вод, которое характеризуется линиями тока (линии равных напоров). Проекции линий равных напоров на горизонтальную поверхность представляют собой гидроизопезы (для напорных вод) и гидроизогипсы (для грунтовых вод).

Основная область питания напорно-безнапорного водоносного комплекса находится южнее исследуемого участка за изогипсой 130 м. Гидродинамическое влияние р. Тур более заметно в сторону коренного берега. Суммарный приток подземных вод в речную сеть с площади около 190 км² составляет 40 617 м³/сут. Модуль подземного питания речной сети (естественные ресурсы) составляет 2,47 л/с с км², что объясняется высокой степенью расчлененности рельефа правобережной части территории.

В нарушенных условиях режим определяется существенной деформацией гидродинамической сетки потока в нижнем течении междуречья р. Припять и р. Тур вследствие изменения ее первоначальных основных элементов – напоров, градиентов скорости фильтрации. Кроме линий тока 1–10 от водораздела, в депрессионную воронку по-

ступают потоки подземных вод по линиям тока 2–5 со стороны р. Припять, увеличились градиенты и скорости фильтрации подземных вод, сформировалась гидродинамическая сетка с основными линиями тока и падением напора в сторону водозаборных скважин (рис. 3).

В прогнозируемых нарушенных условиях водозабора Лучежевичи на поверхности водоносного комплекса сформируется по изолинии 2 м депрессионная воронка радиусом 3,0–12,5 км, площадью около 80 км², в пределах которой будут находиться западная окраина г. Мозыря, д. Бобреньята, Костюковичи, Рудня, а также мелиоративные системы, водотоки и водоемы. Здесь могут выйти из строя местные источники водоснабжения (шахтные колодцы), поэтому необходимо предусмотреть ревизию их состояния, провести чистку и/или углубление колодцев. Понижение уровня менее 2 м прогнозируется на мелиоративных землях у д. Рудня и западнее д. Костюковичи, на которых после ревизии каналов может быть проведена их реконструкция (табл. 1).

В зону влияния с понижением 2–3 м попадут населенные пункты Дрозды, Козенки, Зимовищи, Слобода.

Таблица 1 – Рекомендуемые водоохранные мероприятия для рационального использования и охраны подземных вод от истощения в районе участка водозабора Лучежевичи

Пони- жение, м	Населенный пункт	Мелиоративная система	Водоток, водоем	Мероприятия		
				Населенный пункт	Мелиора- тивный объект	Водоток
1–2	Западная окраина г. Мозыря, д. Бобреньята, Костюковичи, Рудня	Рудня, западнее Костюковичей	Верховья р. Тур	Ревизия, чистка и углубление колодцев	Реконструкция каналов	
2–3	д. Дрозды, Козенки, Зимовищи, Слобода	Малые и Большие Зимовищи, южнее Костюковичей	Канал Борисковичи, р. Тур южнее д. Борисковичи	Углубление колодцев иглофильтров бурение мелких скважин	Создание прудов- накопителей, шлюзование каналов	
>3	д. Загорины, Моисеевка, Хомички, Меребель, Прудок, Борисковичи	–	Канал Борисковичи р. Тур в нижнем течении	Централизо- ванное водоснабжение	–	Перехват паводков и ливневых вод в водохранилищах

Здесь полностью могут выйти из строя существующие колодцы, а также мелиоративные системы у д. Зимовищи и южнее д. Костюковичи, мелиоративный канал Борисковичи и р. Тур (южнее д. Борисковичи). Восстановление водоснабжения

возможно с помощью бурения неглубоких скважин глубиной до 10–15 м или забивки иглофильтров в дно колодцев. Реконструкция и восстановление мелиоративных систем и каналов возможна с помощью прудов накопителей и шлюзования каналов.

В зону с понижением уровня более 3 м, значительно изменяющим режим подземных вод, попадут д. Моисеевка, Хомички, Загорье, Меребель, Прудок и Борисковичи, а также р. Тур в нижнем течении. Здесь должна быть предусмотрена организация централизованного водоснабжения с помощью одиночных эксплуатационных скважин или от водозабора Лучежевичи.

