

# АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА ВОДОСБОРНЫЙ БАССЕЙН ИВАНО-АРАХЛЕЙСКИХ ОЗЕР (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

**Хозяйственная деятельность в водосборах озер нарушает естественный круговорот веществ, изменяет потоки биогенных элементов, что зачастую ведет к эвтрофированию водоемов. На основе метода балансовых расчетов определена нагрузка по азоту и фосфору на водоемы Ивано-Арахлейской системы озер. Дана количественная оценка антропогенной составляющей биогенной нагрузки и отдельных ее компонентов. Выявлено, что основными антропогенными источниками азота и фосфора на исследуемой территории являются экскреции сельскохозяйственных животных и бытовые стоки с территорий сельских населенных пунктов.**

## Введение

**И**вано-Арахлейские озера входят в состав Ивано-Арахлейского государственного природного ландшафтного заказника и расположены в восточной части Витимского плоскогорья на водоразделе рек Витим и Селенга. Абсолютная высота дна озера 960-980 м н.у.м. [1].

Процессы, происходящие на территории водосборных бассейнов озер, в значительной мере определяют эволюцию водоемов. Хозяйственная деятельность на водосборах озер нарушает естественный круговорот веществ, изменяя потоки биогенных элементов, что может привести к эвтрофированию водоемов. Важнейшими биогенными элементами являются азот, фосфор, калий, натрий, железо, кремний и др. Все они участвуют в разных гео- и биохимических циклах, однако для большинства водных экосистем основную роль в трофическом статусе озер играют азот и фосфор. Было установлено, что с одного гектара сельскохозяйственных угодий в водоемы за год поступает до 80 кг нитратного азота, 3 кг фосфора и 60 кг калия [2, 3].

## Г.Ц. Цыбекмитова\*,

кандидат биологических наук, доцент, заместитель директора по научной работе, ФГБУН Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук

## Л.М. Фалейчик,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отде-

Метод балансовых расчетов, предложенный Р. Фоленвайдером [2, 3] и используемый в работах [4–9 и др.], позволяет установить возможный вынос азота и фосфора с территории водосбора в водоемы в зависимости от их источника (сельскохозяйственные, рекреационные, коммунальные стоки и др.).

Цель работы — на основе простых моделей дать количественную оценку антропогенной составляющей биогенной нагрузки на озера Ивано-Арахлейской системы и отдельных ее компонентов.

В данной статье мы рассматриваем вопросы антропогенной нагрузки на водосборный бассейн Ивано-Арахлейских озер. Природный вынос биогенов с водосборного бассейна в значительной мере зависит от геохимических и геоморфологических особенностей территории водосбора и ее гидрографической сети [10], от многих других факторов, и на этом этапе исследований не рассматривался и не оценивался. Сравнение представ-

\*Адрес для корреспонденции: gazhit@bk.ru

**Таблица 1**

**Коэффициенты вымывания биогенных элементов ( $c_i^\alpha$ ) для различных культур и почвенных условий (обобщенно по данным разных источников)**

Культура	Преобладающая почва	Коэффициенты миграции	
		азота	фосфора
Пшеница	Темно-серые Мерзлотные Лугово-лесные	0,16	0,12
Овес	То же	0,12	0,11
Ячмень	- « -	0,15	0,11
Кормовые культуры	- « -	0,5	0,14
Многолетние травы	- « -	0,5	0,15

**Таблица 2**

**Вынос питательных веществ из почвы с урожаем сельскохозяйственных культур ( $K_i^\alpha$ ), кг/ц (обобщенно по данным разных источников)**

Культура	Почва	Азот	Фосфор
Пшеница	Темно-серые Мерзлотные Лугово-лесные	3,30	1,40
Овес	То же	2,45	1,20
Ячмень	- « -	2,60	1,04
Кормовые культуры	- « -	0,33	0,10
Многолетние травы	- « -	1,76	0,63

ленных данных с фактическим содержанием азота и фосфора в водоемах — одна из задач следующего этапа исследований.

