

Е. А. Вивенцова, А. Н. Воронов

ЗОНИРОВАНИЕ ПОБЕРЕЖЬЯ ФИНСКОГО ЗАЛИВА ПО УСЛОВИЯМ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНОГО СТОКА

Загрязнение Финского залива как самой уязвимой части Балтийского моря всегда вызывало большую тревогу. Большинство экологических исследований в последние десятилетия XX в. было направлено на выявление масштабов и факторов загрязнения, а также разработку мер по борьбе с ним. Гораздо меньшее внимание уделялось одной из потенциальных причин загрязнения, а именно загрязнению через подземный сток.

Впервые количественно подземный сток был оценен И. С. Зекцером, Р. Г. Джамаловым и А. В. Месхетели в 1977 г. [1]. По их данным, до 25% приходного баланса Балтийского моря составляют подземные воды. Последующие оценки колебались от 15 до 1%, что связано с большой методической ошибкой в определении балансовых составляющих. Кроме того, доля подземного стока значительно изменяется в разных участках побережья. Несомненно также, что часто подземные воды, разгружающиеся в акватории Балтики, загрязнены не меньше, чем воды поверхностного стока. Однако до настоящего времени оценка доли загрязнения подземных вод носит только качественный характер, а его вклад в общее загрязнение Балтийского моря не определен, что позволяет части экологов считать его пренебрежимо малым. Возможно, это и так, но такое положение должно быть подкреплено натурными наблюдениями и теоретическими расчетами. Кроме того, установлено, что на отдельных участках побережья загрязнение подземных вод, разгружающихся в море, чрезвычайно велико.

В 1993 г. в Санкт-Петербурге по инициативе гидрогеологов Вроцлавского и Санкт-Петербургского университетов был проведен международный семинар «Экологическая гидрогеология стран Балтийского моря» — «Экобалт», на котором была рассмотрена проблема подземного стока в Балтийское море [2]. На семинаре была принята комплексная программа изучения подземного стока в Балтийское море, которая частично была выполнена рядом прибалтийских стран. В России исследования в этом направлении велись некоторыми организациями, в том числе ВСЕГЕИ, Институтом водных проблем РАН, а также гидрогеологами Санкт-Петербургского университета. Был составлен банк данных по качеству подземных вод бассейна стока Балтийского моря, охарактеризована их загрязненность, определены масштабы разгрузки. Проводились наблюдения за состоянием загрязнения подземного стока в Финский залив. Были предприняты попытки получить и прямые свидетельства разгрузки подземных вод в Финский залив [3–8].

Финский залив характеризуется рядом особенностей, делающих его наиболее уязвимым к загрязнению. Это прежде всего его удаленность от открытого океана и, как следствие, слабый водообмен. Вода в заливе обладает низкой соленостью, так как в него впадает мощная река Нева с расходом $2530 \text{ м}^3/\text{с}$. На берегу залива расположена наиболее крупная урбанизированная территория Балтийского моря, связанная с Санкт-Петербургом. В последнее время к факторам загрязнения можно добавить и существование дамбы, отгородившей часть залива от акватории.

В геологическом отношении бассейн стока в Финский залив, занимающий площадь более $280\,000 \text{ км}^2$, расположен на стыке двух крупных структур — Балтийского щита и Русской платформы, имеющей мощный осадочный чехол. В разрезе последнего выделяется несколько регионально выдержанных водоносных горизонтов, в том числе: нижнекотлинский и кембродордовикский напорные горизонты, сложенные песчаниками и алевролитами, ордовикский водоносный комплекс, представленный карстующимися известняками, и несколько четвертичных водоносных горизонтов. Все водоносные горизонты прямо или косвенно разгружаются в

Финский залив. Из них наибольшую долю вносит разгрузка четвертичных водоносных горизонтов, составляющая, по предварительной оценке, 8,5–13,5 м³/с.

Побережье Финского залива в пределах Ленинградской обл. может быть разбито на несколько зон, отличающихся геолого-гидрогеологическим строением и экологическими условиями.

