



ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ТРАНСГРАНИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ (НА ПРИМЕРЕ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)

Е. И. Головина, А. В. Гребнева

Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

В настоящее время надежно защищенные от загрязнения питьевые подземные воды должны рассматриваться как приоритетный источник хозяйственно-питьевого водоснабжения населения. Они, несомненно, относятся к стратегическим видам полезных ископаемых, так как по существу являются единственным источником питьевого водоснабжения на период чрезвычайных ситуаций и возможность их использования существенным образом влияет на национальную безопасность страны. Современная геополитическая ситуация вокруг Российской Федерации диктует необходимость рассмотрения вопроса трансграничного управления ресурсным потенциалом подземных вод в контексте международных законодательных конвенций и договоров в новом формате, выделяя подземные воды в отдельный блок стратегических ресурсов, добыча которых происходит на пограничных территориях. В работе приведен анализ количественной оценки добычи подземных вод на наиболее крупных водозаборных объектах Калининградской области, расположенных на трансграничной территории по методу балансового расчета. Этот метод, основанный на расчетах так называемого забора водных ресурсов с территории соседнего государства, позволяет при утверждении максимальных понижений уровней в точках наблюдения производить корректировку деятельности самих водозаборов и их дальнейшее проектирование с учетом пограничных факторов.

Ключевые слова: подземные воды, водоносный горизонт, трансграничная территория, Калининградская область, мониторинг, управление водными ресурсами.

FEATURES OF GROUNDWATER RESOURCES MANAGEMENT IN THE TRANSBOUNDARY TERRITORIES (ON THE EXAMPLE OF THE KALININGRAD REGION)

E. I. Golovina, A. V. Grebneva

Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russia

At the present time, drinking groundwater that is reliably protected from contamination should be considered as a priority source of utility and drinking water supply to the population. These waters undoubtedly belong to strategic types of natural resources, since they are essentially the only source of drinking water supply during emergencies, and the possibility of their use significantly affects the national security of the country. The current geopolitical situation around the Russian Federation dictates the need to consider the issue of managing transboundary resources of groundwater in the context of international legislative conventions and treaties in a new format, allocating groundwater to a separate block of strategic resources, the extraction of which occurs in frontier territories. The paper presents the analysis of the groundwater extraction quantitative evaluation at the largest water intake facilities of the Kaliningrad Region located on a transboundary territory using the balance calculation method. The method of balance approach, based on calculations of the so-called intake of water resources from the territory of neighboring state, allows for adjusting the activities of the intakes themselves and their further design taking into account boundary factors when approving maximum level decreases at observation points.

Keywords: groundwater, aquifer, transboundary territory, Kaliningrad region, monitoring, water resources management.

DOI 10.20403/2078-0575-2022-4-85-94

Подземные воды, являясь наиболее защищенным стратегическим ресурсом любого государства, требуют глубокого изучения и научно обоснованного подхода к вопросам недропользования. Наиболее важно это на трансграничных территориях, где соседними государствами осуществляется совместная эксплуатация водоносных горизонтов [2, 23, 25].

В перспективе России отводится особая роль в решении проблем рационального водопользования не только на своей территории, но и на между-

народной арене. Это обуславливает стратегическое значение водных ресурсов для Российской Федерации [5]. При этом если в России вопросы относительно достаточности запасов пресной воды не возникают, то в некоторых соседних странах подобные проблемы стоят достаточно остро, что может отразиться на разделяемых с Россией водных объектах [4].

Калининградская область отличается наиболее высоким уровнем хозяйственного освоения территории из всех регионов Северо-Запада России. Кон-

центрация различных по профилю предприятий на сравнительно ограниченной территории области создает серьезные экологические проблемы. Они тесно связаны с созданием нормальной среды обитания, благоприятных условий жизни и деятельности населения, устойчивого социально-экономического развития региона [20].

Сложность проблемы состоит в необходимости интеграции существующей системы научных знаний с непосредственным решением практических задач, что требует поиска новых форм организации природоохранной работы, разработки и финансирования региональных экологических программ, а их реализация – тесного взаимодействия органов государственной власти Калининградской области с территориальными и федеральными природоохранными органами власти.

Остро стоит вопрос с обеспечением населения области качественной питьевой водой [26–28]. Состояние водных источников (поверхностных и подземных) и систем централизованного водоснабжения не может гарантировать требуемого качества питьевых вод. Около 80 % из 3247 скважин выработали гарантийный срок, требуется их ремонт или ликвидация. Общий забор воды из природных водных объектов в 2020 г. из подземных источников составил 70 млн м³ [13].

Основные направления международного сотрудничества в сфере охраны окружающей природной среды определяются наличием в Калининградской области трансграничных экосистем и природных ресурсов мирового значения. К приоритетам международного сотрудничества относятся:

- гармонизация российских и международных подходов к природоохранной деятельности;
- выполнение обязательств, вытекающих из членства Российской Федерации в международных организациях и ее участия в международных договорах и конвенциях по охране окружающей природной среды;
- участие в трансграничных системах мониторинга окружающей среды;
- разработка и создание эффективной системы природопользования и управления окружающей средой приграничных районов, бассейнов и прибрежных морских зон;
- адаптация международного опыта для решения региональных экологических проблем [11].

Все это возможно только при взаимном согласии и заинтересованности пограничных государств в создании структуры управления недропользованием, которая бы отвечала, с одной стороны, интересам безопасного получения источника водных ресурсов каждым государством, а с другой – готовности решать противоречия, возникающие при чрезмерном расходовании этого ресурса [1, 9].

Государства, расположенные на трансграничных территориях, проводят ежемесячный обмен данными о результатах мониторинга окружающей

среды. В основном это касается гидрометеорологических замеров и наблюдений на гидрологических постах. При этом данные о мониторинге подземных вод на трансграничных территориях не имеют такой частоты обмена, хотя с российской стороны наблюдения за уровнями и гидрохимическим состоянием подземных вод производятся ежемесячно и непрерывно.

