

УДК 556.555.3:556.114.7:556.16 (282.247.211)

ПОСТУПЛЕНИЕ В ОНЕЖСКОЕ ОЗЕРО ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА, ОБЩЕГО ФОСФОРА И ОБЩЕГО АЗОТА С РЕЧНЫМ СТОКОМ И ВЫНОС С ВОДАМИ Р. СВИРИ В 1965–2008 ГОДАХ

А. В. Сабылина

Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН

Дана оценка поступления органического углерода, соединений азота и общего фосфора с приточными водами в Онежское озеро за последние пятьдесят лет. Установлены основные причины, вызывающие его изменения.

Ключевые слова: водосборный бассейн; органический углерод; соединения азота; общий фосфор; природные воды.

A. V. Sabylina. ORGANIC CARBON, TOTAL PHOSPHORUS AND TOTAL NITROGEN INFLOW TO LAKE ONEGO WITH STREAM RUNOFF, AND THEIR REMOVAL BY SVIR RIVER WATERS IN 1965–2008

The inflow of organic carbon, nitrogen compounds and total phosphorus with runoff to Lake Onego during the last 50 years was estimated. The main factors causing changes in their influx to the lake were identified.

Keywords: catchment; organic carbon; nitrogen compounds; total phosphorus; natural waters.

Главная роль в формировании химического состава воды Онежского озера принадлежит речному стоку. Вынос химических веществ с водой рек можно рассматривать как интегральный показатель природных условий водосбора и хозяйственной деятельности на его территории.

Площадь водосборного бассейна озера равняется 53 100 км², площадь зеркала озера – 9720 км². Среднемноголетний водный сток в Онежское озеро равен 17,3 км³/год. На долю крупных четырех притоков – рек Водлы, Шуи, Суны и Андомы – приходится 60 % суммарного речного притока в озеро. Сток по р. Свири составляет 18,8 км³/год. Период условного водообмена озера равен 15,6 года [Балаганский и др., 2015].

Сток р. Шуи и Суны зарегулирован значительным количеством озер, большинство которых расположены по руслам рек. Например, в русле р. Шуи находится 16 озер. Озерность и заболоченность бассейнов этих рек одна из самых высоких в бассейне Онежского озера (табл. 1).

Преобладающая часть бассейна озера сложена кристаллическими породами Балтийского щита, перекрытыми небольшой мощности четвертичными отложениями (≤ 10 м). В южной части бассейна кристаллические породы перекрыты толщей палеозойских отложений (известняки, доломиты, мрамор), слагающих Русскую платформу.

Реки, дренирующие водосборный бассейн Онежского озера, имеют смешанный тип

Таблица 1. Характеристика притоков Онежского озера и их водосборов [Балаганский и др., 2015; Онежское озеро..., 2010]

Река	Объем стока, км ³ /год	Длина, км	Водосбор		
			Площадь, тыс. км ²	Озерность, %	Заболоченность, %
Водла	4,70	406	13,6	5,3	24
Шуя	3,02	279	10,3	10,4	~20
Суна (оба русла)	2,28	282	6,8	12,9	19
Андома	1,00	142	2,5	1,3	12
Вытегра	0,54	40	1,6	<1	12
Мегра	0,35	93	1,2	4,0	6
Пяльма	0,42	72	0,93	1,7	10
Немина	0,28	76	0,62	2,8	16
Лижма	0,21	67	0,86	19,3	9
Кумса	0,23	67	0,74	8,5	7
Черная	0,20	88	0,60	<1	8
Уница	0,15	55	0,40	2,4	10
Туба	0,23	16	0,31	3,5	5
Ошта	0,11	39	0,37	<1	6
Вичка	0,05	23	0,13	3	8
Шокша	-	23	0,12	1,2	5
Лососинка	0,13	25	0,32	5,7	10

Таблица 2. Речной сток в Онежское озеро и сток из озера р. Свирь в 1965–2008 гг., км³/год

Объект наблюдений	1965–1966	1985–1986	2001–2002	2007–2008
Притоки озера	15,55	12,75	14,00	17,79
Р. Свирь	15,75	14,35	14,77	19,17

питания, с преобладанием снегового. Основной фазой их гидрологического режима является весеннее половодье. Сокращение стока рек в период летней и зимней межени зависит от степени зарегулированности их водосборов. У притоков, испытывающих значительное влияние озер, осенние паводки имеют сглаженный характер.

Гидрохимические исследования на притоках озера проводились Институтом озероведения РАН [Соловьева, Расплетина, 1973] в 1965–1968 гг. и начиная с 1969 г. по настоящее время – Институтом водных проблем Севера [Пирожкова, Морозов, 1988; Пирожкова, 1990; Сабылина, 1998, 1999, 2007, 2015; Сабылина, Рыжак, 2007]. В 2001–2002 и 2007–2008 гг. наряду с комплексными работами на Онежском озере проводилось изучение химического состава воды притоков Онежского озера (28 рек) и его истока (р. Свирь) – в мае, июле, октябре и марте (рис. 1).

