

УСТОЙЧИВОСТЬ ОЗЕРА ПРЯЖИНСКОЕ К ЗАКИСЛЕНИЮ

Н.А. Дворак, И.Ю. Потапова, П.А. Лозовик

*Карельский государственный педагогический университет
Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

Введение

Одним из факторов антропогенного воздействия на водные экосистемы Севера является их закисление в результате выпадения сильных кислот с атмосферными осадками. В соответствии с разработанной П.А. Лозовиком гидрогеохимической моделью [Лозовик, 2006] устойчивость водных объектов к закислению определяется гидрологическими и геохимическими факторами. Первый показывает, какое количество сильных кислот может поступить в водный объект в зависимости от их концентрации в зимних атмосферных осадках ($C_{\text{сильн. к-т}}$) и доли закисляющих вод весеннего половодья и осадков, выпадающих на поверхность озера (ρ):

$$b = C_{\text{сильн. к-т}} * \rho. \quad (1)$$

Непосредственно ρ связано с удельным водосбором озера ($\Delta F_{\text{уд.}}$):

$$\rho = 0,0124 * \Delta F_{\text{уд.}}^{1,34} + 2 \Delta F_{\text{уд.}}^{-1}, \quad (2)$$

где первое слагаемое отражает вклад вод весеннего половодья в закисление водного объекта, а второе – осадков, выпадающих на поверхность озера. Из указанных формул следует, чем больше концентрация сильных кислот в атмосферных осадках, тем выше их поступление в водный объект; чем значительнее удельный водосбор озера, тем больше роль весеннего половодья; чем меньше $\Delta F_{\text{уд.}}$, тем наиболее значимо в закислении водного объекта выпадение осадков на поверхность озера.

С геохимических позиций устойчивость водного объекта к закислению определяется буферной емкостью воды, которая зависит от компонентов кислотноосновного равновесия. Фактически буферная емкость показывает, как будет изменяться pH воды при добавлении сильных кислот. В данном случае имеет значение, среди каких пород расположены озеро и его водосборный бассейн. Наибольшему закислению подвергаются озера, находящиеся среди гранитных скал, песчаных отложений, болот и характеризующиеся наименьшей буферной емкостью воды.

В качестве критической (допустимой) величины поступления сильных кислот в водный объект ($b_{\text{крит}}$) принято произведение $\Delta \text{pH}_{\text{крит}} * \beta = b_{\text{крит}}$, а $\Delta \text{pH}_{\text{крит}} = 0,3$ ед. Последняя соответствует межсезонной изменчивости pH, существующей в водных объектах Севера и обусловленной разной растворимостью CO_2 при изменении температуры.

Материалы и методы исследования

Согласно данным по многолетнему водному балансу озера Пряжинское, полученного Ю.В. Голомах, Ю.А. Сало [2006], количество осадков, выпадающих на поверхность озера, составляет 2,4 млн. $\text{м}^3 * \text{год}^{-1}$, весенний сток (апрель – май) – 5,2 млн. $\text{м}^3 * \text{год}^{-1}$, а годовой – 17,7 млн. $\text{м}^3 * \text{год}^{-1}$. Следовательно, доля закисляющих вод для этого озера будет равняться: $\rho = \frac{2,4 + 5,2}{17,7} = 0,43$.

Расчетное значение по формуле (2) равно 0,53. Оба коэффициента близки между собой, но для дальнейших расчетов будем использовать первый коэффициент, полученный по натуральным данным.

В качестве концентрации сильных кислот в атмосферных осадках примем значение 0,03 ммоль-экв/л, установленное для зимних осадков Южной Карелии [Лозовик, Потапова, 2006], поскольку непосредственного отбора снеговых проб на озере Пряжинское не проводилось. Следует отметить, что указанное значение является наибольшим по сравнению с другими районами Карелии, что обусловлено влиянием трансграничного переноса воздушных масс Западной Европы на осадки в Южной Карелии.

Буферная емкость воды оз. Пряжинское определялась экспериментальным методом по потенциометрическим кривым титрования проб воды сильной кислотой [Лозовик, Потапова, 2006] с использованием линейного уравнения

$$\frac{[H^+]}{m} = \frac{k}{C_{общ}} + \frac{[H^+]}{C_{общ}}, \quad (3)$$

где $[H^+], m$ – равновесная концентрация ионов водорода и слабых кислот соответственно после добавления сильной кислоты, $C_{общ}$ – общая концентрация слабых кислот и их анионов в исходном растворе, k – константа диссоциации слабой кислоты. Тангенс угла наклона дает величину

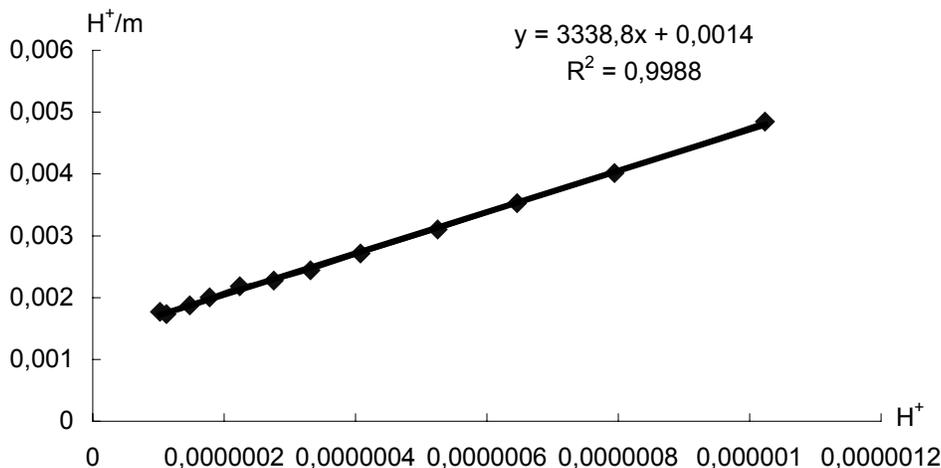
$\frac{1}{C_{общ}}$, а точка пересечения с осью ординат – свободный член $\left(\frac{k}{C_{общ}}\right)$, из которых легко найти $C_{общ}$ и k . Далее, используя классическое уравнение Ван-Слайка [Бейтс, 1986]