На основании результатов прогнозирования установлено, что существующая в преде-

лах водозабора сеть мониторинга недостаточна и может быть оптимизирована путем продления створа I–I, а именно организации наблюдений за состоянием подземных вод в скважинах 1 и 2 (для изучения склонового и водораздельного режимов), при этом в скважине 2 (до начала увеличения водоотбора) можно наблюдать фоновый водораздельный режим (табл. 2, рис. 3).

Таблица 2 – Предложения по оптимизации государственной сети наблюдений за состоянием подземных вод на участке водозабора Лучежевичи с учетом прогнозного изменения гидродинамического режима

№ п/п	Пункты наблюдений		Вид пункта наблюдений	Индекс водоносного горизонта (комплекса) [9]	Створ	Тип гидродинамического режима
	Действующие	Перспективные				
1	701	–	Скважина	P+Q	I–I	Нарушенный склоновый режим
2	3701	–	Скважина	f,lgI-II	I–I	
3	702	–	Скважина	P+Q	I–I	
4	2702	–	Скважина	P ₂ kv	I–I	
5	3702	–	Скважина	f,lgI-II	I–I	
6	703	–	Скважина	P+Q	I–I	Нарушенный режим в центре депрессии
7	1703	–	Скважина	K ₂ t-km	I–I	
8	2703	–	Скважина	P ₂ kv	I–I	
9	3703	–	Скважина	f,lgI-II	I–I	Прирусловый нарушенный режим
10	704	–	Скважина	P+Q	I–I	
11	3704	–	Скважина	f,lgI-II	I–I	Пойменный нарушенный режим
12	705	–	Скважина	P+Q	I–I	
13	3705	–	Скважина	f,lgI-II	I–I	Нарушенный склоновый режим
14	–	1	Скважина	P+Q	I–I	
15	–	2	Скважина	P+Q	I–I	Фоновый водораздельный режим
16	–	3	Скважина	aIV	I–I	Фоновый пойменный режим
17	–	4	Скважина	P-N	II–II	Режим на флангах водозабора
18	–	5	Скважина	P-N	II–II	
19	–	6	Скважина	f,lgI-II	–	Прирусловый режим р. Тур
20	–	1	Колодец	aIIIpz	–	Прирусловый режим грунтовых вод
21	–	2	Колодец	aIIIpz	–	Склоновый режим грунтовых вод
22	–	3	Колодец	fIIId ^s	–	
23	–	4	Колодец	fIIId ^s	–	

На севере, в скважине 3 за рекой, должны осуществляться наблюдения фонового пойменного режима и контролировать условия взаимосвязи подземных и поверхностных вод. В створе II–II, проходящем через линию водозабора, на западном и восточном флангах водозабора рекомендуется проводить наблюдения в скважинах 4 и 5. В скважине 6, расположенной на левом берегу р. Тур, необходимо организовать постоянные наблюдения за условиями взаимосвязи подземных и поверхностных вод (рис. 3).

Колодцы в населенных пунктах д. Костюковичи, Моисеевка, Прудок и Меребель находятся в рабочем состоянии и могут быть использованы без каких-либо существенных затрат в качестве по-

стоянных наблюдательных пунктов для контроля положения уровня подземных вод в границах современной депрессионной воронки и его снижения при увеличении водоотбора на водозаборе Лучежевичи.

В состав *Микашевичского горнодобывающего района* входят разрабатываемое с 1973 г. месторождение строительного камня Микашевичи и осваиваемое с 2015 г. месторождение строительного камня Ситницкое. В составе полезного ископаемого преобладают граниты (около 90 %).

Широкомасштабная разработка горнодобывающего района ведется открытым способом под защитой карьерного водоотлива с максимальной

производительностью свыше 120 тыс. м³/сут. В общем балансе формирования карьерного водоотлива доля подземных вод на этапе стабилизации составляет около 80 %, остальная часть приходится на приток из ближайших водотоков и водоемов с подземным стоком, приток атмосферных осадков со склоновым стоком с прилегающих территорий.