Общность климатических условий для всего водосборного бассейна озера определяет большое сходство основных химических показателей его вод. Однако неоднородность геологического и геоморфологического строения бассейна, которая иногда превалирует

над климатическими условиями, особенности его гидрографии являются причиной различия в химическом составе и режиме вод рек в пределах региона.

Для гидрохимической характеристики притоков озера последние были сгруппированы по ландшафтным особенностям [Соловьева, Расплетина, 1973; Сабылина, 2007, 2015]:

- реки западного и северо-западного побережья (Шуя, Суна (канал, старое русло), Лижма, Уница, Кумса, Вичка);
- Беломорско-Балтийский канал;
- реки северо-восточного побережья (Немина, Пяльма, Туба, Водла);
- реки юго-восточного и южного побережий (Черная, Андома, Вытегра, Мегра, Водлица, Ошта);
- реки юго-западного побережья (Рыбрека, Шокша, Пухта, Уя, Деревянка, Орзega, Нелукса, Лососинка, Неглинка).

При расчете поступления химических веществ в озеро с речным стоком и их стока из озера использованы данные П. Д. Швеца [1977] и А. Ф. Балаганского и др. [2015] о расходах воды (табл. 2) и материалы по химическому составу воды рек [Соловьева, Расплетина,

Таблица 3. Среднегодовые концентрации общего углерода в воде притоков Онежского озера и р. Свири и поступление его в озеро с речным стоком и вынос с водами р. Свири в 1965–2008 гг.

Объект наблюдений	1965–1966	1985–1986	2001–2002	2007–2008	1965–1966	1985–1986	2001–2002	2007–2008
	Среднегодовые концентрации, мг/л				Сток вещества, тыс. т/год			
Р. Водла	15,2	14,3	13,4	18,1	63,41	58,48	64,39	93,32
Р. Шуя	12,3	14,6	16,1	16,8	41,07	45,69	52,41	58,24
Р. Суна (Кондопожский канал)	8,4	10,7	9,9	8,7	21,50	21,83	25,24	26,50
Реки сев.-западн. и северного побережья	11,7	12,9	15,8	12,7	10,65	9,44	10,22	17,80
Реки сев.-восточн. побережья	15,7	15,2	14,8	20,6	21,37*	9,44	12,30	18,66*
Реки юго-восточн. и южного побережья	16,8	17,1	18,6	18,9	39,90	39,68	36,70	50,48
Реки юго-западн. побережья	17,2	22,0	22,1	21,4	6,52	3,00	5,78	5,09
Неучтенные притоки	-	-	-	15,1	-	-	-	36,73
Итого	13,7	14,8	14,9	16,8	213,0	188,5	214,1	299,12
Сток из озера, р. Свирь	8,2	7,3	9,5	9,8	129,4	115,9	144,1	200,6

Примечание. *Учен сток рек полуострова Заонежье.

Как показали исследования, проведенные в 1965–2008 гг., в среднем за год реки выносят в Онежское озеро 228 тыс. т $C_{орг}$. За счет первичной продукции в Онежском озере в среднем за год образуется 172 тыс. т $C_{орг}$ [Теканова, 2012]. В середине 60-х годов прошлого столетия, когда антропогенное воздействие на водосборный бассейн озера было небольшое, вынос $C_{орг}$ составил 213 тыс. т/год (табл. 3; рис. 3). В 1965–1966 гг. постоянные сезонные наблюдения проводили на 22 притоках озе-

ра и эпизодически на нескольких малых реках в открытый период года (рис. 3).

В 1985–1986 гг. поступление $C_{орг}$ с реками в озеро составило 188,5 тыс. т/год. Сокращение выноса $C_{орг}$ с реками на 24 тыс. т/год в период, когда водосборный бассейн озера был наиболее подвержен антропогенному воздействию, обусловлено низкой водностью года, т. е. природным фактором.

В 2001–2002 гг. вынос $C_{орг}$ с приточными водами в озеро равнялся 214,1 тыс. т/год. Наблюдения проводили на 28 реках. По водности