## Материалы и методы исследования

**Д**ля оценки объемов азота и фосфора антропогенного происхождения, формирующихся на территории водосборного бассейна Ивано-Арахлейских озер в результате хозяйственной деятельности и возможного выноса их в водоемы были использованы материалы учетных форм земельного баланса, поголовья скота (во всех категориях хозяйств), численности населения и рекреантов. Количественная оценка возможного

ления Российской академии наук

**И.Е. Михеев,**  
кандидат географических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук

выноса азота и фосфора с сельскохозяйственных угодий в водосборные бассейны озер проводилась в соответствии с рекомендациями Госагропрома РСФСР [7].

Масса  $W^\alpha$  (кг/год) возможного выноса биогенов (азота и фосфора) из почв сельскохозяйственных угодий, занятых под посевы  $N$  сельскохозяйственных культур после сбора урожая оценивалась по следующей формуле:

$$W^\alpha = \sum_{i=1}^n R_i^\alpha F_i, \quad (1)$$

где  $\alpha$  — индекс биогенного элемента, здесь:  $N$  — азот,  $P$  — фосфор;

$R_i^\alpha$  — удельная масса биогенного элемента  $\alpha$ , вымываемая из почв сельскохозяйственных угодий с растительной массой  $i$ -той сельскохозяйственной культуры, кг/га;

$F_i$  — площадь, занятая  $i$ -той сельскохозяйственной культурой, га.

Величина  $R_i^\alpha$  определяется в зависимости от урожайности  $i$ -той культуры, свойств почвы и коэффициента потерь биогена  $\alpha$  с  $i$ -той культурой по формуле:

$$R_i^\alpha = c_i^\alpha K_i^\alpha Y_i,$$

где  $c_i^\alpha$  — коэффициент вымывания биогена  $\alpha$  из почв сельскохозяйственных угодий для  $i$ -той сельскохозяйственной культуры (табл. 1);

$K_i^\alpha$  — вынос биогенного элемента  $\alpha$  с растительной массой урожая  $i$ -того вида сельскохозяйственных культур, кг/ц (табл. 2);

$Y_i$  — урожайность  $i$ -того вида сельскохозяйственных культур, ц/га.

Поступление  $V^\alpha$  азота и фосфора от сельскохозяйственных животных оценивалось по удельным показателям  $G_i^\alpha$  содержания этих элементов в экскрециях животных в пересчете на 1 голову [2]:

- крупный рогатый скот — 50 кг азота и 11,4 кг фосфора в год;
- лошади — 128 кг азота и 19 кг фосфора;
- мелкий рогатый скот — 6,66 кг азота и 2,52 кг фосфора.

Суммарное количество питательных элементов в органических удобрениях определяли по их содержанию в навозной жиже с учетом массы каждого вещества. При этом в расчет брали среднее содержание биогенных элементов в навозной жиже — азота 0,22 %, фосфора 0,01 %.

Из общего количества  $W^\alpha$  возможного выноса биогенов с сельскохозяйственных угодий и от сельскохозяйственных животных в водосборный бассейн поступает 15 %



Таблица 3

Характеристика водосборных бассейнов озер

Водосборные бассейны	Площади, га					
	зеркало озера	водосборная территория (без водоемов)	все водоемы	земли поселений	лесные земли	сельхозугодья
Арахлей	5773,3	18656,4	5950,0	182,5	14464,0	4780,8
Шакшинское	5253,0	38103,7	5385,0	157,2	27481,6	13836,7
Иван	1581,2	12389,8	1613,0	131,4	9083,3	4258,6
Иргень	3194,1	15234,9	3228,3	0,0	12069,4	4784,0
Б. Ундугун	1200,8	23499,5	1364,8	0,0	20603,2	6088,0
Тасей	1528,7	17460,6	1562,3	24,8	8090,0	5859,9
р. Хилок	-	63343,4	716,4	216,7	42128,7	27904,5
Всего	18531,1	188688,4	19819,7	712,5	133920,1	67512,5