Вместе с тем начиная с 2010 г. между Литовской геологической службой и Калининградским агентством минеральных ресурсов подписано соглашение о регулярном обмене мониторинговыми замерами. Мониторинг же между Литвой и Польшей по наблюдению за подземными водами начал осуществляться с 1994 г. За данный сегмент деятельности со стороны России отвечает Министерство природных ресурсов и экологии Калининградской области, в частности Департамент недропользования и водопользования [3].

К основным задачам мониторинговой миссии за подземными водами в Калининградской области относят наблюдения за деятельностью крупных региональных водозаборов, обеспечивающих централизованное водоснабжение населенных пунктов. Сооружение опорной наблюдательной сети скважин было начато еще в 1966 г., сеть состояла тогда из 56 скважин. Количество наблюдательных точек говорит о достаточно развитой гидрогеологической изученности недр исследуемого региона [13].

В сотрудничестве с Россией государства – члены ЕС в 2009 г. разработали стратегию развития региона Балтийского моря. Все эти государства подготовили планы управления бассейнами рек для национального и трансграничного бассейна.

Внедрение Рамочной директивы ЕС по водной среде (WFD) государствами – членами ЕС дает возможность изучать накопленный опыт и проводить работу для подготовки совместных планов по управлению и развитию трансграничных бассейнов рек Преголя и Неман [14].

В Российской Федерации действует сильная, прозрачная и хорошо структурированная правовая база по вопросам управления водными ресурсами на уровне государства. При ее полной реализации она могла бы позволить осуществлять эффективное регулирование и принимать действенные меры для решения проблем водной среды. Наиболее сложная часть управления водными ресурсами – определение концепции, установление правил, наделение полномочиями и распределение ответственности. Однако в Водном кодексе не полностью охвачен трансграничный характер водных ресурсов в Калининградской области, управление и развитие которых должно осуществляться в сотрудничестве с сопредельными государствами. В данном контексте Рамочная директива ЕС по водной среде, внедряемая в Литве и Польше, обладает стратегической значимостью, как указывают западные специалисты.



На первом этапе в совместную мониторинговую сеть включаются скважины, существующие на каждой стороне в полосе 10–15 км по обе стороны от границы: наблюдательные посты и скважины на верхне- и нижнемеловой водоносный комплекс, на четвертичные водоносные горизонты, входящие в комплекс, учитывая техническое состояние скважин, геологическое строение и гидродинамические особенности.

Сеть скважин мониторинга подземных вод в приграничных районах Литвы представлена сетью скважин ненарушенного режима государственного мониторинга подземных вод (11 скважин) и сетью скважин мелких водозаборов (8 скважин) [7].

При подготовке и реализации сотрудничества по трансграничным водам необходимо учитывать определение приоритетов и экономической эффективности; распределение ресурсов должно основываться на глубоком анализе и ясных совместно согласованных целях. Имеются примеры, когда сотрудничество по нескольким общим бассейнам осуществляется в рамках одного соглашения (например, соглашение между Россией и Казахстаном), что является одним из подходов к повышению эффективности сотрудничества [15].

Часто слабое звено процесса управления водными ресурсами – это программы мониторинга. Имеющиеся данные, не приведенные в соответствие между странами и являющиеся неполными и недостоверными, затрудняют определение стратегии улучшения управления водными ресурсами [7].

В документе Европейской экономической комиссии в Женеве (ООН) «Сотрудничество по трансграничным водам: тенденции в новых независимых государствах» [12] указано, что «общей задачей Программы SEPA по Центральной и Восточной Европе является поддержка природоохранных органов в прилегающих странах, т. е. в Беларуси, Латвии, Литве, России (северо-западные районы), Украине и Эстонии. В числе задач программы стоит выделить координацию экологического мониторинга и управления экологической информацией; разработку общего интегрированного подхода к управлению водными ресурсами в пределах каждого совместного бассейна.

Программа SEPA по трансграничным водам включает три трансграничных бассейна:

- Чудское озеро – река Нарва (расположена на территории России и Эстонии);
- река Западная Двина / Даугава (расположена на территории Беларуси, Латвии и России);
- река Неман (расположена на территории Беларуси, Литвы и России)» [12].

В российском законодательстве бассейновый подход описан в Водном кодексе и Законе об охране окружающей среды. В настоящее время в России существует 17 бассейновых управлений и, следовательно, накоплен длительный опыт управления речными бассейнами. Однако полное возмещение

издержек не следует из российского водного законодательства. Белорусская администрация не применяет бассейновый подход, однако она заявила о своем одобрении его принципов.

Не существует единой схемы, которую можно было бы использовать для управления всеми речными бассейнами [12].

Бассейновый речной подход, принятый в качестве модели управления на трансграничных территориях как в европейских государствах, так и в России, имеет целый ряд недостатков и факторов, применение которых к задаче трансграничного управления подземными водами не всегда возможно. Это связано со следующими особенностями:

1. Бассейн той или иной речной или прибрежной системы имеет разный масштаб, который зависит от геоморфологических особенностей региона, разборной площади, гидрометеорологических характеристик и т. д. Соответственно, принимая тот или иной речной бассейн в качестве опорного, необходимо в глобальном масштабе характеризовать его в контексте взаимодействия с соседними бассейнами или подчинения его более крупному водосборному бассейну.

2. Подземные воды, привязанные к тому или иному бассейну поверхностных вод, как правило, имеют неглубокое залегание (грунтовые воды), характеризуются активным водообменом с поверхностными водоемами и водотоками, а также зависят, имея относительно небольшой период водообмена, от условий питания, в первую очередь атмосферного.