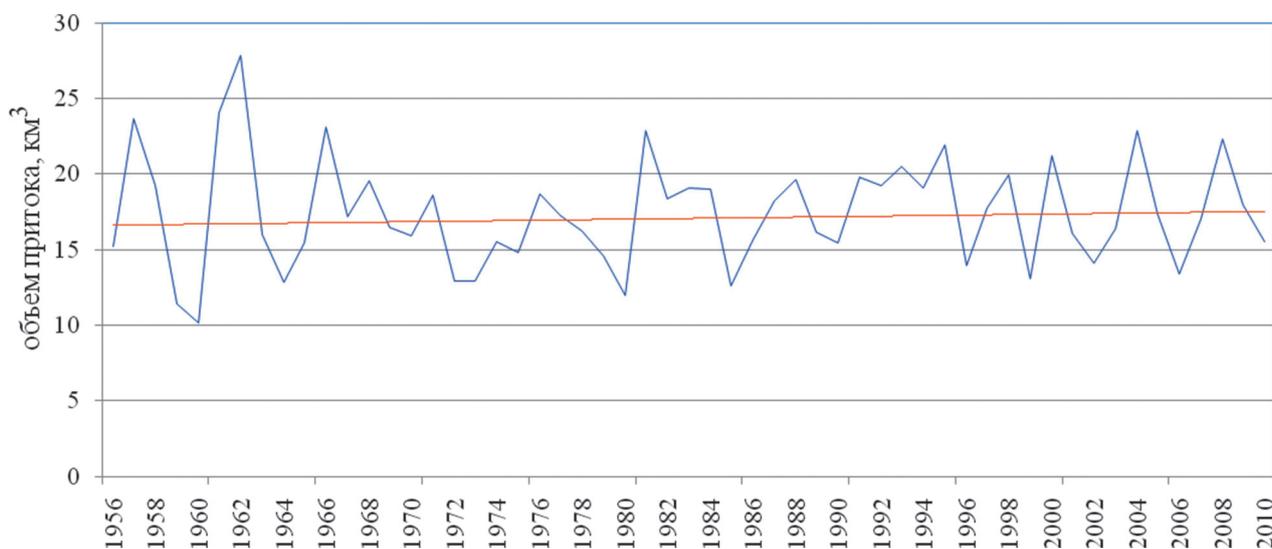


Рис. 2. Среднегодовой приток воды с водосборной площади Онежского озера по годам (за период с 1956 по 2010 г.) [Балаганский и др., 2015], км³

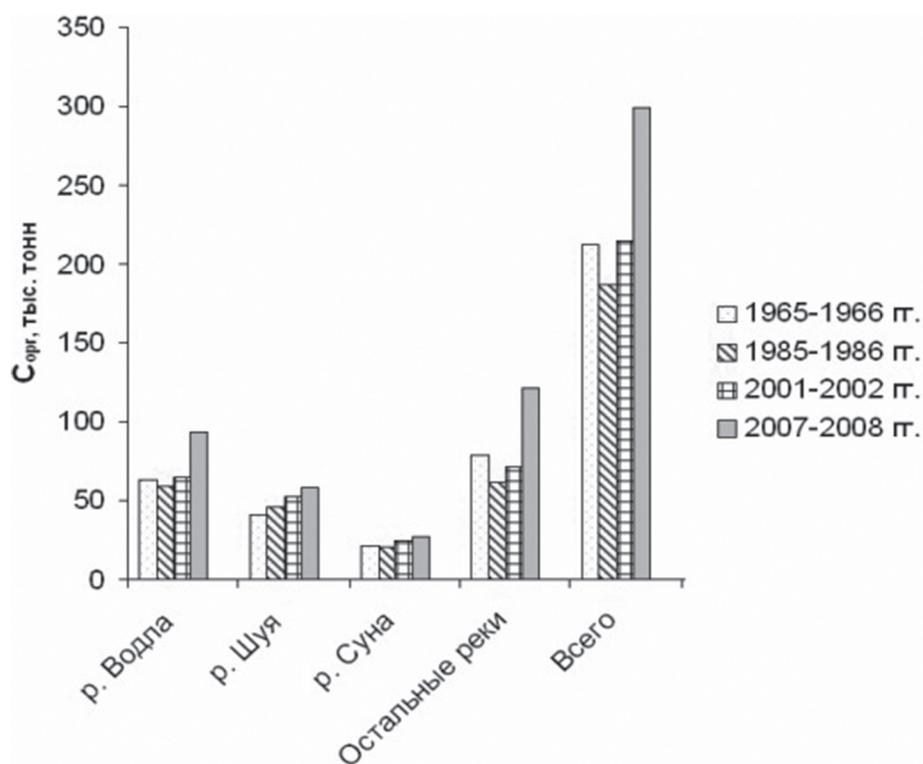


Рис. 3. Поступление органического углерода со стоком рек в Онежское озеро в 1965–2008 гг.

эти годы наблюдений были близки к 1965–1966 гг. (рис. 2). К концу 2000-х годов вынос $C_{орг}$ в озеро с речным стоком увеличился и составил 299 тыс. т/год. Повышение поступления $C_{орг}$ в озеро с приточными водами в эти годы связано как с многоводностью, так и с высокими концентрациями $C_{орг}$ в воде главных притоков озера (табл. 2, 3).

