

Харкевич Н.С. Характеристика химического состава и качества воды Выгозерского водохранилища // Водные ресурсы Карелии и их использование. Петрозаводск, 1978. С. 107–150.

Харкевич Н.С. Гидрохимия Кончезерской группы озер – уникальных водных объектов Карелии. Петрозаводск, 1991. 126 с.

Экологические проблемы освоения месторождения Средняя Падма. Петрозаводск, 2005. 110 с.

Intercomparison 9913: pH, χ_{25} , HCO₃, NO₃+NO₂, Cl, SO₄, Ca, Mg, Na, K, total aluminium, aluminium-reactive and nonlabile, TOC and COD-Mn // ICP-Waters report 51/1999. Niva, 1999. 65 p.

Intercomparison 0014: pH, Cond, HCO₃, NO₃+NO₂, Cl, SO₄, Ca, Mg, Na, K, total aluminium, aluminium-reactive and nonlabile, TOC, COD-Mn, Fe, Mn, Cd, Pb, Cu, Ni and Zn // ICP-Waters report 55/2000. Niva, 2000. 80 p.

Intercomparison 0115: pH, χ_{25} , HCO₃, NO₃+NO₂, Cl, SO₄, Ca, Mg, Na, K, total aluminium, aluminium-reactive and nonlabile, TOC, COD-Mn, Fe, Mn, Cd, Pb, Cu, Ni and Zn // ICP-Waters report 64/2001. Niva, 2001. 81 p.

Intercomparison 0317: pH, χ_{25} , HCO₃, NO₃+NO₂, Cl, SO₄, Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Cd, Pb, Cu, Ni and Zn // ICP-Waters report 68/2002. Niva, 2002. 69 p.

Intercomparison 0216: pH, χ_{25} , HCO₃, NO₃+NO₂, Cl, SO₄, Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Cd, Pb, Cu, Ni and Zn // ICP-Waters report 74/2003. Niva, 2003. 69 p.

ХИМИЧЕСКИЙ БАЛАНС ОЗЕРА ПРЯЖИНСКОЕ

А.В. Петрова, П.А. Лозовик

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

Введение

Формирование химического состава любого водоема происходит в результате внешнего поступления вещества в озеро с атмосферными осадками, поверхностным и подземным стоками, а также в результате внутриводоемных процессов (продукции, деструкции, седиментации и диффузии из донных отложений) и антропогенного влияния. Для оценки вклада различных источников в состав воды озера наиболее часто используют методы химического баланса, т.е. рассчитывают количество вещества, поступающего от каждого внешнего источника, и сравнивают его с выносом из озера. Получаемая невязка баланса свидетельствует о роли внутриводоемных процессов в трансформации вещества в озере.

Для оценки химического баланса озера требуются сведения по его водному балансу, по содержанию веществ в притоках, подземных водах, атмосферных осадках и в истоке из озера. Непосредственно для оз. Пряжинское использовались данные многолетнего водного баланса, полученные Ю.В. Голомах, Ю.А. Сало [2006]. Для расчета приходной части баланса с поверхностным притоком учитывались в основном показатели 1987 г., а с подземным стоком – 2005 г. наблюдений. Летне-осенний сезон 2005 г. характеризовался очень низкой водностью и многие водотоки, в том числе и основной приток озера – руч. Дегенес, перешли на подземное питание, как следствие этого химические показатели в ручье существенно отличались от ранее наблюдаемых, тогда как в самом озере их изменение не было столь контрастным. Поступление веществ с атмосферными осадками, выпадающими на поверхность озера, было рассчитано по составу осадков Южной Карелии с использованием литературных сведений [Лозовик, Потапова, 2006]. Указанные выше обстоятельства не позволяют получить точные сведения по химическому балансу оз. Пряжинское, но в то же время его элементы дают возможность судить о поступлении веществ в озеро от различных источников и выявить внутриводоемную трансформацию лабильных соединений.

Материалы и методы

Как уже отмечалось, для расчета химического баланса оз. Пряжинское использовались данные многолетнего водного баланса [Голомах, Сало, 2006] (табл. 1).

Таблица 1

Элементы водного баланса оз. Пряжинское, млн. м³/год

Приход		Расход	
Осадки	2.42	Испарение	1.60
Подземный приток	3.10	Водопотребление	0.20
Поверхностный приток	13.3	Поверхностный сток	15.9
Всего	18.8	Всего	17.7

Приходная часть водного баланса равняется 18,8, а расходная – 17,7 млн. м³ в год, невязка – 1,1 млн. м³. В приходной части химического баланса рассматриваются все элементы водного баланса, а в расходной – только поверхностный сток и водопотребление, что в сумме составляет 16,1 млн. м³/год. Потеря веществ при испарении воды незначительна и ее не принимали во внимание.