3. Вместе с тем региональные водоносные горизонты, приуроченные к артезианским бассейнам и часто не имеющие прямой гидравлической связи с локальными речными бассейнами, весьма сложно характеризовать в связи с именно таким бассейновым региональным (местным) делением. Площадь распространения подобных геологических структур может достигать сотен, а иногда и тысяч км², и соответственно, рассмотрение всего артезианского бассейна в контексте трансграничного регулирования практически невозможно.

Калининградская область относится к Балтийско-Польскому артезианскому бассейну; во времена СССР он назывался Прибалтийским артезианским бассейном и был одним из самых крупных в Европе. На его территории располагаются Эстония, Латвия, Литва, северо-западная часть Беларуси, Калининградская область и часть Псковской (РФ), северо-восточная часть Польши [15].

Если водоносные горизонты четвертичных отложений, относящиеся к зоне активного водообмена, еще в какой-то степени можно рассматривать по бассейновому речному делению, то подземные воды палеогенового и верхнемелового водоносного комплекса необходимо рассматривать именно в контексте регионального артезианского бассейна,

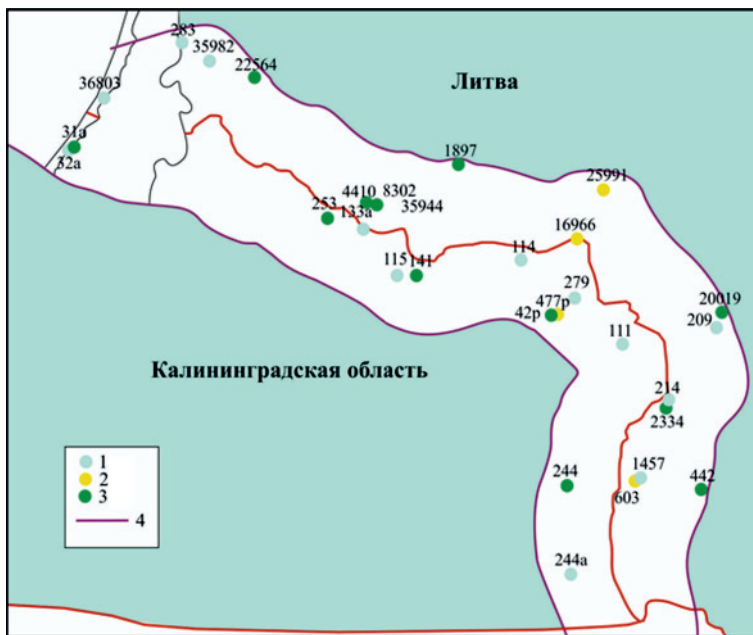


Рис. 1. Система мониторинга подземных вод [13]

1–3 – тип водоносного горизонта: 1 – грунтовый, 2 – четвертичных отложений, 3 – дочетвертичных отложений; 4 – граница мониторинга подземных вод в приграничных районах

так как простираение водоносных горизонтов в этих комплексах выходит далеко за границы региональных речных бассейнов (рис. 1).

Результаты и обсуждение

Объектом исследования являются трансграничные подземные воды Калининградской области, самой западной части России, представляющей собой анклав. На севере и востоке она граничит с Литовской Республикой, на юге – с Республикой Польша, на западе омывается Балтийским морем. Расстояние до ближайшей области России (Псковской) превышает 300 км [6].

Основной эксплуатационный водоносный горизонт на рассматриваемой территории – Виштынецкий водоносный (московско-валдайский) (f,lgllvš). Он приурочен к межморенным отложениям песчаной фракции и имеет повсеместное расположение в южной части региона, но его мощность снижается на севере и северо-востоке. Также генетически существует его привязка к древним переуглубленным долинам протяженностью свыше 20 км в северо-западных районах.

Глубина залегания горизонта колеблется от 1,0 до 52 м, в основном 10–20 м, а в южном направлении от 30 до 50 м. Горизонт перекрыт водоупорными суглинками неманского горизонта, в подошве также отмечены водоупорные валунные суглинки виштынецкого возраста. Средняя мощность горизонта около 20 м, в некоторых районах, приуроченных к долинным структурам, достигает до 60–80 м; гранулометрический состав представлен среднекрупнозернистыми песками, на некоторых участках отмечено преобладание гравийно-галечных отложений.

Водоносный горизонт считается напорным при установившихся уровнях в основной массе от 5 до 10 м (от 0 до 180 м по абсолютным отметкам), также отмечены положительные отметки уровня (до

+10 м) в юго-восточной части территории. Водообильность горизонта весьма разная. Удельные дебиты скважин составляют в среднем от 0,1–0,3 л/с на метр понижения, хотя отмечены аномальные показатели – от 15 до 30 л/с, в основном на участках погребенных долин. Среднее значение коэффициента водопроводимости колеблется в пределах 190 м²/сут, но также отмечена аномальная водопроводимость (до 1500 м²/сут) в зоне погребенных долин. По результатам ГРП получено значение пьезопроводности от $2 \cdot 10^4$ до $6,7 \cdot 10^6$ м²/сут, что говорит об изменчивости фильтрационных свойств горизонта [6, 24].

Химический состав подземных вод гидрокарбонатный кальциевый, встречаются также сульфатно-гидрокарбонатные и хлоридно-гидрокарбонатные воды со смешанным катионным составом. Минерализация колеблется от 0,2 до 0,8 г/дм³. Часто в водах отмечается повышенное содержание железа – от 1,5–5 до 16 мг/дм³.

Виштынецкий водоносный горизонт является основным источником водоснабжения городов Гусева, Балтийска, Светлого, Озерска, Гурьевска, Светлогорска, Правдинска, пос. Железнодорожный и др. Утвержденные запасы по 11 месторождениям подземных вод составляют 119,92 тыс. м³/сут.