Самый северный участок, протягивающийся от границы с Финляндией до широты Приозерска примерно на 100 км, сложен породами кристаллического фундамента с очень небольшим четвертичным покровом. Его трещинные воды, очевидно, имеют ограниченную по водосбору зону разгрузки в акватории. Ширина ее — не более 2–3 км. Воды четвертичных отложений в этой зоне не играют существенной роли.

Воды кристаллических пород данной зоны — пресные, минерализация их не более 0,2 г/л. Они, как правило, незагрязненные, а из природных компонентов опасность представляет только радон и радий. Содержание радона здесь в подземных водах достигает 400 Бк/л, а иногда и превышает эту величину. Но, попадая в акваториальные воды, радон и радий быстро разбавляются, а радон еще диссипирует в атмосферу. Поэтому влияние этих радиогенных компонентов может ощущаться только в прибрежной зоне. В отдельных промышленных зонах Выборга и Приморска наблюдается существенное загрязнение подземных вод.

Далее на юг располагается зона развития нижнекотлинского горизонта. Она протягивается от северной границы вендских отложений до широты Сестрорецка, где начинается район Большого Петербурга. Ее протяженность — около 100 км. Большая часть нижнекотлинского водоносного горизонта, представленного песчаниками и алевролитами, перекрыта мощной толщей глин и погружается в южном направлении. В пределах Карельского перешейка горизонт содержит напорные пресные воды и усиленно эксплуатируется, что приводит к снижению напора в среднем на 80 м. И хотя в последние годы пьезометрический уровень горизонта вновь повышается, разгрузка вод в акваториальной части представляется маловероятной. Однако в недавнем геологическом и даже недавнем историческом прошлом при наличии разломов или литологически ослабленных зон она могла иметь место.

Свидетельствами существования таких зон разгрузки могут служить наличие в недавнем прошлом мощных родников в районе Зеленогорска и поля железо-магниевого конкреций, обнаруженные в ряде мест Финского залива. Следует отметить, что минерализация вод нижнекотлинского горизонта плавно увеличивается с севера на юг, достигая в районе Сестрорецка 1 г/л, в районе Санкт-Петербурга — 4–5 г/л. В акваториальной части Финского залива минерализация вод этого горизонта, по данным Кронштадской скважины, составляет 3,3 г/л.

На Карельском перешейке большое распространение получили воды четвертичных ледниковых отложений. В южной части развит межморенный горизонт, а надморенные четвертичные водоносные горизонты спорадически распространены на всем протяжении береговой линии и активно разгружаются вдоль всего побережья в виде концентрированных родников или пластовых высачиваний. Воды межморенного горизонта имеют напорный характер, но свидетельств его разгрузки в акваториальной или береговой части не имеется. Что касается вод надморенных отложений, то их область питания носит ограниченный характер, а степень загрязнения невелика. Из загрязняющих компонентов зафиксировано присутствие нитратов, органики, нефтепродуктов. В ряде мест отмечается микробиологическая загрязненность таких вод.

Значительную часть побережья Финского залива занимает чрезвычайно урбанизированная зона Большого Петербурга. Практически она начинается от Сестрорецка на севере, охватывает дельту Невы и ее протоков и тянется по южному побережью залива до г. Ломоносова. Общая ее протяженность — 250 км.

Наибольший интерес здесь представляет разгрузка чрезвычайно загрязненных вод грунтовых горизонтов, которые в большинстве районов урбанизированной зоны представляют собой техногенные растворы с высоким содержанием сульфатов, органики, тяжелых металлов, нефтепродуктов. Для них характерна тесная гидравлическая связь с водами поверхностных водотоков разветвленной дельты Невы.