Основным источником пополнения запасов $C_{орг}$ в озере являются три главных притока – Водла, Шуя и Суна, с которыми вносятся около 70 % стока $C_{орг}$ в озеро. Из трех основных притоков Водла всегда являлась главным поставщиком $C_{орг}$ в озеро. Во все периоды наблюдений на ее долю приходилось 30 % $C_{орг}$ поступающего с речным стоком. С середины 80-х годов прошлого столетия поступление $C_{орг}$ с водой р. Шуи в озеро увеличивается (табл. 3), и связано это с сельскохозяйственной деятельностью на ее водосборе. Роль рек юго-восточного и южного побережий в стоке $C_{орг}$ выше, чем в водном стоке, и составляет 17–20 %.

Речной сток биогенных элементов. Поступление соединений азота (NH_4^+ , NO_3^- и $N_{орг}$) в Онежское озеро с водосборного бассейна за период с 1985 по 2008 г. изменялось от 8932 (2001 г.) до 10 129 (2008 г.) и 11 511 (1985 г.) тонн. Средняя за год концентрация общего азота в воде рек составляет 0,57–0,73 мг/л (табл. 4).

Основные изменения в химическом составе вод бассейна Онежского озера в 80-х годах прошлого столетия произошли в группе биогенных элементов [Сабылина, 1998, 1999]. Это связано с активизацией сельскохозяйственного использования водосборов рек Шуя, Водла, Вытегра, Пяльма, Андома: распашка земель, удобрение их и сенокосных угодий, мелиорация. Все это обогатило речные и озерные онежские воды биогенными элементами. Максимальное поступление соединений азота было отмечено во второй половине 80-х годов. Межгодовое и внутригодовое распределение стока биогенных элементов, как и $C_{орг}$, определяется главным образом распределением водного стока. Однако влияние климатических условий года на биогенный сток определяется не только изменениями объема водного стока, но и интенсивностью биохимических процессов в почвах водосбора, в воде рек и питающих их озер.

Поэтому изменения величин биогенного стока по годам не пропорциональны изменениям биогенного стока. В последние пятьдесят лет на величину биогенного стока оказывает влияние также и антропогенное воздействие на водосбор рек. В теплые и маловодные годы идет интенсивное потребление биогенных элементов фитопланктоном. Влияние ассимиляции особенно сказывается на концентрации нитратного азота. Так, в теплый и маловодный

Таблица 4. Среднегодовые концентрации общего азота и поступление его в Онежское озеро с речным стоком в 1985–2008 гг.

Объект наблюдений	1985–1986	2001–2002	2007–2008	1985–1986	2001–2002	2007–2008
	Среднегодовые концентрации, мг/л			Сток вещества, т/год		
Р. Водла	0,79	0,70	0,67	2273	2794	2968
Р. Шуя	1,08	0,58	0,54	3492	1871	1690
Р. Суна (Кондопожский канал)	1,0	0,65	0,49	1673	1553	1249
Реки сев.-западн. и сев. побережья	0,85	0,78	0,62	681	643	459
Реки сев.-восточн. побережья	0,80	0,79	0,62	679	429	551
Реки юго-восточн. и южного побережья	0,94	0,60	0,66	2443	1346	1677
Реки юго-западн. побережья	1,28	1,42	1,26	152	296	291
Неучтенные притоки	-	-	0,98	-	-	1244
Итого	0,90	0,64	0,59	11 511	8932	10 129
Сток из озера, р. Свирь	-	0,54	0,56	-	10 147	10 416

Примечание. *Вынос минеральных форм азота (NH_4^+ и NO_3^-).

Таблица 5. Среднегодовой вынос соединений азота и общего фосфора отдельными притоками Онежского озера в 1985–1986 и 2007–2008 гг. [Сабылина, 2015; Пирожкова, Морозов, 1988], т

Река	NH_4^+	NO_3^-	$\text{N}_{\text{орг}}$	$\text{P}_{\text{общ}}$	NH_4^+	NO_3^-	$\text{N}_{\text{орг}}$	$\text{P}_{\text{общ}}$
	1985–1986 гг.				2007–2008 гг.			
Водла	333	166	2273	133	177	266	2525	173
Шуя	416	238	2733	184	290	188	1212	119
Суна (канал)	196	236	1241	28	79	238	932	49
Андома	94	31	777	46	42	105	516	67
Вытегра	19	17	405	36	19	77	187	34
Мегра	79	14	561	18	5	14	102	20
Пяльма	22	0	305	7	16	36	199	16
Немина	20	0	179	10	11	20	141	20
Лижма	10	7	137	4	5	5	75	3
Кумса	13	24	150	4	11	18	90	4
ББК	12	8	184	4	10	4	78	6
Черная	39	5	118	9	9	9	75	10
Уница	14	2	165	2	11	12	80	4
Туба	7	2	82	3	4	9	62	3
Ошта	15	3	52	3	4	14	45	6
Вичка	3	9	34	1	3	14	18	1
Шокша	4	0	17	1	2	5	24	3
Лососинка	23	1	73	8	4	14	55	9
Неглинка	2	0	16	1	1	23	17	2
Неучтенные притоки	-	-	-	-	104	162	978	83
Всего	1321	763	9502	502	807	1233	7411	632

1985 г. сток нитратного азота в некоторых реках юго-восточного и юго-западного побережий (реки Пяльма, Немина, Шокша, Неглинка) снижается до нуля (табл. 5).