На территории России эксплуатация водоносного горизонта производится четырьмя водозаборами: Гусевским (участки 1 и 5), общий объем водотбора 4500 м³/сут; Балтийским (участок Восточно-Балтийский) – 25200 м³/сут; Озерским (участки 1 и 2) – 1582 м³/сут; Железнодорожным – 1754 м³/сут.

По имеющимся данным предлагается провести оценку изменения пьезометрической поверхности трансграничных вод Виштынецкого водоносного горизонта на границе Россия – Польша, Россия – Литва.

Оценка будет состоять из определения величины радиуса влияния от работы водозаборов

в Российской Федерации; расчета понижения пьезометрического уровня в пределах радиуса влияния в разные моменты времени; определения количества «забираемых» ресурсов подземных вод с территории сопредельных государств на период эксплуатации 25 лет.

Основной задачей гидродинамического метода является определение расчетного понижения при работе водозаборных сооружений. Расчет прогнозного понижения уровня ведется на срок $t = 10^4$ сут. Значение допустимого понижения берется по опыту эксплуатации водозаборов: Гусевского (участок 1 – 19 м, участок 5 – 46,3 м); Восточно-Балтийского – 43,2 м; Озерского (участок 1 – 35 м, участок 2 – 25 м); Железнодорожного – 23,1 м.

Для подбора типовой расчетной схемы проведем схематизацию природных геолого-гидрогеологических условий исследуемой области.

Схематизация геолого-гидрогеологических условий Виштынецкого водоносного горизонта

Данный водоносный горизонт является напорным и неограниченным на всей территории Калининградской области и схематизируется как однопластовая гидрогеологическая система с сосредоточенным питанием. Структура потока радиальная, мерность одномерная, тип водообмена горизонтальный. Область питания водоносного горизонта находится далеко за пределами участка исследования.

Поскольку рассматриваемый горизонт изолирован водоупорами, не ограничен в плане, является напорным, то для расчетов понижения используется схема Тейса. На территории работ все водозаборы групповые, поэтому будут рассматриваться как компактные группы скважин, следовательно, расчет це-



Рис. 2. Распространение воронки депрессии на трансграничной территории от месторождений Железнодорожное и Гусевское

лесообразно проводить с использованием метода «большого колодца»:

$$S = \frac{Q}{2\pi km} \ln \frac{R}{r},$$

$$R = 1,5\sqrt{at},$$

где Q – суммарный расход водозабора, $\text{м}^3/\text{сут}$; km – водопроводимость пласта, $\text{м}^2/\text{сут}$; t – расчетный срок эксплуатации водозабора (10^4 сут); R – приведенный радиус скважины; a – уровнепроводность пласта, $\text{м}^2/\text{сут}$; r – радиус «большого колодца» [17, 21, 22].

На рис. 2 отображена динамическая ситуация по радиусам влияния двух месторождений подземных вод Калининградской области (Железнодорожного и Гусевского) на периоды 10 и 25 лет. Характер распространения депрессионной воронки показывает площадь формирования ресурсов подземных вод на различные периоды эксплуатации месторождения.

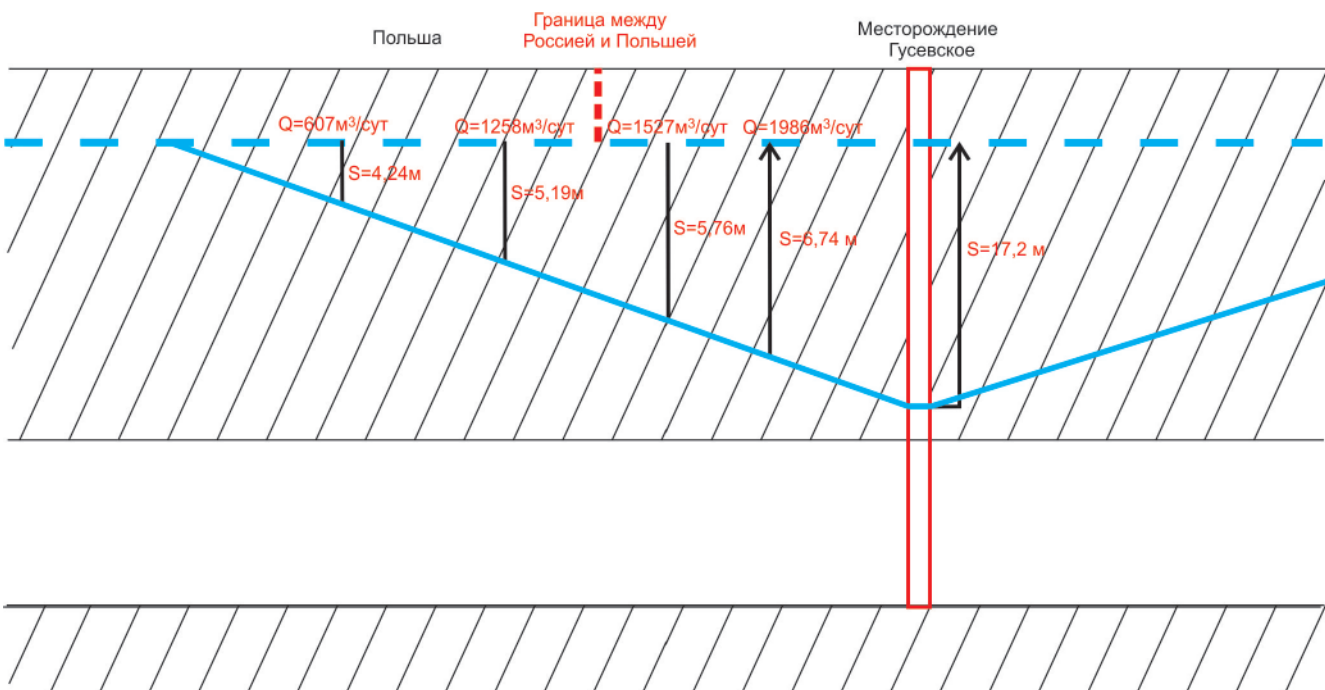


Рис. 3. Динамика изменения понижения трансграничной территории от работы МПВ Гусевское