Наконец, последняя зона располагается вдоль южного побережья Финского залива — от г. Ломоносова до границы с Эстонией. Ее протяженность — около 200 км. В этой зоне в Финский залив поступают воды ордовикского карбонатного комплекса, многочисленные источники которого располагаются вдоль глинта, кембро-ордовикского горизонта, тянущегося узкой полосой вдоль побережья, и четвертичных горизонтов, развитых на Приневской низине. Наибольшую долю в балансе поступающих вод составляют воды ордовикского комплекса, которые, с определенным допущением, также можно считать подземным стоком, так как небольшие по протяженности реки, впадающие в Финский залив, образованы мощными карстовыми источниками этого комплекса. Состав вод ордовикского горизонта достаточно хорошо изучен. В связи со слабой защищенностью комплекса для вод характерно существенное сельскохозяйственное и промышленное загрязнение. Состав вод кембро-ордовикского горизонта исследован слабо. Есть данные, указывающие на повышенные концентрации радона в зоне его разгрузки.

Для прямого изучения подземного стока в Финский залив использовалось несколько методик. Непосредственные результаты были получены с помощью специального уловителя, предложенного польскими гидрогеологами. При этом необходимо предварительное выявление концентрированных зон разгрузки. Такие зоны могут быть установлены с помощью радоновой и термометрической методик, основанных на существовании разницы в температуре и концентрации радона в подземных и поверхностных водах. Для подземных вод типичны стабильная температура (7°C) и более высокие концентрации радона. Определенная информация о локализации зон разгрузки может быть получена при анализе литолого-фациальных карт дна залива. Чрезвычайно перспективно использование различных геофизических методов, позволяющих установить расположение дислокативных нарушений, литологический состав донных осадков, наличие зон повышенной фильтрационной проницаемости. Общую картину расположения зон разгрузки можно получить с помощью дистанционной тепловой съемки.

Решение проблемы загрязнения подземного стока в Балтийское море в настоящее время находится на начальной стадии. Для ее решения необходимы объединение усилий специалистов разных стран, создание единых методологических принципов изучения экологической роли подземных вод. К числу важнейших задач относятся выявление масштабов разгрузки подземных вод на конкретных участках, детальное гидрохимическое изучение загрязнения разгружающихся подземных вод, установление дислокации зон разгрузки в акватории, разработка мер по предотвращению поступления загрязнения через подземный сток. Перспективно, по нашему мнению, и применение методов математического моделирования.

Summary

Viventsova Ye.A., Voronov A.N. Zonation in the Gulf of Finland shore based on the conditions of ground-water flow formation.

Adequate attention is not paid to the groundwater flows in to the gulf of Finland though they make most of its total hydrolic accounting and are responsible for its pollution. On its geological and hydrogeological features, the shore of the gulf of Finland is dividable into four zones differing in characherisfics of the direct groundwater flow. Most polluted flows are within the zone of Big Saint-Petersburg.

Литература

1. Джамалов Р.Г., Зекцер И.С., Месхетели А.В. Подземный сток в Мировой океан. М., 1977.
2. *Ecological Hydrogeology of Baltic Area.* Intern. Sci. Seminar: Abstr. St. Petersburg, 1993.
3. Voronov A., Kozlova E., Schwartz A. The problem of groundwater protection in the agricultural suburbs of St. Petersburg // *Hydrol. Sci. and Tecn.* Vol. 9, N 1-4.
4. Voronov A., Kozlova E. The trend of geological environment evolution in St. Petersburg // Proc. 7th Intern. congress Intern. Assoc. Engineering Geology / Ed. by A. A. Balkema. Rotterdam; Bookfield, 1994.
5. Voronov A.N.,

Shvarts A.A. Ways of improvement of groundwater quality assessment // Water resources at risk. Minneapolis, 1995. **6.** *Voronov A.N., Kuzmitskaja O.V., Shvarts A.A.* Groundwater discharges contamination to the Baltic Sea and plan of its study // Groundwater Discharge in the coastal zone. Proc. Intern. symposium LOICH reports. 1996. Vol. 8. **7.** *Voronov A.N., Shvarts A.A., Kuzmitskaja O.V.* Hydrogeological problems in the St. Petersburg region // Groundwater in the urban environment / Ed. by A. A. Balkema. Rotterdam, 1999. **8.** *Вивенцова Е.А.* К вопросу об усовершенствовании системы мониторинга подземных вод на территории Санкт-Петербурга // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 2000. Вып. 3 (№ 18).

Статья поступила в редакцию 4 декабря 2002 г.