азота и 3 % фосфора [2]. Расчет выноса биогенов в водные объекты производили при допущении потери их по азоту – 30 %, по фосфору – 18 % [11]. Таким образом, в конечном итоге массы  $M_j^\alpha$  поступающих в водоемы биогенов, формирующихся в сельскохозяйственном производстве ( $j = 1$ ) и животноводстве ( $j = 2$ ), оцениваются по формулам:

$$M_j^N = 0.7 \cdot 0.15 \cdot N_j,$$

$$M_j^P = 0.82 \cdot 0.03 \cdot P_j, \quad (2)$$

где  $N_j$  и  $P_j$  – массы возможного поступления азота и фосфора с посевных угодий ( $j = 1$ ) и от сельскохозяйственных животных ( $j = 2$ ), соответственно:

$$N_1 = W^N, \quad N_2 = V^N,$$

$$P_1 = W^P, \quad P_2 = V^P.$$

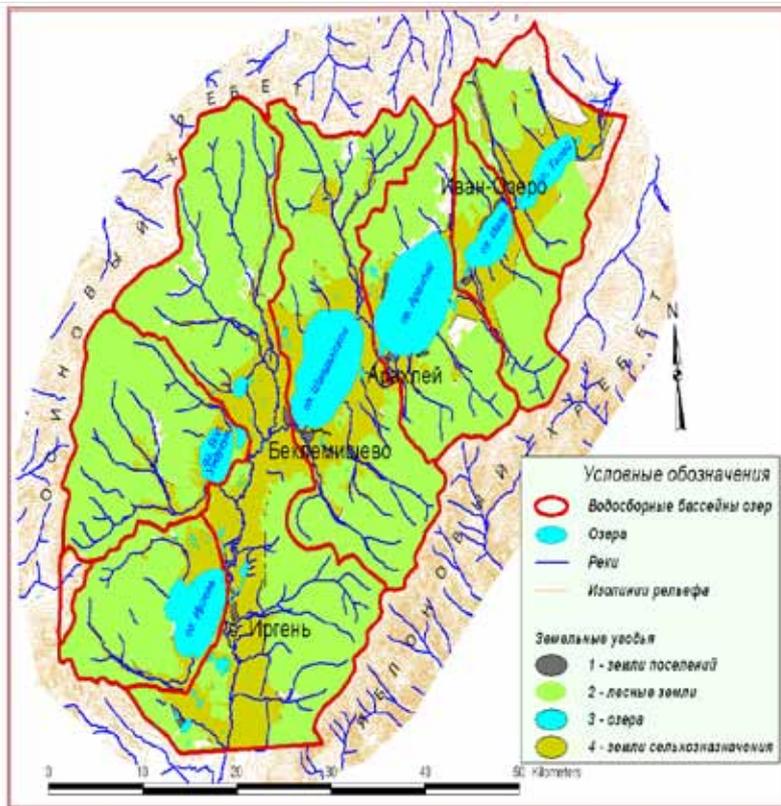
При определении количеств азота и фосфора, поступающих в водосборный бассейн с продуктами жизнедеятельности человека, предполагалось, что 1 человек в год выделяет 5,2 кг азота и 0,52 кг фосфора [2].

При оценке выноса азота и фосфора в водные объекты от рекреантов использовали показатели, рассчитанные Гидрохимическим

Таблица 4

Количества возможного выноса азота и фосфора с посевных площадей за 2009 г.

Культура	Посевная площадь, га	Средняя урожайность, ц/га	Удельные количества $R_i^\alpha$ биогенов, кг/га		Массы $W^\alpha$ возможного выноса биогенов, кг			
			$R^N$	$R^P$	$W^N$	$W^P$		
Пшеница	300	9,0	4,75	1,51	1425,6	453,60		
Овес	2700		2,65	1,19	7144,2	3207,60		
Ячмень	500		3,51	1,03	1755,0	514,80		
Кормовые культуры	3249	60,0	9,90	0,84	32165,1	2729,16		
Многолетние травы	2170	18,0	15,84	1,70	34372,8	3691,17		
Всего за год	8919				76862,7	10596,33		
В среднем на 1 га посевных площадей							8,6	1,19



**Рис. 1.** Земельные угодья на водосборе Ивано-Арахлейских озер

**Таблица 5**

Поступление азота и фосфора в природные воды с посевных площадей за 2009 г. с учетом естественных потерь