Для расчета средневзвешенной концентрации веществ в поверхностном притоке учитывалось внутригодовое распределение стока, которое было получено по водотоку-аналогу (рекам Маньга и Святрека) и любезно предоставлено Ю.А. Сало (табл. 2).

Таблица 2

Сезонное распределение притока с водосбора в оз. Пряжинское

Сезон	Месяцы	Q, млн. м ³	ρ
Весна	IV – VI	6.73	0.50
Лето	VII – VIII	1.40	0.11
Осень	IX – XI	3.17	0.24
Зима	XII – III	2.00	0.15
Год	I – XII	13.3	1.00

В связи с тем что озеро оказывает регулирующее действие на сток, внутригодовое распределение последнего несколько отличается от такового для притока в озеро. Поэтому для расчета средневзвешенной концентрации веществ в истоке из озера использовались данные по сезонному распределению водного стока из озера (табл. 3).

Таблица 3

Внутригодовое распределение стока из оз. Пряжинское (данные Ю.А. Сало)

Сезон	Месяцы	Q, млн. м ³	ρ
Весна	IV – VI	5.43	0.34
Лето	VII – VIII	2.48	0.15
Осень	IX – XI	5.10	0.32
Зима	XII – III	3.12	0.19
Год	I – XII	17.7	1.00

Оценка химического баланса оз. Пряжинское осуществлялась по основным группам веществ: минеральным ($\Sigma_{и}$), органическим (ОВ), Fe_{общ}, Si, P_{общ}, N_{орг}, NO₃⁻.

Как было уже отмечено ранее, по большинству компонентов учитывались данные наблюдений 1987 г., а по азотистым веществам – 2005 г. (табл. 4). Последние были получены на более современной аналитической основе, чем в 1987 г.

Таблица 4

Химический состав воды руч. Дегенс и истока из оз. Пряжинское

Сезон	$\Sigma_{и}$	ОВ	Fe _{общ}	Si	P _{общ} , мкг/л	N _{орг}	NO ₃ ⁻
	мг/л					мгN/л	
руч. Дегенес							
Весна	8.8	42.0	0.56	2.0	32	–	–
Лето	12.2	49.6	0.91	2.5	30	–	–
Осень	16.1	40.0	1.44	4.2	38	0.53	0.11
Зима	23.1	29.2	1.01	3.9	37	–	–
Средневзвешенная годовая	13.1	40.4	0.88	2.9	34	–	–
Исток из озера							
Весна	22.8	22.6	0.63	1.1	46	–	–
Лето	27.1	22.8	0.63	0.4	55	–	–
Осень	24.7	19.6	0.58	1.4	63	0.47	0.01
Зима	26.7	22.4	0.19	0.6	32	–	–
Средневзвешенная годовая	24.8	21.6	0.53	1.0	50	–	–

По подземным водам использовались результаты анализа проб, отобранных в 2005 г. Л.Н. Пителиной, Г.С. Бородулиной и В.В. Трениным [2006], а по атмосферным осадкам литературные сведения [Лозовик, Потапова, 2006] (табл. 5).

Таблица 5

Химический состав подземных вод (средневзвешенные значения) и атмосферных осадков

Объект	$\Sigma_{и}$	ОВ	Fe _{общ}	Si	P _{общ} , мкг/л	N _{орг}	NO ₃ ⁻
	мг/л					мгN/л	
Подземные воды	127	8.0	0.40	8.3	257	–	1.13
Осадки	2.1	2.0	0.05	0.02	8	0.06	0.34

Таким образом, на основании имеющихся литературных, фондовых материалов и проведенных наблюдений в 2005 г. удалось получить сведения по химическому составу воды основных источников его формирования в оз. Пряжинское, которые были использованы для расчета химического баланса озера.