При разработке месторождений с карьерным водоотливом на месторождениях формируются депрессионные воронки, в пределах которых происходит осушение обводненных пластов, снижение уровня в водоносных горизонтах и сокращение поверхностного стока. Развитие депрессионных воронок в напорных горизонтах происходит значительно быстрее, чем при осушении безнапорных пластов [13].

В региональной депрессии под воздействием водоотлива из месторождения Микашевичи прекратился сток в р. Вальчувка, р. Волохва, кан. Ситницкий и Гленбока. В зону заметного влияния в перспективе попадут каналы Глухая Лань, Панговский, р. Случь и р. Припять. Согласно исследованиям А. М. Гречко, В. Е. Волкова и др. при эксплуатации месторождения Микашевичи произошли и гидрохимические изменения поверхностных и подземных вод (привлечение соленых вод из более глубоководящих водоносных горизонтов).

Гидрогеологические условия месторождений Ситницкое и Микашевичи довольно схожие. Основными водоносными горизонтами и комплексами, распространенными в районе Микашевичского горнодобывающего комплекса, являются водоносные горизонты (комплексы) четвертичных, неогеновых, палеогеновых, меловых, юрских, каменноугольных, девонских и протерозойских отложений. Удельные значения водопритоков, рассчитанные для площади запасов по промышленным критериям, практически одинаковы.

Гидродинамический режим безнапорно-напорных подземных вод четвертичного, палеоген-неогенового водоносного комплекса в первую очередь определялся дренирующим влиянием русел р. Лань, р. Случь, р. Припять, а также сетью мелиоративных каналов.

В естественных условиях основная область питания эксплуатируемого водоносного комплекса находилась в северной части междуречья, выше гидроизогипсы 132 м. Основные линии тока междуречья 1–4 направлены от области питания с севера на юг в сторону р. Припять. Напорные градиенты составляют $4,2\text{--}4,8 \times 10^{-4}$, скорость потока изменяется в пределах $2,8\text{--}3,2 \times 10^{-3}$ м/сут. Суммарный рас-

ход потока подземных вод, поступающих из междуречья непосредственно в русло р. Припять, равен $1576 \text{ м}^3/\text{сут}$. При этом минимальная скорость потока $2,8 \times 10^{-3}$ м/сут, характерна для линии тока 3 в центральной, наиболее заболоченной части междуречья. Линии тока 5–8 направлены в сторону русла р. Случь. Напорные градиенты составляют $4,0\text{--}5,0 \times 10^{-4}$ м/сут, а скорость фильтрации потока изменяется в пределах $2,7\text{--}3,4 \times 10^{-3}$ м/сут. Суммарный расход потока подземных вод непосредственно в р. Случь – $961 \text{ м}^3/\text{сут}$ (рис. 4).

Гидродинамическая сетка фильтрационного потока подземных вод междуречья в естественных условиях наиболее деформирована, особенно в паводковые и в меньшей степени в межсезонные периоды. Суммарный приток подземных вод из заболоченного междуречья в естественных условиях составляет $2537 \text{ м}^3/\text{сут}$, при этом модуль подземного стока в р. Припять, Случь, Лань – не более $0,1 \text{ л/с на км}^2$, что объясняется значительным превышением испарения над инфильтрации атмосферных осадков в зоне аэрации мощностью не более 1,0–1,5 м.

В прогнозируемых нарушенных условиях междуречья основное направление линий тока подземных вод определяется дренирующим влиянием водоотлива из карьеров Микашевичского горнодобывающего района при проектной глубине отработки полезного ископаемого (рис. 5).

Гидродинамический режим подземных вод в нарушенных условиях характеризуется изменением его первоначальных элементов (напоров, градиентов, скорости фильтрации и расходов) вследствие техногенной деформации гидродинамической сетки потока в междуречьи. Основные линии тока 2–7 от области питания с северной части междуречья с градиентами от $1,0 \times 10^{-2}$ до $8,6 \times 10^{-3}$ направлены в стороны котлованов Микашевичского горнодобывающего района, максимальный градиент находится на линии тока 4 (центр депрессии). Линия тока 1 вдоль р. Лань ограничивает с запада современное гидродинамическое влияние водоотлива из карьеров. С севера и северо-востока в котлованы поступает около $12\,400 \text{ м}^3/\text{сут}$ воды. Линия тока 8 вдоль р. Случь с градиентом $4,3 \times 10^{-4}$ ограничивает совместное влияние водоотлива на востоке. Вдоль линий тока 10–13 с максимальными градиентами $1,4\text{--}1,5 \times 10^{-2}$, со стороны р. Припять, в депрессию привлекается около $15\,100 \text{ м}^3/\text{сут}$ подземных вод. Остаточный поток в р. Припять по линиям тока 14–17 с градиентами $2,2\text{--}4,3 \times 10^{-2}$ не превышает $560 \text{ м}^3/\text{сут}$ воды.