$$\beta = 2.3 \frac{C_{общ} \cdot 10^{pk-pH}}{(1 + 10^{pk-pH})^2},$$

без труда можно вычислить буферную емкость воды. Все потенциометрические измерения были выполнены на рНметре, иономере И-120.1, а титрование проб воды сильной кислотой проводили с использованием автоматического титратора Dosimat 715. Определение щелочности воды осуществляли методом двухточечного титрования до рН 4.5, 4.2 [РД 33-5.3.07-96], а суммы слабых кислот титрованием раствором соды до рН 8.3.

Результаты и обсуждение

На основании обработки потенциометрических кривых титрования и соответствующих расчетов (см. рис., табл. 1) установлено, что среднее значение буферной емкости воды озера Пряжинское составляет 0,10 ммоль-экв/л и изменяется в пределах 0,085– 0,109 ммоль-экв/л. Наибольшая величина β отмечена в воде руч. Дегенс в связи с высоким значением $C_{общ}$. Сумма кислотности и щелочности воды близка к общей концентрации слабых кислот и их анионов в исходном растворе, pk – к аналогичному показателю для угольной кислоты. Последнее указывает на то, что кислотноосновное равновесие в воде оз. Пряжинское обусловлено карбонатной системой ($HCO_3^- - CO_2$). В конечном итоге мы имеем все параметры для оценки степени закисления оз. Пряжинское (табл.2).



Зависимость H^+/m от H^+ для воды оз. Пряжинское

Таблица 1

Показатели кислотноосновного равновесия воды оз. Пряжинское

Дата отбора	№ станции	рН	Acid	Alk	С _{общ}	β	рк
			ммоль-экв/л				
11.10.05	2 (поверхность)	6,99	0,058	0,241	0,300	0,109	6,38
	2 (дно)	6,94	0,050	0,246	0,309	0,101	6,25
	руч. Дегенс	6,41	0,278	0,222	0,490	0,276	6,53
	исток из озера	6,97	0,040	0,232	0,290	0,085	6,22

Таблица 2

Буферная емкость воды и поступление сильных кислот в оз. Пряжинское при различной кислотной нагрузке

ρ	рН осадков	С _{сильн.к-т}	β	b	b _{крит}	ΔрН	ΔНСО ₃ ⁻ , мг/л
		ммоль-экв/л					
0,43	4,5	0,03	0,10	0,013	0,030	0,11	0,80
0,43	4,0	0,08	0,10	0,036	0,030	0,30	2,20

В результате поступления сильных кислот в оз. Пряжинское как с атмосферными осадками, выпадающими на поверхность озера в течение года, так и за счет талых снеговых вод в период весеннего половодья, изменение рН воды озера составит около 0,1 ед., а щелочности – 0,8 мг НСО₃⁻/л. Полученные показатели являются достаточно низкими (почти в 2,3 раза меньше, чем критические), поэтому закисление вод озера Пряжинское небольшое и маловероятно, что оно имеет какие-либо экологические последствия. Связано это с тем, что озеро Пряжинское достаточно устойчиво к закислению как с гидрологических, так и с геохимических позиций. Достижение критического уровня закисления вод будет наблюдаться при снижении величины рН атмосферных осадков в районе озера Пряжинское до 4,0. Это произойдет в том случае, если существенно будет увеличена эмиссия диоксида серы и окислов азота в странах Европы и в России. В связи с тем что многими странами, в том числе и Россией, принята Международная Конвенция по снижению выбросов в атмосферу SO₂ и окислов азота и она выполняется, опасаться закисления вод озера Пряжинское нет оснований.

Заключение

Таким образом, проведенный анализ закисления оз. Пряжинское по гидрогеохимической модели показал, что при современном уровне выпадения сильных кислот данный объект достаточно устойчив к закислению. Изменение показателей кислотноосновного равновесия в озере незначительно, и оно намного ниже критического. В дальнейшем представляет определенный интерес сравнивать оценку закисления озера с использованием модели А. Хенриксена [1992], которая принципиально отличается от гидрогеохимической.

Литература

- Бейтс Р. Определение рН. Теория и практика. Л., 1968. 398 с.
- Голомах Ю.В., Сало Ю.А. Структура многолетнего водного баланса озера Пряжинское // Петрозаводск, 2006. Настоящий сб., с. 45.
- Лозовик П. А. Устойчивость водных объектов к закислению в зависимости от их удельного водосбора на примере озер и рек бассейна р. Шуи (Онежской) // Водные ресурсы. 2006. Т. 33. № 2.
- Лозовик П. А., Потапова И. Ю. Поступление химических веществ с атмосферными осадками на территории Карелии // Водные ресурсы. 2006. Т. 33. № 1. С. 111–118.
- РД 33-5.3.07-96. Качество вод. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации гидрокарбонатов в природных водах титриметрическим методом. М., 1996. 15 с.
- Henriksen A., Kamari L., Posch M., Wilander A. Critical loads of acidity: Nordic surface waters // AMBIO. 1992. Vol. 21. P. 356-363.