Результаты и обсуждение

Химический баланс озера включает две составные части: приходную, рассчитываемую по притоку в озеро, и расходную, определяемую по истоку из озера. По разности прихода и расхода получают аккумуляцию и невязку баланса. Первая связана с увеличением или уменьшением запаса вещества в озере при изменении его объема за расчетный период, а вторая – с внутриводоемной трансформацией лабильных соединений. В принципе аккумуляция может быть вычислена как произведение $\Delta V_{оз}$ на среднюю концентрацию вещества в озере. В нашем случае это выполнить невозможно, поскольку мы не располагаем соответствующими гидрологическими параметрами. Если учесть «особенности» химических данных, то можно говорить только об ориентировочном химическом балансе оз. Пряжинское. Результаты расчетов химического баланса озера представлены в табл. 6. В приходной части баланса минеральных веществ, фосфора общего и нитратов почти в два раза больший вклад дают подземные воды, несмотря на маленький их объем по сравнению с поверхностным стоком. Причина заключается в том, что в подземных водах в районе п. Пряжа значительно выше $\Sigma_{и}$, содержание P_{общ} и NO₃⁻, чем в руч. Дегенс. В отношении ОВ, Fe_{общ}, N_{орг} и Si имеем обратную картину, их поступление в озеро с поверхностным стоком намного выше, чем с подземным. В данном случае сыграло роль как соотношение их стоков, так и содержание этих веществ в водах соответствующего генезиса (см. табл. 4, 5). Вклад атмосферных осадков в химический баланс незначителен для всех групп веществ. Единственное, что можно отметить, это поступление в озеро с осадками азотистых веществ, которое по нитратам составляет половину от поверхностного притока.

Таблица 6

Элементы химического баланса оз. Пряжинское, т

Элемент баланса	$\Sigma_{\text{и}}$	ОВ	Fe _{общ}	Si	P _{общ}	N _{орг}	NO ₃ ⁻
Приход							
Осадки	5	5	0.1	0.05	0.02	0.15	0.82
Поверхностный приток	174	537	12	39	0.45	7.0	1.5
Подземный приток	388	24	1.2	25	0.79	–	3.4
Всего	567	566	13.3	64	1.24	7.2	5.7
Расход							
Сток из озера	399	348	8.5	16	1.81	7.6	0.2
Аккумуляция + невязка							
	163	189	4.5	48	0.43	-0.4	5.5

В расходной части баланса наиболее существенна доля минеральных и органических веществ, которые в сумме дают около 750 т их стока из озера. Почти на порядок меньше по сравнению с вышеуказанными компонентами отмечается сток остальных веществ и практически «нулевой» – нитратов.

По всем элементам за исключением N_{орг} получена существенная разница в приходной и расходной части баланса, которая достигает 30–95%. Это связано с высокой погрешностью расчета баланса, учитывая неполноту исходной информации. Невозможность количественной оценки аккумуляции не позволяет вычислить невязку баланса по лабильным веществам и выяснить их внутриводоемную трансформацию. В то же время, если предположить незначительную величину аккумуляции связанную с изменением объема озера, можно выделить общие закономерности, которые весьма логичны. Так, за счет внутриводоемных процессов (седиментации, биохимического окисления) происходит уменьшение содержания ОВ, Fe_{общ} и P_{общ} в воде озера и его удерживающая способность по этим веществам составляет около 33%. В то же время для нитратов и кремния она значительно больше (75–95%), а для N_{орг} – фактически нулевая. Причина заключается в том, что оз. Пряжинское – евтрофный водоем и в нем активно протекают продукционно-деструкционные процессы. В результате происходит полное потребление нитратов и перевод их в органические формы. Процессы биохимического окисления ОВ и захоронение части его в донных отложениях приводят к сбалансированности содержания N_{орг} в воде озера. Кремний активно потребляется диатомовыми водорослями, который достаточно устойчив в их створках, поэтому и наблюдается значительная невязка баланса по этому элементу. Для фосфора характерна высокая оборачиваемость, в связи с чем не происходит столь контрастное изменение его концентрации в озере по сравнению с кремнием и нитратами.

Заключение

Таким образом, проведенные расчеты химического баланса озера Пряжинского показали, что для этого озера существенна доля поступления минеральных веществ, P_{общ} и нитратов и отчасти кремния за счет разгрузки в него подземных вод. Подземная составляющая в приходной части баланса $\Sigma_{\text{и}}$, P_{общ} и NO₃⁻ почти в 2 раза выше поверхностной. В то же время для органических веществ, Fe_{общ} и N_{орг} наблюдается обратная картина – их поступление с поверхностными водами значительно превосходит их приток с подземными.

Удерживающая способность озера по отношению ОВ, Fe_{общ} и P_{общ} составляет около 33%, а по Si оно достигает 75%, по NO₃⁻ – 95%, а по N_{орг} – практически нулевая, что связано с особенностями потребления и трансформации этих веществ в озерных экосистемах.

Литература

- Лозовик П. А., Потапова И. Ю. Поступление химических веществ с атмосферными осадками на территории Карелии // Водные ресурсы. 2006. Т. 33, № 1. С. 111–118.
- Пителина Л.Н., Бородулина Г.С., Тренин В.В. Оценка химического подземного стока в озеро Пряжинское. Петрозаводск, 2006. Настоящий сб., 2006, с. 86.
- Голомах Ю.В., Сало Ю.А. Структура многолетнего водного баланса озера Пряжинское. Петрозаводск, 2006. Настоящий сб., с. 45.