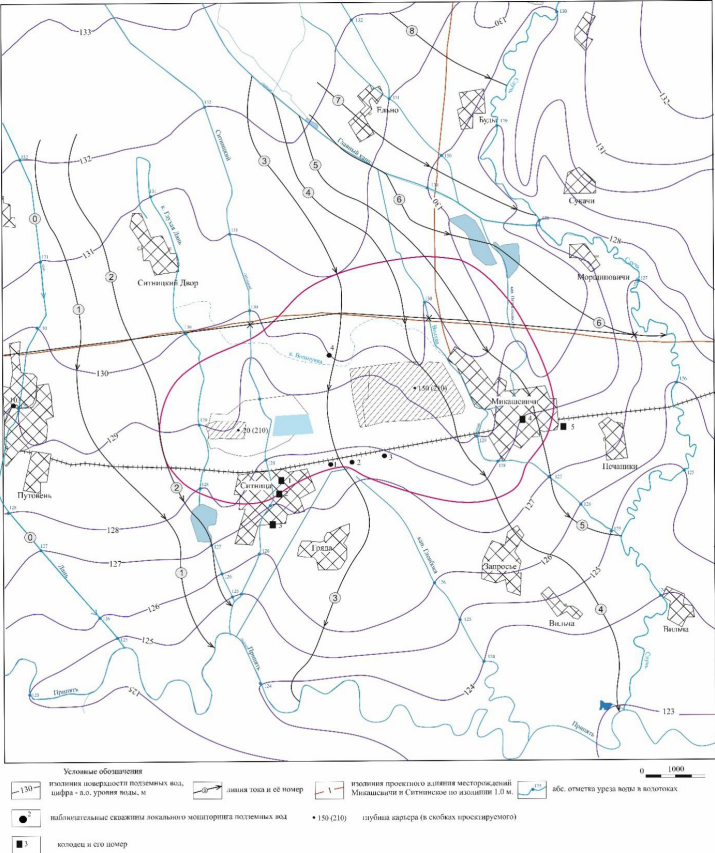


Рисунок 4 – Динамика подземных вод в районе расположения Микашевичского горнодобывающего района в естественных условиях

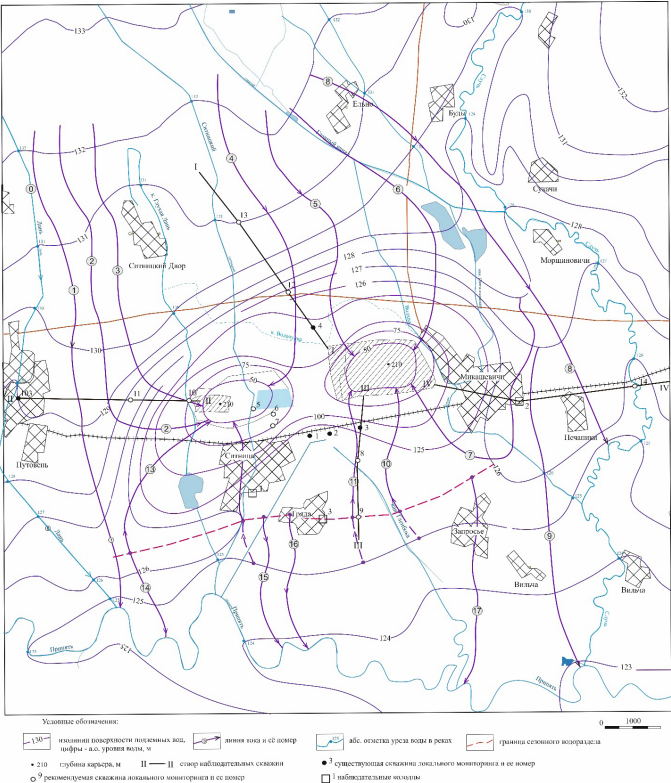


Рисунок 5 – Прогноз динамики подземных вод в районе расположения Микашевичского горнодобывающего района в нарушенных карьерным водоотливом условиях