До середины 1980-х годов Водла из трех главных притоков озера выделялась по выносу минеральных форм азота. На ее долю приходилось 25 % (125 т) нитратного азота

Таблица 6. Среднегодовые концентрации общего фосфора и поступление его в Онежское озеро с речным стоком в 1965–2008 гг.

Объект наблюдений	1965–1966	1985–1986	2001–2002	2007–2008	1965–1966	1985–1986	2001–2002	2007–2008
	Среднегодовые концентрации, мг/л				Сток вещества, т/год			
Р. Водла	45	32	37	42	186	133	136	173
Р. Шуя	33	54	34	38	104	184	111	119
Р. Суна (Кондопожский канал)	12	12	12	13	28	28	54	30
Реки сев.-западн. и северного побережья	-	16	18	21	-	18	20	16
Реки сев.-восточного побережья	-	29	34	45	-	21	29	39
Реки юго-восточн. и южного побережья	-	60	42	68	-	118	74	173
Реки юго-запад- ного побережья	-	74	60	62	-	10	17	24
Неучтенные притоки	-	-	-	34	-	-	-	83
Итого	-	40	32	38	650	512	441	676
Р. Свирь	19	17	16	16	299	268	230	298

и 38 % (472 т) аммонийного азота, поступающего с речным стоком [Соловьева, Расплетина, 1973]. В конце 70-х и начале 80-х в связи с активизацией сельскохозяйственной и мелиоративной деятельности на водосборе р. Шуи увеличился вынос минеральных форм азота в Онежское озеро.

Доля р. Шуи в выносе нитратного азота увеличилась с 21 % от общей величины в середине 60-х годов (486 т/год) до 31 % (763 т/год) [Пирожкова, Морозов, 1988]. В настоящее время основной вклад в вынос нитратного азота в озеро дают реки Шуя (34 %), Водла (21 %), Суна (9 %). Доля выноса аммонийного азота с водой главных притоков озера от общей величины (1321 т) следующая: Водла – 20 %, Суна (оба русла) – 18 % и Шуя – 14 %. С водами рек юго-восточного и южного побережий (реки Андома, Вытегра, Мегра, Водлица и Ошта) в озеро поступает около 21 % аммонийного азота. Доля рек северного побережья в его выносе небольшая и составляет 5 %.

На основании имеющихся материалов можно проследить изменение поступления общего фосфора в Онежское озеро за период с 1965 по 2008 г.

В 1965–1966 гг. во всех исследованных притоках озера определялся минеральный фосфор, органический фосфор – в трех главных притоках (Водле, Шуре, Суне). Органический фосфор определялся методом сжигания органических соединений в серной кислоте. В остальных притоках озера концентрация органического фосфора рассчитывалась эмпирически, исходя из соотношения С:Р равным 400. Вынос в озеро общего фосфора ($P_{\text{общ}}$) с водой главных притоков составлял 318 т/год. Первое

место в поступлении $P_{\text{общ}}$ принадлежало Водле – 59 %, сток Шуи составлял 32 % и Суны – 9 % (табл. 6). По данным Н. Ф. Соловьевой и Г. Ф. Расплетинной [1973], в 1965–1966 гг. суммарный вынос $P_{\text{общ}}$ в озеро составил 650 т/год.

Интенсификация хозяйственной деятельности в целом в бассейне озера, и особенно сельскохозяйственной деятельности на территории водосборных бассейнов рек южного побережья и р. Шуи, в конце 70-х и в 80-х годах привела к резкому увеличению поступления $P_{\text{общ}}$ с водой этих рек в озеро. Следует учесть, что начиная с середины 80-х и в последующие годы органический фосфор определялся во всех притоках озера.

Вынос $P_{\text{общ}}$ с водой рек в озеро в 1985–1986 гг. составлял 512 т/год, что на 138 т меньше, чем в 1965–1966 гг. По водности эти годы были близки (рис. 2). Представленные в таблице 6 среднегодовые концентрации $P_{\text{общ}}$ и среднегодовой вынос его с водой рек отчетливо демонстрируют выраженное повышенное содержание $P_{\text{общ}}$ в воде р. Шуи в середине 80-х годов. В 1985–1986 гг. среднегодовая концентрация $P_{\text{общ}}$ в ее воде увеличилась в 1,6 раза по сравнению с 1965–1966 гг. Главные притоки в эти годы по-прежнему являлись основными поставщиками $P_{\text{общ}}$ (345 т) в озеро, но первое место в его выносе стало принадлежать р. Шуре (184 т/год). На ее долю приходилось 53 % от величины, вносимой главными притоками, и 34 % от общего поступления фосфора в озеро. Остальные реки водосбора дают около 33 % фосфора (рис. 4).