Основные расчетные параметры по оценке влияния на соседние государства месторождений, эксплуатируемых на Виштынецкий водоносный горизонт

Месторождение подземных вод	Границы	Расстояния до границ, м	Производительность водозабора, м ³ /сут	Время, через которое воронка депрессии дойдет до границы, сут	Количество забираемых ресурсов с территории соседнего государства, м ³ /сут	Процент «забираемых» ресурсов	Понижение, м	Радиус распространения воронки депрессии на трансграничной территории, м
Гусевское	Литва с севера	49500	4900	7280	210	4,3	9,98	8500
	с востока	34800		3590	679	13,8	8,99	23200
	Польша	30600		27740	850	17,4	8,62	27400
Восточное	Литва	180800	25200	183000	0	0	36,35	0
	Польша	41310		9552	123,4	0,5	27,6	957,6
Железнодорожное	Литва с севера	96400	1754	9281	9,9	1	8,26	3662
	с востока	97500		9500	6,78	0,4	8,27	2462
	Польша	4580		21	825,9	53	4,4	95477
Озерское	Литва с севера	64100	1582	23150	0	0	6,67	0
	с востока	47960		12940	0	0	6,44	0
	Польша	8630		419	1271	80	5,09	33530

На рис. 3 схематично в разрезе показана динамика распространения депрессионной воронки, а также обозначены величины понижений уровня на различных этапах деятельности на примере Гусевского месторождения подземных вод.

Величина водопритоков по всей площади распространения депрессионной воронки указана в разных временных интервалах.

Данная гидродинамическая схема подразумевает эксплуатацию месторождений подземных вод с постоянным дебитом без учета влияния отдельных одиночных водозаборов, попадающих в зону радиуса влияния. Подобные расчеты и схемы носят весьма приблизительный характер. Более полную картину в данном случае целесообразно определять с помощью метода численного моделирования, позволяющего учитывать не только влияние соседних водозаборов, но и изменчивость фильтрационных параметров самого водоносного горизонта.

По итогам гидродинамических расчетов оценено влияние нескольких месторождений Виштынецкого водоносного горизонта на ресурсы подземных вод соседних государств – Литвы и Польши. Расчеты выполнены по четырем месторождениям подземных вод (см. таблицу).

По данным расчетам можно сделать вывод, что влияние водозаборов на территорию смежных государств зависит от объема отобранных ресурсов подземных вод, расстояния до границ с соседними государствами, а также от инфильтрационных параметров водоносного горизонта. Время распространения воронки депрессии варьирует в пределах от 21 сут влияния месторождения Железнодорож-

ного на территорию Польши (при этом количество забираемых ресурсов составляет примерно 50 % от общего количества необходимого расхода) до 183000 сут (при этом влияние на соседние государства не отмечается).

Выявлено, что на Восточно-Балтийском месторождении водоотбор не оказывает влияния на соседние государства; Озерское влияет только на границу с Польшей с максимальным забором воды (80 %). Оборудованные на Виштынецкий водоносный горизонт месторождения «забирают» 3975,1 м³/сут от общей заявленной потребности (33436 м³/сут, что составляет примерно 11 % от общего объема потребляемой воды).

Выводы

Представленные расчеты весьма схематичны, поскольку не учитывают сработку запасов по одиночным водозаборами, расположенным в зоне влияния основных перечисленных крупных водозаборов, а главное, в расчетах не учтены параметры и количественные показатели по деятельности водозаборов на территории сопредельного государства. В первую очередь это касается Польши, информация по которой весьма «размыта» и неточна. Итоговая схема расчетов при наличии подобной информации, безусловно, позволит оптимизировать расчетные параметры взаимодействия всех крупных водозаборов, оказывающих влияние друг на друга. Подобные расчеты целесообразно вести с помощью методики численного моделирования, как это было указано в работах [8, 10, 19] на примере совместного использования Ломоносовского горизонта на трансграничной территории России



и Эстонии. Тем не менее даже представленные расчеты позволяют организовать систему мониторинга за динамикой понижения уровней в исследуемом водоносном горизонте по отношению к граничным территориям.

Следует отметить, что методики гидрогеологических расчетов дают возможность говорить о самостоятельном трансграничном подходе к модели управления ресурсами подземных вод без целевой привязки к бассейновому принципу районирования, на котором базируется вся международная концепция управления трансграничными водными ресурсами.

Гидродинамическая схематизация деятельности водозаборных объектов должна быть ориентирована на обмен данными по режиму эксплуатации водоносных горизонтов на территории сопредельных государств, а система мониторинга подземных вод, соответственно, планируется исходя из расчетных параметров распространения депрессионных воронок в зоне влияния [16]. Метод балансового подхода, основанный на расчетах так называемого забора водных ресурсов с территории соседнего государства, позволяет при утверждении максимальных понижений уровней в точках наблюдения производить корректировку деятельности самих водозаборов и их дальнейшее проектирование с учетом пограничных факторов.

Подобные расчеты позволяют применить данную методику к любой трансграничной территории на основе гидрогеологических расчетов, и в первую очередь для оценки геометрических размеров зоны ответственности. На основе гидродинамических моделей определяется зона влияния вдоль границы двух сопредельных государств, после чего производится серия расчетов, позволяющих определить динамический объем забираемых ресурсов подземных вод с территории соседнего государства. Для анализа выбираются те водоносные горизонты, по которым производится оценка эксплуатационных запасов, они же, соответственно, являются источником централизованного водоснабжения. Для более точных расчетов необходима информация по объемам и режиму эксплуатации водоносных горизонтов с обеих сторон государственной границы.

