

М. А. Шабалина, Е. А. Вивенцова, А. Н. Воронов

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДЗЕМНОГО СТОКА В ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО

Ладожское озеро – уникальный природный объект, нуждающийся в особом внимании. Оно является главным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения Санкт-Петербурга, поэтому значение чистоты его вод трудно переоценить. К потенциальным источникам загрязнения озера относится подземный сток, величина которого и степень загрязненности остаются совершенно неизученными. Цель данной статьи – определить роль подземного стока в общем загрязнении Ладожского озера.

Ладожское озеро – крупнейший пресноводный водоем Европы. Его бассейн представляет сложную систему водосбора озер Онежского, Ильмень и Саймы. На территории бассейна расположены полностью или частично Республика Карелия, Ленинградская, Новгородская, Псковская, Тверская, Вологодская, Архангельская области, Республика Беларусь. Площадь водосбора – 280 000 км², площадь озера – 17 700 км², его длина – 219 км, средняя ширина – 83 км, средняя глубина – 51 м, наибольшая глубина – 230 м. Объем воды в озере – 908 км³. Длина береговой линии составляет 1870 км.

В Ладожском озере находится большое число островов. Общая их площадь 457 км². Если считать только острова площадью больше 1 га, то на Ладожском озере их около 660. Распределены они крайне неравномерно. Больше всего их (около 500) у северо-западного берега. Они образуют множество групп, разделенных лабиринтом узких проливов, так называемых шхер. В центре озера находится около 65 островов, принадлежащих Валаамскому и Западному архипелагам. Примерно столько же островов (около 80) вытянулось вдоль восточного побережья. Беднее всего островами западное побережье (только 5) и южная часть озера, где расположены 16 небольших низменных песчаных островков, усеянных валунами.

Непосредственно в Ладогу впадают 32 реки длиной более 10 км, из них три крупных, а вытекает только одна – р. Нева. Реки Свирь, Вуокса и Волхов почти одинаковы по водоносности и приносят в среднем 64,6 км³ воды в год. Примерно 90% суммарного речного стока приходится на реки Свирь, Вуокса, Волхов, Сясь, Паша, Оять и Олонка. Остальные реки дают 12,4 км³ воды. В озере в виде осадков поступает 8,8 км³ воды. В сумме приток воды из рек и атмосферных осадков составляет 85,5 км³. Эта вода расходуется так – 79,5 км³ уходит в Неву и 6,0 км³ идет на испарение с поверхности озера. В этих балансовых расчетах не принят во внимание подземный сток непосредственно в озеро. В работе [1] подземный сток оценивается в 1,3 км³ в год, т.е. около 2% общего баланса.

Количество воды, поступающее в озеро, колеблется из года в год. Если принять приток в средний по водности год за 100%, то колебания между максимальным и минимальным притоком составят 55–150% среднегодового.

Уровень воды в Ладожском озере испытывает сравнительно небольшие колебания, составляющие около 3 м. Различают два вида колебаний уровня – связанные с изменением объема воды и кратковременное повышение уровня в одном месте, компенсируемое понижением в другом, что обусловлено ветровым режимом.

Озерная котловина образована разломами земной коры и обработана древними ледниками. Всего за свою историю озеро испытало четыре оледенения.

Северная часть озера покоится на Балтийском кристаллическом щите, сложенном гранитами, граносиенитами, гнейсами, мигматитами и другими магматическими породами. Архейские породы местами перекрыты тонким (несколько метров) слоем рыхлых осадков четвертичного возраста. Валаамский архипелаг и группа островов Мантсинсаари и Лункулансари сложены оливиновыми диабазами. На южном и западном берегах озера располагается краевая часть Русской платформы. Южная граница Балтийского щита в ближайших к Ладоге районах проходит приблизительно по линии Выборг–Приозерск – устье р. Видлицы – исток р. Свири. Рельеф дна и берегов в различных частях озера неодинаков. В северной части озера дно и берега сложены дислоцированными кристаллическими породами, рельеф сильно расчленен и имеет ступенчатое строение. Южная мелководная часть озера расположена на территории Русской платформы, имеет ровный пологий рельеф дна и берегов. Осадочные отложения сравнительно небольшой мощности состоят из пород венда и кембрия. Протерозойские осадочные отложения представлены сланцами, кварцитами, песчаниками, конгломератами, кристаллическими и доломитизированными известняками; кембрийские – песчаниками, песками, синими глинами. Толщина покрова рыхлых четвертичных отложений в приладожской части Русской платформы достигает первых десятков метров [2].