Культура	$M_i^N$		$M_i^P$		$0,7*0,15R^N$		$0,82*0,03R^P$	
	кг	%	кг	%	кг/га	%	кг/га	%
Пшеница	149,69	2	11,16	4	0,50	13,0	0,04	25,0
Овес	750,14	9	78,91	30	0,28	7,2	0,03	18,8
Ячмень	184,28	2	12,66	5	0,37	9,6	0,03	18,8
Кормовые культуры	3377,34	42	67,14	26	1,04	27,1	0,02	12,4
Многолетние травы	3609,14	45	90,80	35	1,66	43,1	0,04	25,0
Всего за год	8070,58	100	260,67	100	3,85	100	0,16	100
В среднем на 1 га посевных площадей	0,90		0,03		0,0004		0,00002	

**Таблица 6**

Вынос биогенов от сельскохозяйственных животных за год

Виды животных	Поголовье	в водосборный бассейн		в воды Ивано-Арахлейских озер	
		Азот, кг	Фосфор, кг	Азот, кг	Фосфор, кг
КРС	4370	32775,0	1494,54	22942,5	1225,52
Лошади	221	4243,2	125,97	2970,2	103,30
Овцы	625	624,4	47,25	437,1	38,75
Всего за год	5216	37642,6	1667,76	26349,8	1367,56
В среднем на 1 га водосборной площади, кг/га		0,20	0,01	0,14	0,01

научно-исследовательским институтом [12]: при продолжительности купального периода в 100 дней от 1 человека поступает 695 мг азота и 75 мг фосфора. С учетом меньшей продолжительности купального сезона на озерах (примерно 60 дней), поступление биогенов в водоемы оценивалось пропорционально — 417 и 45 мг азота и фосфора от 1 человека, соответственно.

## Результаты и их обсуждение

В среде ГИС (программные продукты ArcView и ArcGIS получены по гранту Esri Conservation Program) с использованием данных SRTM (радарная интерферометрическая съемка поверхности земного шара 2000 г.) [13] и ГИС-технологий (технологии геоинформационных систем) на территории Ивано-Арахлейского заказника были выделены водосборные бассейны р. Хилок и 6 самых крупных озер этой системы (всего учитывалось 169 водоемов) — Арахлей, Шакшинское, Иван, Тасей, Большой Ундугун, Иргень и определены их площади; получены распределения земельных угодий по водосборам (табл. 3, рис. 1).

**Таблица 7**

**Вынос биогенов с территорий населенных пунктов за год**

Населенные пункты	Численность населения	Азот, кг	Фосфор, кг
Беклемишево	1925	10010,0	1001,00
Иргень	475	2470,0	247,00
Шакша	235	1222,0	122,20
Арахлей	319	1658,8	165,88
Преображенка	119	618,8	61,88
Тасей	97	504,4	50,44
Иван	125	650,0	65,00
Всего за год	3295	17134,0	1713,40

**Таблица 8**

**Поступление азота и фосфора в водоемы от постоянно проживающего населения**

Водосборные бассейны	Численность населения	Азот, кг/год	Фосфор, кг/год
Шакшинское	2160	1174,7	473,0
р. Хилок	475	258,3	104,0
Арахлей	438	238,2	95,9
Иван	222	120,7	48,6

**Таблица 9**

**Поступление азота и фосфора от отдыхающих (рекреантов) за купальный сезон**

Озера	Численность отдыхающих, тыс. чел.	Азот, кг	Фосфор, кг
Шакшинское	более 50	20,85	2,25
Арахлей	более 65	27,11	2,93
Б. Ундугун	более 7	2,92	0,32
Иван	менее 30	12,51	1,35
Тасей	более 5	2,09	0,23
Иргень	более 2,5	1,04	0,11
Всего за год	Более 160	66,51	7,18

Как видно из представленных данных, доля земель сельскохозяйственного назначения составляет 26–44 % водосборной площади, лесные земли занимают значительную площадь всего водосбора — 71 %, а по бассейнам озер их доля варьирует от 46,3 до 87,7 %.

*Сельскохозяйственные угодья.* В бассейне Ивано-Арахлейских озер основным сельхозпроизводителем является коллективное предприятие «Беклемишевское». В табл. 4 представлены исходные данные и количественные оценки возможного выноса в 2009 г. с посевных площадей фосфора и азота.