Естественный гидродинамический режим подземных вод в нижнем течении междуречья р. Лань и р. Случь на площади около 300 км² трансформируется под влиянием карьерного водоотлива при совместном освоении месторождений Микашевичи и Ситницкое. Увеличатся градиенты фильтрации подземных вод, возрастут скорости потоков и изменится их основное направление ламинарного потока с севера на юг в сторону р. Припять на радиальную фильтрацию в сторону карьерных котлованов. Основные потоки подземных вод будут направлены в сторону карьерных котлованов глубиной 100–150 м и более.

Стабильный приток подземных вод в карьерные котлованы (без учета атмосферных осадков и увеличения инфильтрации) составит 27,0 тыс.м³/сут. Минимальный общий дренаж подземных вод речной сетью и котлованами, рассчитанный по гидродинамическим параметрам, будет равен 28,3 тыс. м³/сут. Прогнозный модуль питания подземных вод за счет увеличения инфильтрации атмосферных осадков и сокращения испарения в зоне аэрации составит около 1,1 л/с с км², что вполне соответствует проведенным ранее исследованиям по оценке естественных ресурсов подземных вод в бассейне р. Припять.

В нарушенных гидродинамических условиях произойдет существенное изменение взаимовлияния поверхностных и подземных вод, а именно в результате деформации гидродинамической сетки сократится приток подземных вод в речную сеть; основные линии тока подземных вод будут направлены в сторону котлованов под воздействием их дренирующего влияния.

В результате регионального гидродинамического воздействия карьерного водоотлива на месторождения Микашевичи и Ситницкое на поверхно-

сти напорно-безнапорного водоносного комплекса сформируются объединенные депрессионные воронки радиусом от 3–4 до 7–8 км и общей площадью около 75 км² (рис. 5).

В зону влияния попадут населенные пункты Микашевичи, Ситница, каналы Глухая Лань, Ситницкий, Вольчувка, Волхва, Гленбока, Панталовский, шламохранилище, р. Случь и р. Припять. На фоне региональной депрессии от карьерного водоотлива под локальным гидродинамическим воздействием шламохранилища сформируется купол засоленных вод радиусом 1,5–2,0 км, который частично дренируется каналом Ситницкий.

Для снижения последствий негативного воздействия водоотлива на природную среду предлагается выполнить комплекс водоохраных мероприятий, направленных на сохранение источников водоснабжения в населенных пунктах и поддержание стока в мелиоративных каналах за счет пресных подземных вод, полученных при раздельном дренаже из карьерного котлована или путем перехвата стока атмосферных осадков в паводковые периоды, а именно:

– в краевых частях депрессии при понижении уровня воды 1–5 м в населенных пунктах возможно сохранение источников водоснабжения в виде колодцев при их чистке или углублении путем забивки иглофильтров в дно шахтных колодцев;

– поддержание стока мелиоративных каналов возможно при создании резервного водохранилища в верховьях канала Ситницкий, между населенными пунктами Ситницкий Двор и Ельно, а также создания дополнительного накопителя пресных карьерных вод, полученных в результате системы раздельного дренажа подземных вод на северном уступе 90 м карьера Микашевичи (табл. 3).