Поверхность кристаллического фундамента, обнаженная на Балтийском щите и постепенно погружающаяся в южном и юго-восточном направлениях (в южном Приладожье до 300–400 м), разбита трещинами и разломами на отдельные выступы и впадины. В таком тектоническом грабене и лежит котловина Ладожского озера. Выступы и понижения рельефа тянутся в пределах Балтийского щита прямолинейно на многие километры с северо-запада на юго-восток или с севера на юг [2].

В гидрогеологическом отношении могут быть выделены две разновеликие части – северная, где в озеро разгружаются водоносные горизонты четвертичного покрова и трещинные и трещинно-жильные воды Балтийского

шита, и южная, в которой расположена зона разгрузки нижнекотлинского и кембро-ордовикского водоносного горизонтов.

Определенный вклад вносят воды маломощных водоносных горизонтов четвертичных отложений. Рассчитанный по методике, предложенной в работе авторов [3], подземный сток при среднем модуле, характерном для данной широтной зоны, в 2,4 л/с на 1 км², составляет 1,2 км³ в год.

Ладожское озеро испытывает в настоящее время серьезную антропогенную нагрузку. Оно служит приемником сточных вод, поступивших от предприятий промышленности и агропромышленного комплекса. Общий объем загрязненных сточных вод, поступающих в Ладожское озеро в конце XX в., составил почти 500 млн м³ в год, из них 228 – от Ленинградской области. Ежегодно из Ладожского озера в Неву попадает 78,8 км³ загрязняющих веществ [1]. Огромное количество биогенных и загрязняющих веществ, попадающих в озеро, приводит к развитию антропогенного эвтрофирования и загрязнению обширных участков акватории.

Загрязняющие вещества поступают в Ладожское озеро с речным стоком, со сточными водами промышленных и сельскохозяйственных предприятий, расположенных по берегам озера, через атмосферные осадки и с подземными водами.

В настоящее время в бассейне Ладожского озера расположено около 500 предприятий, являющихся его загрязнителями. Загрязняющие вещества накапливаются в воде, донных отложениях, водных организмах. Избыточное поступление фосфора в воде к концу XX в. по сравнению с 1960-ми годами привело к повышению содержания общего фосфора почти в три раза.

Среди загрязняющих веществ, поступающих с поверхностным стоком, доминируют органические вещества, нефтепродукты и соединения азота, меди и цинка. Такой характер загрязнений обуславливается стоками предприятий целлюлозно-бумажной промышленности и сельского хозяйства. Области первичного загрязнения локализуются в приустьевых зонах рек и более мелких водотоках, несущих стоки промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Наибольшие уровни техногенных загрязнений отмечаются вблизи устьев Волхова, Свири, Вуоксы, Сяси. Озеро испытывает угрозу загрязнения городскими стоками Приозерска, Сортавалы и Питкяранты, поступающими в него без очистки. Постоянной угрозой являются ливневые стоки из отстойников Сяского ЦБК. Учитывая слабый водообмен озера, составляющий 12 лет, перечисленные источники загрязнения представляют серьезную экологическую опасность. К наименее загрязненным зонам Ладожского озера следует отнести район Валаамской гряды и большую часть западного побережья.

Определенную долю загрязнения в озеро вносит подземный сток, который собирает загрязняющие компоненты с огромной площади. Среди них нитраты, нефтепродукты, пестициды, тяжелые металлы. Загрязненные береговые участки занимают значительную часть побережья Ладоги. Наибольшее воздействие на экологическое состояние вод озера ощущается в зонах локальной концентрированной разгрузки подземных вод. Природный состав поступающих в озеро подземных вод весьма разнообразен. Трещинные воды пород фундамента обогащены радием и радоном, а воды глубоких горизонтов, разгружающиеся на южном берегу озера, отличаются повышенной минерализацией. Несмотря на сравнительно незначительную долю подземного стока в общем водном балансе озера, его влияние на экологическое состояние береговой зоны в местах концентрированной разгрузки будет весьма существенным. Следует также учитывать, что и речной сток в озеро почти на 20–25% сформирован подземными водами.

Все это свидетельствует о необходимости специального изучения подземного стока и степени его загрязненности при поступлении в Ладожское озеро.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы «Университеты России» (грант № 0901032).

Summary

Shabalina M. A., Viventsova E. A., Voronov A. N. Estimation of groundwater flow to the Ladoga Lake.

A research of groundwater discharge into the Ladoga Lake was carried out to analyze the increasing technogenic influence on the environment. The level of the groundwater pollution was estimated.

Литература

1. Вода России. Водно-ресурсный потенциал / Ред. А. Н. Чернов. Екатеринбург, 2000. 2. Кириллова В. А., Распопов И. М. Озера Ленинградской области. Л., 1971. 3. Вивенцова Е. А., Воронov А. Н. Зонирование побережья Финского залива по условиям формирования подземного стока // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 2003. Вып. 2 (№ 15).

Статья поступила в редакцию 10 апреля 2004 г.