В табл. 5 представлены объемы поступлений с посевных площадей в водоемы бассейна азота  $M_1^N$  и фосфора  $M_1^P$  с учетом их естественных потерь, рассчитанные по формулам [2]:

$$M_1^N = 0.7 \cdot 0.15 \cdot W^N,$$

$$M_1^P = 0.82 \cdot 0.03 \cdot W^P.$$

Из табл. 5 видно, что наибольшие количества азота и фосфора поступают в природные воды с площадей, засеянных кормовыми культурами, в том числе и многолетними травами — их доля составляет 87 % и 61 % от общего количества выноса азота и фосфора с посевных площадей, соответственно.

*Животноводство.* В сельскохозяйственном производстве превалирует мясо-молочное животноводство. По состоянию на 01.01.2010 г. в хозяйстве насчитывалось 4048 голов крупного рогатого скота (КРС), овец — 610, лошадей — 216 голов. В трех селах имеются молочные комплексы: с. Иргень (1200 голов), с. Беклемишево (1600 голов), с. Арахлей (400 голов). Ремонтное стадо КРС содержится в бассейнах озер Шакша, Б. Ундугун, Иргень, Арахлей. В личном подсобном хозяйстве (ЛПХ) содержится 322 голов КРС, 15 голов овец, 5 голов лошадей.

В табл. 6 представлены результаты оценки выноса азота и фосфора в водосборный бассейн Ивано-Арахлейских озер и в их воды от сельскохозяйственных животных с учетом возможных потерь.

Вклад поголовья каждого вида животных в общую массу выноса биогенов в водоемы бассейна озер по азоту составляет: КРС — 87 %, лошади — 11 %, овцы — 2 %; по фосфору: КРС — 90 %, лошади — 7 %, овцы — 3 %.

*Органические удобрения.* За последние пять лет хозяйствующим в данном бассейне субъектом минеральные удобрения на пахот-

Таблица 10

Годовая антропогенная биогенная нагрузка на территорию и водоемы водосборного бассейна озер по ее составляющим

Источники	В водосборный бассейн				В водоемы озер			
	азот		фосфор		азот		фосфор	
	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%
Посевные площади	11529,4	15,1	317,9	8,4	8070,6	13,8	260,7	7,6
С-х. животные	47527,7	62,3	1757,6	46,3	33269,4	56,8	1441,3	42,1
Населенные пункты	17134,0	22,5	1713,4	45,1	17134,0	29,3	1713,4	50,1
Отдыхающие	66,5	0,1	7,2	0,2	66,5	0,1	7,2	0,2
Всего за год	76257,6	100	3796,1	100	58540,5	100	3422,5	100

Таблица 11

Оценка годового объема поступлений азота и фосфора в природные воды по отдельным водосборным бассейнам озер, кг

Водосборные бассейны	с посевных угодий	от сельскохозяйственных животных	с хозяйственно-бытовыми стоками	от рекреантов	всего
Арахлей	816,3*/22,5**	3629,6/193,8	238,2/95,9	20,9/2,9	4704,9/315,1
Шакшинское	2362,4/65,1	13484,9/696,8	1174,7/473,0	27,1/2,3	17049,1/1237,2
Иван	727,5/20,1	700,6/36,6	120,7/48,6	2,9/1,4	1551,7/106,6
Иргень	817,4/22,5	-	-	12,5/0,1	829,9/22,6
Б. Ундугун	1040,0/28,7	488,3/26,1	-	2,1/0,3	1530,3/55,1
Тасей	1000,8/27,6	-	-	1,0/0,2	1001,8/27,8
р. Хилок	4765,1/131,4	8046,5/414,3	258,3/104,0	-	13069,9/649,7
Всего	11529,4/317,9	26349,8	1792,0/721,5	66,5/7,2	39737,7/2414,2

\* — (числитель) поступление азота; \*\* — (знаменатель) поступление фосфора

ные и пастбищные угодья не вносились по причине их высокой стоимости. Для компенсации их отсутствия ведется накопление навозной жижи от животноводческих предприятий и внесение ее под силосные культуры в качестве органического удобрения. В ЛПХ используется навоз от домашних животных.