Территория Российской Федерации имеет 16 сухопутных государств-соседей, что делает вопросы трансграничного регулирования добычи подземных вод весьма актуальными. К примеру, на Дальнем Востоке до сих пор не решены проблемы трансграничного управления ресурсами подземных вод с такими странами, как Китай, Монголия, Казахстан, при том что с ними Российская Федерация имеет двусторонние договоры, которые затрагивают в основном аспекты управления поверхностными водами (речным стоком). Поэтому рассмотренные особенности управления ресурсами подземных вод на трансграничных территориях на примере Калининградской

области могут быть адаптированы и для других пограничных территорий с учетом конкретных геолого-гидрогеологических условий.

Современная геополитическая ситуация на границе России и Евросоюза осложняет выполнение принятых ранее конвенций и директив международного уровня в сфере геоэкологии, мониторинга, задач управления. Тем не менее вопросы водоснабжения населения и объектов инфраструктуры на сегодняшний день особо значимы и влияют на безопасность сообщества с обеих сторон границы в масштабах всего региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Болгов М. В., Демин А. П., Шаталова К. Ю.** Институциональные, нормативно-правовые и управленческие аспекты использования трансграничных водных объектов России // Водные ресурсы. – 2016. – Т. 43, № 4. – С. 442–450. – DOI: 10.7868/S0321059616040040.
2. **Боревский Б. В., Язвин Л. С.** Стратегия развития ресурсной базы питьевых подземных вод на территории России в XXI веке // Разведка и охрана недр. – 2003. – № 10. – С. 41–44.
3. **Водосборный** бассейн балтийского моря – UNECE. – URL: https://unece.org/DAM/env/water/publications/assessment/Russian/L_PartIV_Chapter8_Ru.pdf (дата обращения 01.02.2022 г.).
4. **Головина Е. И., Гребнева А. В.** Управление ресурсами подземных вод на трансграничных территориях (на примере Российской Федерации и Эстонской Республики) // Записки Горного института. – 2021. – Т. 252. – С. 788–800. – DOI: 10.31897/PMI.2021.6.2.
5. **Данилов-Данильян В. И., Хранович И. Л.** Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования. – М.: Научный мир, 2010. – 232 с. – URL: http://www.cawater-info.net/review/pdf/russia_wm3.pdf (дата обращения 07.02.2022 г.).
6. **Информационный** бюллетень о состоянии недр территории Северо-Западного федерального округа в 2019 году. Вып. 21. – Ижевск: Принт, 2020. – 300 с.
7. **Использование** данных мониторинга водных объектов. – URL: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-438023.html?page=9> (дата обращения 12.02.2022 г.).
8. **Миронова А. В., Мольский Е. В., Румынин В. Г.** Трансграничные проблемы при эксплуатации подземных вод в районе государственной границы Россия – Эстония (на примере ломоносовско-воронковского водоносного горизонта) // Водные ресурсы. – 2006. – № 4. – С. 423–432.
9. **Никанорова А. Д., Егоров С. А.** Становление принципов и норм, регулирующих использование государствами трансграничных водных ресурсов // Водные ресурсы. – 2019. – Т. 46, № 1. – С. 114–120. – DOI: 10.31857/S0321-0596461114-120.



10. **О воздействии** объектов северо-западного атомно-промышленного комплекса (СЗАПК) на загрязнение подземных вод (Ленинградская область) / В. А. Ерзова, В. Г. Румынин, С. М. Судариков и др. // Изв. ТПУ. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332, № 9. – С. 30–42. – DOI: 10.18799/24131830/2021/9/3351.

11. **Постановление** Правительства Калининградской области от 12.07.2006 № 510 (ред. от 18.08.2006) «О Концепции областной целевой Программы экологического оздоровления территории Калининградской области на 2006–2010 годы». – <https://zakon-region2.ru/4/198782>.

12. **Сотрудничество** по трансграничным водам: тенденции в новых независимых государствах. – URL: https://unece.org/DAM/env/water/publications/documents/waterseries4_r.pdf (дата обращения 12.02.2022 г.).

13. **Схема** комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Неман и рек бассейна Балтийского моря (Российская часть в Калининградской области). – URL: http://www.nordwest-water.ru/upload/information_system_18/1/2/4/item_12405/property_value_5074.pdf (дата обращения 01.02.2022 г.).

14. **Трансграничное** водное сотрудничество в новых независимых государствах. – URL: http://www.cawater-info.net/bk/water_law/pdf/transwatcoopnis_r.pdf (дата обращения 01.02.2022 г.).

15. **Управление** и развитие водных ресурсов в Калининградской области, Россия, в целях укрепления экономического роста и экологически устойчивого развития с примерами из практики Литвы, Польши и Швеции, Стокгольм, июнь 2011. – URL: https://siwi.org/wp-content/uploads/2015/09/Paper_Kaliningrad_RUS_Final.pdf (дата обращения 21.02.2022 г.).

16. **Устюгов Д. Л., Мирончук Д. П.** Экспресс-откачки как способ выявления взаимодействия обводненной толщи с внешней средой // Записки Горного института. – 2015. – Т. 212. – С. 84–88.

17. **Assessment** of a Hydrogeological Object's Distributed Control System Stability / A. V. Martirosyan, K. V. Martirosyan, A. M. Mir-Amal, A. B. Chernyshev // Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EICon-Rus), 2022. – P. 768–771. – DOI: 10.1109/EICon-Rus54750.2022.9755601.