Таблица 3 – Рекомендуемые водоохранные мероприятия для рационального использования и охраны подземных вод от истощения в районе месторождений строительного камня Микашевичи и Ситницкое

Понижение м	Населенный пункт, промзона	Водоток, водоем	Мелиоративная система	Мероприятия		
				Населенный пункт	Мелиоративный объект	Водоток, водоем
1–5	д. Ситница, г. Микашевичи	Каналы Гленбока, Глухая Лань, Ситницкий, Волхва, Панталовский, судоходный канал	Урочище Сухильно, Свидно, Навины, Погибли	Ревизия, чистка и углубление колодцев с помощью иглофильтров	Чистка и реконструкция каналов, поддержание стока за счет водохранилища в верховьях канала Ситницкий	
5–30		Каналы Глухая Лань, Ситницкий, Волхва, Панталовский, пруды в городе Микашевичи	Урочище Навины	Бурение скважин	–	
30–50	г. Микашевичи, д. Ситница промзона	Шламохранилище	–	Централизованное водоснабжение	–	Перенос шламохранилища, создание накопителя карьерных пресных вод

Также необходимо отметить, что при составлении прогноза изменения гидродинамического режима подземных вод междуречья, в результате совместного влияния карьерного водоотлива на месторождения Микашевичи и Ситницкое установлено, что существующая сеть мониторинга подземных вод, состоящая

из 4 скважин на грунтовые воды глубиной 12–15 м, прилегающих к карьеру Микашевичи, недостаточна (рис. 5). Сеть мониторинга должна быть значительно расширена и дополнена наблюдательными пунктами в виде 4 створов со скважинами глубиной до 40–50 м и колодцами в населенных пунктах (табл. 4).

Таблица 4 – Предложения по оптимизации государственной сети наблюдений за состоянием подземных вод на участках месторождений Микашевичи – Ситницкое с учетом прогнозного изменения гидродинамического режима

№ п/п	Пункты наблюдений		Вид пункта наблюдений	Индекс водоносного горизонта [9]	Створ	Тип режима подземных вод	Рекомендации
	действующие	перспективные					
1	1	–	Скважина	laIIIpz	–	Нарушенный режим грунтовых вод	Углублять скважины при постоянном падении уровня
2	2	–	Скважина	laIIIpz	–		
3	3	–	Скважина	laIIIpz	III–III		
4	4	–	Скважина	laIIIpz	I–I		
5	103	–	Скважина	P+N	II–II	Естественный склоновый режим водоносного комплекса в долине р. Лань	
6	–	5	Скважина	f,lgI-II	–	Фильтрация из шламохранилища в канал Ситницкий	
7	–	6	Скважина	f,lgI-II	–	Фильтрация из шламохранилища	
8	–	7	Скважина	f,lgI-II	–		
9	–	8	Скважина	f,lgI-II	III–III	Режим сезонного водораздела между р. Припять и карьерами	
10	–	9	Скважина	aIV	III–III	Режим сезонного водораздела	
11	–	10	Скважина	laIIIpz	II–II	Условия взаимосвязи подземных вод и кан. Глухая Лань	
12	–	11	Скважина	laIIIpz	II–II	Слабонарушенный режим междуречья	
13	–	12	Скважина	f,lgI-II	I–I	Нарушенный режим междуречья	
14	–	13	Скважина	laIIIpz	I–I	Слабонарушенный режим междуречья	
15	–	14	Скважина	f,lgI-II	IV–IV	Естественный прирусловый режим в долине р. Случь	
16	–	1	Колодец	laIIIpz	–	Нарушенный режим грунтовых вод	Углубить и почистить колодец в д. Ситница
17	–	2	Колодец	laIIIpz	IV–IV		Углубить и почистить колодец на ЮВ окраине г. Микашевичи
18	–	3	Колодец	laIIIpz	–	Режим сезонного водораздела	Обследовать и почистить колодец в д. Гряда

Предлагается создать створ I–I северо-западнее от существующей скважины 4 в сторону области питания грунтовых вод и организовать наблюдения в скважинах 12 и 13 по мере развития депрессии в этом направлении, что позволит контролировать изменение питания водоносного горизонта со стороны водораздела.

К западу от месторождения Ситницкое (в сторону р. Лань) предлагается создать створ II–II (скважины 10, 11 и 103), который позволит получать сведения об условиях изменения взаимосвязи подземных и поверхностных вод канала Глухая Лань в процессе снижения уровня воды (скважина 10) и слабонарушенном режиме междуречья

(скважина 11). По скважине 103 продолжить наблюдения за склоновым режимом (естественные условия) долины р. Лань.