В коллективном хозяйстве «Беклемишевское» за 2009 г. образовано 29955 т навозной жижи. Следовательно, годовое количество возможного выноса органических веществ в водосборный бассейн составляет: азота — 9,9 т, фосфора — около 90 кг, в природные воды озер за год поступает 6,9 т азота и 0,074 т фосфора.

**Население.** Численность населения в бассейне озер составляет 3295 чел., в том числе 1925 в с. Беклемишево, 475 в с. Иргень, 235 в с. Шакша, 319 в с. Арахлей, 119 в с.

Преображенка; 97 в с. Тасей, 125 в с. Иван. Результаты оценки объемов выноса биогенов с территорий сельских поселений представлены в *табл. 7*.

При расчете выноса азота и фосфора в водные объекты с территорий сельских поселений Гидрохимическим научно-исследовательским институтом [12] использованы коэффициенты выноса азота и фосфора в водоемы: вынос фосфора — 0,60 г/сут; азота — 1,49 г/сут. По берегам оз. Шакшинское расположены села Беклемишево и Шакша; оз. Арахлей — села Арахлей и Преображенка. С использованием этих коэффициентов и с учетом численности населения получены следующие оценки (*табл. 8*).

**Рекреация.** В настоящее время в силу социально-экономического положения основной массы населения Забайкальского

Таблица 12

Годовая биогенная нагрузка на озера

Озера	Азот		Фосфор	
	кг	мг/л	кг	мг/л
Арахлей	4565,2	7,6	305,8	0,51
Шакшинское	16631,2	72,3	1206,9	5,25
Иван	1521,2	30,4	104,5	2,09
Иргень	821,1	13,7	22,4	0,37
Б. Ундугун	1346,4	51,8	48,5	1,86
Тасей	980,2	21,8	27,2	0,60

края и в связи с относительно достаточной доступностью Ивано-Арахлейских озер последние стали основным местом отдыха населения. По их берегам расположено более 200 баз отдыха различных организаций и предприятий края. За летний сезон (примерно 60 дней) на озерах отдыхают более 160 тыс. человек (рекреантов). Результаты оценки биогенной нагрузки по азоту и фосфору в связи с рекреационной функцией озер представлены в табл. 9.

**Нагрузка на водосборный бассейн.** Оценки и распределения составляющих годовой антропогенной биогенной нагрузки на территорию и водоемы водосборного бассейна Ивано-Арахлейских озер по ее источникам приведены в табл. 10 (по данным за 2009 г.). Из представленных результатов оценки антропогенной биогенной нагрузки следует, что в окружающую среду бассейна озер наибольшее количество азота поступает с экскрециями сельскохозяйственных животных (более 62 %), фосфора – с территорий сельских населенных пунктов (более 46 %).