18. **Golovina E. I.; Grebneva A. V.** Some Aspects of Groundwater Resources Management in Transboundary Areas // Journal of Ecological Engineering. – 2021. – No. 22. – P. 106–118. – DOI: 10.12911/22998993/134037.

19. **Lange I. Y., Lebedeva Y. A., Kotiukov P. V.** A Study of Water Permeability of Coal Ash and Slag to Assess the Possibility of Their Use as Road Pavement Layers // International Journal of Engineering Research and Technology. – 2020. – Vol. 13, no. 2. – P. 374–378.

20. **Litvinenko V. S.** Digital Economy as a Factor in the Technological Development of the Min-

eral Sector // Natural Resources Research. – 2019. – No. 28. – P. 1–21. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11053-019-09568-4>.

21. **Martirosyan A. V., Ilyushin Y. V., Afanasieva O. V.** Development of a Spatially Distributed Mathematical Model of the Field to Reduce the Aquifer's Pollution Risks // Water, MDPI. – 2022. – No. 14 (2). – P. 151.

22. **Smirnova N. V., Cherepovitsyn A. E., Ilinoва A. A.** Application of Norwegian and Russian legislative basis during collaborative development of transboundary hydrocarbon fields // European Research Studies Journal. – 2018. – Vol. 2, no. 21. – P. 434–441.

23. **The status** and trends in radioactive contamination of groundwater at a LLW-ILW storage facility site near Sosnovy Bor (Leningrad region, Russia) / V. G. Rummyanin, A. M. Nikulenkov, K. B. Rozov, et al. // Journal of Environmental Radioactivity. – 2021. – Vol. 237. – P. 106707. – DOI: 10.1016/j.jenvrad.2021.106707.

24. **Stratigraphy.** Subdivisions of sedimentary strata of the earth's crust for the central part of the European territory of Russia. – URL: <http://www.bibliotekar.ru/2-7-32-geologiya-podmoskoviya/3.htm> (дата обращения 01.04.2022 г.).

25. **UNECE** Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes. – Helsinki, 1992. – URL: https://treaties.un.org/doc/Treaties/1992/03/19920317%2005-46%20AM/Ch_XXVII_05p.pdf (дата обращения 01.04.2022 г.).

26. **UNECE** Water Convention. Implementation guide. – New York, Geneva, 2013. – 132 p. – URL: https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/WAT_Guide_to_implementing_Convention/ECE_Water_Guide_Rus_WEB.pdf (дата обращения 11.04.2022 г.).

27. **UN Convention** «On the Law of the Non-Navigational Uses of International Watercourses». – New York, 1997. – URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/watercrs.shtml (дата обращения 11.04.2022 г.).

REFERENCES

1. Bolgov M.V., Demin A.P. [Institutional, regulatory and managerial aspects of the development of transboundary water bodies and streams in Russia]. *Vodnyye resursy – Water Resources*, 2016, vol. 43, no. 4, pp. 442–450. (In Russ.). DOI: 10.7868/S0321059616040040.

2. Borevskiy B.V., Yazvin L.S. [Strategy of development of the resource base of drinking groundwater in Russian Territory in the XXI century]. *Razvedka i okhrana nedr – Prospect and Protection of Mineral Resources*, 2003, no. 10, pp. 41–44. (In Russ.).

3. *Vodosbornyy basseyn Baltiyskogo moray – UNECE* [Catchment basin of the Baltic Sea – UNECE]. URL: https://unece.org/DAM/env/water/publications/assessment/Russian/L_PartIV_Chapter8_Ru.pdf (accessed: 01.02.2022). (In Russ.).

4. Golovina E.I., Grebneva A.V. [Management of groundwater resources in transboundary territories



(on the example of the Russian Federation and the Republic of Estonia). *Zapiski gornogo instituta – Journal of Mining Institute*, 2021, vol. 252, no. 6, pp. 788–800. (In Russ.). DOI: 10.31897/PMI.2021.6.2.

5. Danilov-Danilyan V.I., Khranovich I.L. *Upravleniye vodnymi resursami. Soglasovaniye strategiy vodo-polzovaniya* [Water resources management. Coordination of water use strategies]. Moscow, Nauchnyy Mir Publ., 2010. 232 p. (In Russ.). URL: http://www.cawater-info.net/review/pdf/russia_wm3.pdf (accessed: 07.02.2022). (In Russ.).

6. Pakudina V.N., Egorova I.V. *Informatsionnyy byulleten o sostoyanii nedr territorii Severo-Zapadnogo federalnogo okruga v 2019 godu* [Newsletter on the state of the subsurface of the North-Western Federal District territory in 2019]. Izhevsk, Print Publ., 2020, issue 21, 300 p. (In Russ.).

7. *Ispolzovaniye dannykh monitoringa vodnykh obyektov* [The use of water body monitoring data]. URL: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-438023.html?page=9> (accessed: 12.02.2022). (In Russ.).

8. Mironova A.V., Molskiy E.V., Rumynin V.G. [Transboundary problems associated with groundwater exploitation near the Russian-Estonian state boundary: case study of the Lomonosovskiy-Voronkovskiy aquifer]. *Vodnyye resursy – Water Resources*, 2006, no. 4, pp. 423–432. (In Russ.).

9. Nikanorova A.D., Egorov S.A. [Development of principles and legal rules regulating the use of transboundary water resources by states]. *Vodnyye resursy – Water Resources*, 2019, vol. 46, no. 1, pp. 114–120. (In Russ.). DOI: 10.31857/S0321-0596461114-120.

10. Erzova V.A., Rumynin V.G., Sudarikov S.M., et al. [Influence of North-West nuclear complex facilities on groundwater contamination (Leningrad Region)]. *Izvestiya Tomskogo polytekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov – Bulletin of the Tomsk State University. Geo assets Engineering*, 2021, vol. 332, no. 9, pp. 30–42. (In Russ.). DOI: 10.18799/24131830/2021/9/3351.