В створ III–III предлагается включить скважины 3, 8, 9 в южном направлении, в сторону р. Припять, что позволит изучать условия взаимосвязи подземных и поверхностных вод. В скважинах 8, 9 будет наблюдаться режим сезонного «плавающего» водораздела между р. Припять и карьерами, проходящем в полосе между двумя гидроизогипсами 125 м (рис. 5). В колодце 3, расположенном в д. Гряда, после обследования можно также наблюдать режим уровней «плавающего» водораздела.

Створ IV–IV направлен от карьера в сторону р. Случь и будет состоять из колодца 2 (юго-восточная окраина г. Микашевичи) и скважины 14 (правый берег р. Случь). В колодце 2 фиксируется увеличение влияния водоотлива. В скважине 14 наблюдается прирусловый режим подземных вод на правом берегу р. Случь. Колодцы 1–3 (в населенных пунктах Микашевичи, Ситница и Гряда) после обследования и чистки могут использоваться в качестве постоянных пунктов наблюдения за режимом грунтовых вод.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основе выполненных исследований дан прогноз изменения гидродинамического режима на участке водозабора Лучежевичи и в районе разработки месторождений строительного камня Микашевичи и Ситницкое.

В прогнозируемых нарушенных условиях водозабора Лучежевичи на поверхности водоносного комплекса по изолинии 1,0 м сформируется депрессионная воронка радиусом 3,0–12,5 км, площадью около 80 км². В зону влияния водозабора попадут населенные пункты с источниками водоснабжения, мелиоративные системы, водотоки и водоемы с различной степенью изменения гидродинамического режима.

В зависимости от степени изменения гидродинамического режима в прогнозной депрессии от

влияния водозабора Лучежевичи предложены водоохраные мероприятия, направленные на рациональное использование и охрану подземных вод, водотоков и мелиоративных систем.

Карьерный водоотлив при совместной разработке месторождений Микашевичи и Ситницкое в перспективе будет также источником регионального гидродинамического влияния в нижнем течении междуречья Лань – Случь. В результате гидродинамического воздействия водоотлива на поверхности напорно-безнапорного водоносного комплекса сформируются объединенные депрессионные воронки по изолинии понижения 1,0 м радиусом от 3–4 до 7–8 км и общей площадью около 75 км². В зону влияния водоотлива попадут населенные пункты Микашевичи, Ситница, каналы Глухая Лань, Ситницкий, Вальчувка, Волхва, Гленбока, Пангаловский, шламохранилище, р. Случь, р. Припять.

Для снижения последствий негативного воздействия водоотлива предложен комплекс водоохраных мероприятий, направленных на сохранение источников водоснабжения в населенных пунктах и поддержание стока в мелиоративных каналах.

Разработанные рекомендации по рациональному использованию и охране подземных вод от истощения в бассейне р. Припять на примере участков водозабора Лучежевичи и Микашевичского горнодобывающего района позволят постепенно осуществлять водоохраные мероприятия на основе конкретных данных наблюдений оптимизированной сети мониторинга, по мере расширения влияния ключевых объектов на подземную гидросферу.

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. **Боревский, Б. В.** Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек / Б. В. Боревский [и др.]. – 2-е изд. – М. : Недра, 1979. – 103 с.
2. Гидрогеологическое районирование территории Белорусской ССР / А. П. Лавров [и др.] // Подземные воды Белоруссии, их использование и охрана : сб. науч. тр. / под общ. ред. С. П. Гудака. – Минск : БелНИГРИ, 1981. – С. 3–32.
3. **Климентов, П. П.** Динамика подземных вод / П. П. Климентов [и др.]. – М. : Высш. шк., 1973. – 440 с.
4. **Ковалевский, В. С.** Комбинированное использование ресурсов поверхностных и подземных вод / В. С. Ковалевский. – М. : Науч. мир, 2001. – 332 с.
5. **Козлов, М. Ф.** Гидрогеология Припятского Полесья / М. Ф. Козлов. – Минск : Наука и техника, 1977. – 272 с.

6. **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.

7. **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.