**Нагрузка на водоемы.** На основе экспертной оценки площадей сельхозугодий

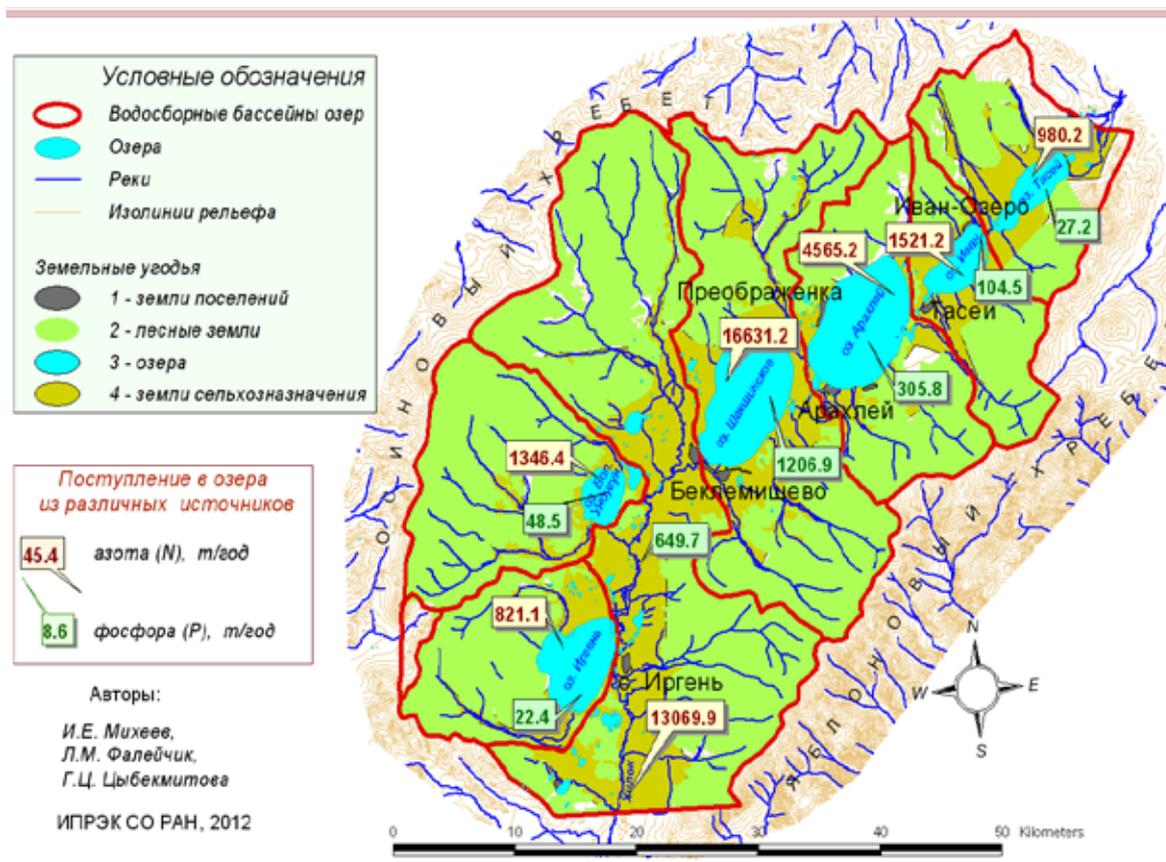


Рис. 2. Распределение годовой антропогенной биогенной нагрузки на крупные озера системы и водосбор верховий р. Хилок.

(табл. 3), данных о поголовье сельскохозяйственных животных (табл. 6), численности населения (табл. 7), количестве рекреантов (табл. 9), находящихся на территории каждого водосборного бассейна, получена суммарная нагрузка по азоту и фосфору (табл. 11) по отдельным водосборным бассейнам озер.

Из представленных в табл. 11 результатов следует, что наибольшее количество биогенных элементов поступает в водоемы бассейна оз. Шакшинское: по азоту — 42,9 %, фосфору — 51,3 %. По отдельным водосборам годовая биогенная нагрузка по азоту и фосфору, приходящаяся в среднем на единицу площади каждого водосбора (г/га), составляет на: оз. Арахлей — 252,2 и 16,9; оз. Шакшинское — 447,4 и 32,5; оз. Иван — 125,2 и 8,6; оз. Иргень — 54,5 и 1,5; оз. Б. Ундугун — 65,1 и 2,3; оз. Тасей — 57,4 г/га азота и 1,6 г/га фосфора соответственно. В целом по всему бассейну Ивано-Арахлейских озер: 210,6 г/га азота и 12,8 г/га фосфора. Максимальный показатель превышает минимальный более чем в 8 раз по азоту и почти в 22 раза по фосфору.

На основе оценок общих объемов годовых поступлений биогенов в водоемы, площадей их водных поверхностей [1], соотношений площадей зеркал 6 «основных» озер и других водоемов на их водосборах были получены оценки объемов биогенов, поступающих в эти озера (кг) и удельные их показатели (мг/л) (табл. 12, рис. 2).

Среди озер системы, по нашим расчетам, самые высокие удельные годовые нагрузки по биогенам имеют: по азоту оз. Шакшинское и Бол. Ундугун — 72,3 и 51,8 мг/л, соответственно, по фосфору оз. Шакшинское и Иван — 5,25 и 2,09 мг/л, соответственно. Наименьшие удельные показатели по азоту (7,6 мг/л) — оз. Арахлей, по фосфору (0,37 мг/л) — оз. Иргень. По азоту наибольшее значение превосходит наименьшее в 9,5 раз, по фосфору — в 14 раз.