11. *Postanovleniye Pravitelstva Kaliningradskoy oblasti ot 12.07.2006 N 510 (red. ot 18.08.2006) "O Kontseptsii oblastnoy tselevoy Programmy ekologicheskogo ozdorovleniya territorii Kaliningradskoy oblasti na 2006–2010 gody* [Resolution of the Government of the Kaliningrad Region of 12.07.2006 No. 510 (ed. of 18.08.2006) "On the Concept of the regional target-oriented Program for environmental recovery of the territory of the Kaliningrad Region for 2006-2010"]. URL: <https://zakon-region2.ru/4/198782>. (In Russ.).

12. *Sotrudnichestvo po transgranichnym vodam: Tendentsii v novykh nezavisimykh gosudarstvakh* [Transboundary water cooperation: trends in the newly independent states]. URL: https://unece.org/DAM/env/water/publications/documents/waterseries4_r.pdf. (accessed: 12.02.2022). (In Russ.).

13. *Skhema kompleksnogo ispolzovaniya i okhrany vodnykh obyektov basseyna reki Neman i rek basseyna Baltiyskogo morya (Rossiyskaya chast Kaliningradskoy*

oblasti) [Scheme of integrated use and protection of water bodies of the Neman River Basin and rivers of the Baltic Sea Basin (Russian part in the Kaliningrad Region)]. URL: http://www.nord-west-water.ru/upload/information_system_18/1/2/4/item_12405/property_value_5074.pdf (accessed: 01.02.2022). (In Russ.).

14. *Transgranichnoye vodnoye sotrudnichestvo v novykh nezavisimykh gosudarstvakh* [Transboundary water cooperation in the newly independent states]. URL: http://www.cawater-info.net/bk/water_law/pdf/transbwatcoopnis_r.pdf (accessed: 01.02.2022). (In Russ.).

15. *Upravleniye i razvitiye vodnykh resursov v Kaliningradskoy oblasti, Rossiya, v tselyakh ukrepleniya ekonomicheskogo rosta i ekologicheskoi ustoychivogo razvitiya s primerami iz praktiki Litvy, Polshi i Shvetsii, Stokgolm, iyun 2011* [Management and development of water resources in the Kaliningrad Region, Russia, with the aim of strengthening economic growth and environmentally sustainable development with examples from the practice of Lithuania, Poland and Sweden, Stockholm, June 2011]. URL: https://siwi.org/wp-content/uploads/2015/09/Paper_Kaliningrad_RUS_Final.pdf (accessed: 21.02.2022). (In Russ.).

16. Ustyugov D.L., Mironchuk D.P. [Short-term pumping tests as an identification method of aquifer-surface interaction]. *Zapiski gornogo instituta – Journal of Mining Institute*, 2015, vol. 212, pp. 84–88. (In Russ.).

17. Martirosyan A.V., Martirosyan K.V., Mir-Amal A.M., Chernyshev A.B. Assessment of a Hydrogeological Object's Distributed Control System Stability. *Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus)*, 2022. P. 768–771. DOI: 10.1109/EIConRus54750.2022.9755601.

18. Golovina E.I.; Grebneva A.V. Some Aspects of Groundwater Resources Management in Transboundary Areas. *Journal of Ecological Engineering*, 2021, no. 22, pp. 106–118. DOI: 10.12911/22998993/134037.

19. Lange I.Y., Lebedeva Y.A., Kotiukov P.V. A Study of Water Permeability of Coal Ash and Slag to Assess the Possibility of Their Use as Road Pavement Layers. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 2020, vol. 13, no. 2, pp. 374–378.

20. Litvinenko V.S. Digital Economy as a Factor in the Technological Development of the Mineral Sector. *Natural Resources Research*, 2019, no. 28, p. 1–21. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11053-019-09568-4>.

21. Martirosyan A.V., Ilyushin Y.V., Afanasieva O.V. Development of a Spatially Distributed Mathematical Model of the Field to Reduce the Aquifer's Pollution Risks. *Water*, MDPI, 2022, no. 14 (2), pp. 151.

22. Smirnova N.V., Cherepovitsyn A.E., Ilinova A.A. Application of Norwegian and Russian legislative basis during collaborative development of transboundary hydrocarbon fields. *European Research Studies Journal*, 2018, vol. 2, no. 21, pp. 434–441.

23. Rumynin V.G., Nikulenkov A.M., Rozov K.B., et al. The status and trends in radioactive contamination



of groundwater at a LLW-ILW storage facility site near Sosnovy Bor (Leningrad region, Russia). *Journal of Environmental Radioactivity*, 2021, vol. 237, pp. 106707. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2021.106707.

24. Stratigraphy. Subdivisions of sedimentary strata of the earth's crust for the central part of the European territory of Russia. URL: <http://www.bibliotekar.ru/2-7-32-geologiya-podmoskoviya/3.htm> (accessed: 01.04.2022 г.).

25. UNECE Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes. Helsinki, 1992. URL: <https://treaties.un.org/>

[doc/Treaties/1992/03/19920317%2005-46%20AM/Ch_XXVII_05p.pdf](https://treaties.un.org/doc/Treaties/1992/03/19920317%2005-46%20AM/Ch_XXVII_05p.pdf).

26. UNECE Water Convention. Implementation guide. New York, Geneva, 2013. 132 p. URL: https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/WAT_Guide_to_implementing_Convention/ECE_Water_Guide_Rus_WEB.pdf (accessed: 11.04.2022 г.).

27. UN Convention «On the Law of the Non-Navigational Uses of International Watercourses». New York, 1997. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/watercrs.shtml.

© Е. И. Головина, А. В. Гребнева, 2022