8. **Мониторинг** подземных вод / О. А. Березко [и др.] // Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: результаты наблюдений, 2023 год / под общ. ред. Е. А. Мельник. – Минск : ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», 2024. – С. 142–181.

9. **Нормы** и правила рационального использования и охраны недр ГеоНиП 17.08.03-008-2022 «Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Порядок заполнения паспортов, каталогов, регистрационных карт месторождений (их частей) и проявлений полезных ископаемых, геотермальных ресурсов недр, одиночных водозаборов, отдельных буровых скважин, предназначенных для добычи углеводородов, а также подземных пространств, которые используются или могут быть использованы для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых, и их учета» : утв. постановлением М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 19 дек. 2022 г. № 29-Т : вступ. в силу с 1 апреля 2023 г. – Минск : 2023. – 61 с.

10. **Общий** подземный сток БССР / С. С. Белецкий // Комплексное использование и охрана подземных вод БССР. – Минск : БелНИГРИ, 1976. – С. 20–36.

11. **Подземные** воды [Электронный ресурс] / О. А. Березко [и др.] // Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2023 г.). – Минск : Минприроды, Минздрав. – Режим доступа: <https://www.cricuwr.by/publications/archive-cadastral-information>. – Дата доступа: 28.01.2025.

12. **Рекомендации** по рациональному использованию и охране подземных вод от истощения в белорусской части бассейна реки Западный Буг / О. В. Васнева [и др.] // Літасфера. – 2023. – № 2 (59). – С. 53–60.

13. **Шестаков, В. М.** Теоретические основы подпора, водопонижения и дренажа / В. М. Шестаков. – М. : Изд-во Моск. гос. ун-та, 1965. – 233 с.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 26.03.2025

Рэцэнзент А. М. Галкін

РЭКАМЕНДАЦЫІ ПА РАЦЫЯНАЛЬНЫМ ВЫКАРЫСТАННІ І АХОВЕ ПАДЗЕМНЫХ ВОД АД СПУСТАШЭННЯ Ё БЕЛАРУСКАЙ ЧАСТЦЫ БАСЕЙНА РАКІ ПРЫПЯЦІ

В. У. Васнёва, У. Я. Волкаў, В. А. Бярозка, А. М. Чэравач, Т. А. Конанава, К. Д. Роўкач

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 дэталёвага аналізу шматгадовых даных маніторынгу падземных вод у прыродных (слабапарушаных) і парушаных эксплуатацыяй умовах, вывучэння асаблівасцей геолога-гідрагеалагічных умоў, правядзення палявых, доследна-фільтрацыйных работ, удакладнення колькасных характарыстык, з улікам развіцця плошчаў варонак дэпрэсій і іх уплыву на стан найбліжэйшых водных аб'ектаў у раёнах размяшчэння водазабору Лучажэвічы і Мікашэвіцкага горназдабываючага раёна распрацаваны прагнозныя карты гідродынамічнага рэжыму падземных вод, дадзены рэкамендацыі па развіцці лакальнага маніторынгу падземных вод, распрацаваны водаахоўныя мерапрыемствы па рацыянальным выкарыстанні і ахове падземных вод ад спусташэння ў беларускай частцы басейна р. Прыпяць.

Ключавыя словы: геолога-гідрагеалагічныя ўмовы, маніторынг паверхневых і падземных вод, лакальны маніторынг падземных вод, водаадбор, прагноз гідродынамічнага рэжыму падземных вод, ахова падземных вод.

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

O. Vasneva, V. Volkov, O. Berezko, E. Cherevach, T. Kononova, K. Rovkach

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

Based on a detailed analysis of long-term data of groundwater monitoring in natural conditions (slightly disturbed) and conditions disturbed by exploitation, study of geological and hydrogeological conditions, field work and groundwater inflow testing, and refinement of quantitative characteristics, taking into account development of depression funnel areas and their impact on the state of nearby water bodies in the areas of the Luchezhevichi water intake and the Mikashevichi mining region, forecast maps of groundwater hydrodynamic regime have been developed, recommendations for development of local groundwater monitoring were given, and water protection measures for rational use and protection of groundwater from depletion in the Belarusian part of the Pripjat River basin were developed.

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