#### Ключевые слова:

водосборный бассейн, антропогенная нагрузка, биогенные элементы

#### Заключение

Таким образом, представленные результаты позволяют заключить, что хозяйственная деятельность на территории водосборного бассейна Ивано-Арахлейских озер оказывает существенную биогенную нагрузку (по азоту и фосфору) на природные воды бассейна. Самые высокие ее показатели отмечены в бассейне оз. Шакшинское, самые низкие — в бассейнах озер Иргень и Тасей.

Основными антропогенными источниками рассматриваемых биогенов являются экскреции сельскохозяйственных животных и бытовые стоки с территорий сельских населенных пунктов. Этим и объясняются высокие показатели нагрузки на бассейны упомянутых озер — в бассейне оз. Шакшинское находятся самые крупные на территории села и содержатся наибольшие поголовья сельскохозяйственных животных.

Свой вклад в биогенную нагрузку на водоемы бассейна вносят посевы кормовых культур. В общей массе поступлений азота и фосфора в водоемы от отдыхающих, как ни велика их численность, небольшая.

Для снижения показателей антропогенной биогенной нагрузки на водоемы необходимо, в первую очередь, выделение водохранных зон вокруг акваторий озер и учет их при хозяйственном использовании земель в водосборном бассейне, а также соблюдение хозяйствующими субъектами экологических нормативов, использование экологически чистых технологий удаления и утилизации навоза, очистки животноводческих стоков, использование минеральных удобрений.

*Работа выполнена в рамках проекта СО РАН (VII.65.2.2), партнерского интеграционного проекта СО РАН — УрРАН — ДВО РАН (№ 23), при финансовой поддержке .*

## Литература

1. Ивано-Арахлейский заказник: природно-ресурсный потенциал территории / Отв. ред. В.П. Горлачев. Чита: Поиск. 2002. 232 с.
2. Vollenweider R.A. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication // Rep. to the Organization for Economic Cooperation and Development. Paris, 1968. V. 27. P. 192.
3. Vollenweider R.A. Input-output models, with special reference to the phosphorus loading concept in limnology // Schweiz. Zeitschr. Hydrol. 1975. V. 37. № 1. P. 53-84.
4. Державин Л.М. Применение минеральных удобрений и окружающая среда / Л.М. Державин, Е.В. Седова, А.Ф. Хлыстова // Агрохимия. 1982. № 1. С. 121-131.
5. Калинина Л.А. Баланс общего фосфора и биогенная нагрузка на озера / Л.А. Калинина, М.Я. Прыткова // Изменение структуры экосистем озер в условиях возрастающей биогенной нагрузки. Л., 1988. С. 71-79.
6. Никольский Ю.Н. Комплексное регулирование факторов жизни растений / Ю.Н. Никольский, В.М. Лавриченко. М.: МГМИ, 1981. Т. 65. 151 с.
7. Расчет поступления биогенных элементов в водоемы для прогноза их эвтрофирования и выбора водоохранных мероприятий / Под ред. Н.И. Хрисанова. М.: Росагропромиздат. 1989. 48 с.
8. Трансформация органического и биогенных веществ при антропогенном эвтрофировании озер / Отв. ред. В.Г. Дробркова, Е.А.Стравинская. Л.: Наука. 1989. 268 с.
9. Фальковская П.Н. О поступлении биогенных элементов в водоемы / П.Н. Фальковская, И.М. Кутарин // Водные ресурсы. 1977. № 4. С. 178-183.
10. Кондратьев С.А. Оценка природной составляющей внешних нагрузок органическим веществом и биогенными элементами на водоемы Северо-Запада России / С.А. Кондратьев, Г.А. Алябина, И.Н. Сорокин // География и природные ресурсы. 2010. № 4. С. 130-136.
11. Блякман Л.М. Обоснование мероприятий по предупреждению загрязнения природных вод отходами животноводства / Л.М. Блякман, Н.А. Правошинский // Использование и охрана природных вод. Минск: Наука-Техника. 1985. С. 75-78.
12. Расплетина Г.Ф. Применение прямого и косвенного методов для расчета биогенной нагрузки и концентрации веществ в воде Ладожского озера / Г.Ф. Расплетина, Б.Л. Гусаков // Антропогенное эвтрофирование Ладожского озера. Л.: Наука. 1982. С. 222-242.
13. The Shuttle Radar Topography Mission [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>