Вынос $P_{\text{общ}}$ с приточными водами в озеро в 2007–2008 гг. составлял 676 т. В эти годы в период открытой воды дополнительно

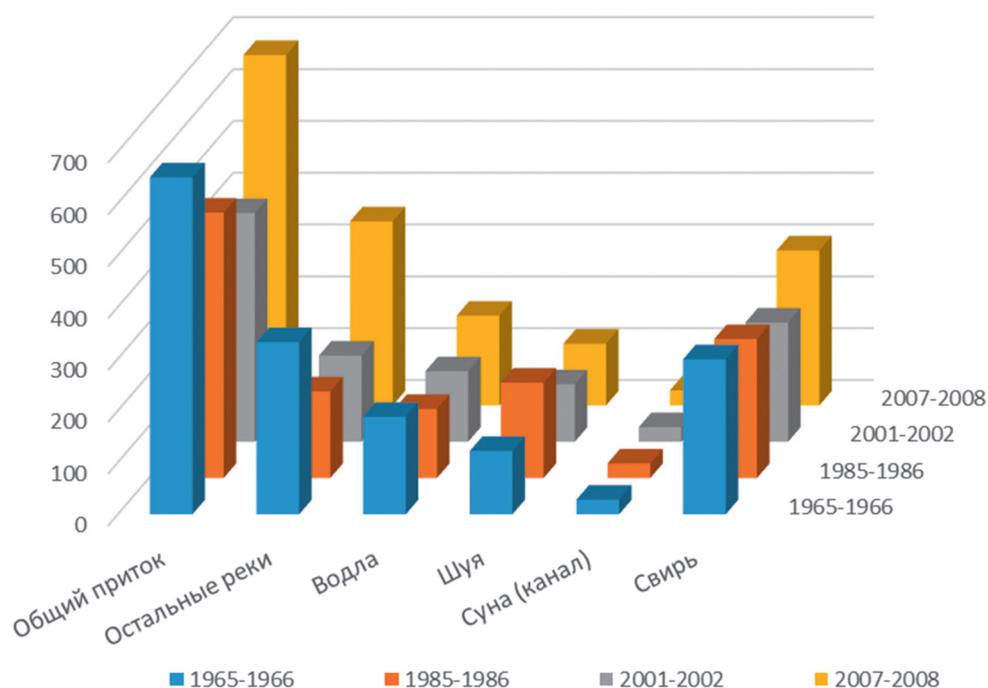


Рис. 4. Поступление $P_{\text{общ}}$ с приточными водами в Онежское озеро и вынос с рекой Свирь, т/год

проводились исследования на малых реках. В годовом поступлении $P_{\text{общ}}$ основная роль принадлежит р. Водле (26 % общего речного поступления), на долю р. Шуи приходится 18 %.

Гидрохимический режим р. Свири в ее истоке определяется главным образом режимом Онежского озера. Однако средние концентрации некоторых химических веществ в истоке р. Свири отличаются от средних значений для водной массы озера. Река берет начало в юго-западной части Онежского озера (Свирская губа). В истоке река соединяется с Онежским обводным каналом, по которому в ее русло, минуя озеро, поступает часть стока малых рек и южных притоков озера. Воды южных притоков отличаются повышенной минерализацией, содержанием органических веществ и биогенных элементов. Кроме того, здесь также могут играть роль локальные воздействия: поверхностно-склоновый сток во время дождевых паводков, поступление сточных вод крупного пгт Вознесенье. В связи с этими факторами среднегодовая концентрация $C_{\text{орг}}$ в истоке р. Свири выше, чем в среднем для озера. В 1965–1966 гг. она равнялась 7,3 мг/л, в 2007–2008 гг. – 9,8 мг/л. Вынос $C_{\text{орг}}$ из озера в первом случае составлял 124 тыс. т/год, а во втором – 200,6 тыс. т/год. Вынос общего $C_{\text{орг}}$ с водами р. Свири был наименьшим в маловодные 1985–1986 гг. (табл. 3).

Зависимость концентрации биогенных элементов в воде р. Свири от ее расходов

выражена слабо, так как Онежское озеро обладает высокой гидрохимической «инерцией» (водообмен озера равен 15,6 года). В среднем за год р. Свирь выносит из Онежского озера 9900 т общего азота. С водами р. Свири минеральный азот выносится в основном в виде нитратного азота, составляющего 36 % от общего азота.

Вынос $P_{\text{общ}}$ из озера в среднем за год составляет около 270 т. Среднегодовая концентрация $P_{\text{общ}}$ в речном стоке за период с 1985 по 2008 год составляет 16 мкг/л.

Выводы

Многолетние наблюдения на притоках Онежского озера показали, что основным источником поступления $C_{\text{орг}}$ в озеро является речной сток. Среднегодовое содержание общего $C_{\text{орг}}$ в притоках озера за период с 1985 по 2008 г. составляет 228 тыс. т. Вынос $C_{\text{орг}}$ с речными водами в озеро определяется водностью года и повышением концентрации его в воде некоторых притоков, испытывающих антропогенную нагрузку.

Вынос общего азота с водой рек за период 1985–2008 гг. в среднем составил около 10 тыс. т/год. Средняя за год концентрация общего азота в воде рек изменяется от 0,57 до 0,73 мг/л.

Сток $P_{\text{общ}}$ с речными водами в озеро изменялся от 441 т (2001–2002 гг.) до 673 т (2007–2008 гг.).

Среднегодовое содержание $P_{\text{общ}}$ в притоках озера в 1985–2008 гг. составляет 33 мкг/л.

Изменение величин биогенного стока по годам не всегда пропорционально объему водного стока и в значительной степени зависит от антропогенного воздействия на водосборные бассейны рек.

Литература

Балаганский А. Ф., Карпечко В. А., Литвиненко А. В., Сало Ю. А. Ресурсы речного стока и водный баланс // Крупнейшие озера-водохранилища северо-запада европейской территории России: современное состояние и изменения экосистем при климатических и антропогенных воздействиях. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. С. 31–38.

Кулиш Т. П. Гидрохимические исследования системы органического углерода озера Ладожского озера – прошлое, настоящее и будущее. СПб.: Наука, 2002. С. 107–111.

Мартынова Н. Н., Лозовик П. А., Глинский А. М. Определение органического углерода в природных водах с использованием системы непрерывного газового потока // Органическое вещество и биогенные элементы в водах Карелии. Петрозаводск: Карельский фил. АН СССР, 1985. С. 191–203.

Онежское озеро. Атлас / Отв. ред. Н. Н. Филатов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. 151 с.

Пирожкова Г. П. Гидрохимический режим озера и его изменение под влиянием антропогенного воздействия // Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Л.: Наука, 1990. С. 95–146.

Пирожкова Г. П., Морозов А. К. Химический сток с бассейна в Онежское озеро // Притоки Онежского озера. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1988. С. 4–8.

References

Balaganskij A. F., Karpechko V. A., Litvinenko A. V., Salo Ju. A. Resursy rechnogo stoka i vodnyj balans [River runoff resources and water balance]. Krupnejshie ozera-vodohranilishha severo-zapada evropejskoj territorii Rossii: sovremennoe sostojanie i izmenenija jekosistem pri klimaticheskikh i antropogennykh vozdeystvijah [The largest lake-reservoirs of the North-west European part of Russia: current state and change of ecosystems under climatic and anthropogenic influences]. Petrozavodsk: KarNC RAN, 2015. P. 31–38.

Kulish T. P. Gidrokhimicheskie issledovaniya sistemy organicheskogo ugleroda ozernoi vody [Hydrochemical study of organic carbon of lake water system]. Ladozhskoe ozero – proshloe, nastoyashchee i budushchee [Ladoga Lake – the past, present and future]. St. Petersburg: Nauka, 2002. P. 107–111.

Martynova N. N., Lozovik P. A., Glinskij A. M. Opredelenie organicheskogo ugleroda v prirodnykh vodah s ispol'zovaniem sistemy nepreryvnogo gazovogo potoka [Determination of organic carbon concentrations in natural waters with continuous gas flow]. Organicheskoe

Sabylina A. V. Gidrokhimicheskie issledovaniya Oнежского озера // Крупнейшие озера-водохранилища северо-запада европейской территории России: современное состояние и изменения экосистем при климатических и антропогенных воздействиях. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. С. 60–88.

Sabylina A. V. Онежское озеро и его притоки. Внешняя нагрузка на Онежское озеро // Состояние водных объектов Республики Карелия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. С. 19–21.

Sabylina A. V. Онежское озеро. Химический состав воды // Современное состояние водных объектов Республики Карелия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1998. С. 40–51.

Sabylina A. V. Современный гидрохимический режим Онежского озера // Онежское озеро, экологические проблемы. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1999. С. 58–108.

Sabylina A. V., Ryzhakov A. V. Химический состав воды озера // Состояние водных объектов Карелии. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. С. 29–39.

Соловьева Н. Ф., Расплетина Г. Ф. Гидрохимия притоков Онежского озера и элементы его химического баланса // Гидрохимия Онежского озера и его притоков. Л.: Наука, 1973. С. 3–129.

Теканова Е. В. Вклад первичной продукции в содержание органического углерода в Онежском озере // Биология внутренних вод. 2012. № 4. С. 38–43.

Швец Л. Д. Водный баланс Онежского озера (Верхне-Свирского водохранилища) за многолетний период и характерные по водности годы // Исследования режима и расчеты водного баланса озер-водохранилищ Карелии: Сб. работ Ленинградской гидрометеобсерватории. Л., 1977. Вып. 11. С. 25–53.

Поступила в редакцию 11.02.2016

veshhestvo i biogennye jelementy v vodah Karelii [Organic matter and biogenic elements in Karelian water]. Petrozavodsk: Karel. fil. AN SSSR, 1985. P. 191–203.

Onezhskoe ozero. Atlas [Lake Onego. Atlas]. Ed. N. N. Filatov. Petrozavodsk: KarNC RAN, 2010. 151 p.

Pirozhkova G. P. Gidrokhimicheskij rezhim ozera i ego izmenenie pod vlijaniem antropogennogo vozdeystviya [Hydrochemical regime of the lake and its variations under anthropogenic impact]. Jekosistema Onezhskogo ozera i tendencii ee izmenenija [Onego Lake ecosystem and trends in its variations]. Leningrad: Nauka, 1990. P. 95–146.

Pirozhkova G. P., Morozov A. K. Himicheskij stok s bassejna v Onezhskoe ozero [Chemical runoff from the basin into Lake Onego]. Pritoki Onezhskogo ozera [Tributaries of Lake Onego]. Petrozavodsk: Karel'skii filial AN SSSR, 1988. P. 4–8.

Sabylina A. V. Onezhskoe ozero. Himicheskij sostav vody [Lake Onego. Water chemistry]. Sovremennoe sostojanie vodnykh ob'ektov Respubliki Karelija [Current

state of water bodies in the Republic of Karelia]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 1998. P. 40–51.

Sabylina A. V. Sovremennyy gidrohimicheskij rezhim Onezhskogo ozera [Modern hydrochemical regime of Lake Onego]. Onezhskoe ozero, jekologicheskie problemy [Lake Onego: environmental problems]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 1999. P. 58–108.

Sabylina A. V. Onezhskoe ozero i ego pritoki. Vneshnjaja nagruzka na Onezhskoe ozero [Lake Onego and its tributaries. External load on Lake Onego]. Sostojanie vodnykh ob'ektov Respubliki Karelija [State of water bodies in the Republic of Karelia]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2007. P. 19–21.

Sabylina A. V. Gidrohimicheskie issledovanija Onezhskogo ozera [Hydrochemical studies of Lake Onego]. Krupnejšie ozera-vodohranilishha severo-zapada evropejskoj territorii Rossii: sovremennoe sostojanie i izmenenija jekosistem pri klimaticeskikh i antropogennykh vozdejsťvijah [The largest lake-reservoirs of the Northwest European part of Russia: current state and change of ecosystems under climatic and anthropogenic influences]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2015. P. 60–88.

Sabylina A. V., Ryzhakov A. V. Khimicheskij sostav vody ozera [The chemical composition of the lake water]. Sostojanie vodnykh ob'ektov Karelii. Po rezul'tatam monitoringa 1998–2006 gg. [Status of Karelian water

bodies. According to the results of monitoring 1998–2006]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2007. P. 29–39.

Solov'eva N. F., Raspletina G. F. Gidrohimiya pritokov Onezhskogo ozera i jelementy ego himicheskogo balansa [Hydrochemistry of tributaries of Lake Onego and elements of its chemical balance]. Gidrohimiya Onezhskogo ozera i ego pritokov [Hydrochemistry of Lake Onego and its tributaries]. Leningrad: Nauka, 1973. P. 3–129.

Tekanova E. V. Vklad pervichnoj produkcii v sodержanie organicheskogo ugleroda v Onezhskom ozere [The contribution of primary production to organic carbon content in Lake Onego]. *Biologija vnutrennih vod* [Inland water biology]. 2012. No. 4. P. 38–43.

Shvec L. D. Vodnyj balans Onezhskogo ozera (Verhne-Svirskogo vodohranilishha) za mnogoletnij period i harakternye po vodnosti gody [Long-term water balance of Lake Onego (Upper Svir reservoir) and specific water years]. Issledovanija rezhima i raschety vodnogo balansa ozer-vodohranilishh Karelii: Sb. rabot Leningradskoj gidrometeoobservatorii [Study of water regime and calculation of water balance of lake-reservoirs in Karelia: Collected papers of Leningrad hydrometeorological observatory]. Leningrad, 1977. Iss. 11. P. 25–53.

Received February 11, 2016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Сабылина Альбина Васильевна

старший научный сотрудник, к. х. н.
Институт водных проблем Севера
Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185030
тел.: (8142) 576541

CONTRIBUTOR:

Sabylina, Albina

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
tel.: (8142) 576541