



**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Байкальский институт природопользования Сибирского отделения  
Российской академии наук**

УДК 556.114.6 (282.256.341./5)

**УТВЕРЖДАЮ**

**И.о. Директора Байкальского института  
природопользования СО РАН**

\_\_\_\_\_ д.г.н. Гармаев Е.Ж,  
"\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2014 г.

**ОТЧЕТ**

**О научно-исследовательской работе  
«Мониторинг качества воды в дельте реки Селенга»  
в рамках исполнения проекта Глобального экологического фонда 00078317  
RFQ\_GPSO\_2013-036 (IWC-00078317) «Комплексное управление природными  
ресурсами трансграничной экосистемы бассейна Байкала»  
(окончательный)**

**Улан-Удэ - 2014**

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

1. Сороковикова Л.М. к.г.н., с.н.с. – ответственный исполнитель от ЛИН СО РАН
2. Урбазаева С.Д. к.т.н., н.с.
3. Павлов И.А. к.фарм.н., н.с.
4. Поповская Г.И. д.б.н., с.н.с.
5. Синюкович В.Н. к.г.н., с.н.с.
6. Томберг И.В. к.г.н., н.с.
7. Иванов В.Г. к.г.н., н.с.
8. Башенхаева Н.В. вед. инж.
9. Жученко Н.А. н.с.
10. Косторнова Т.Я. н.с.
11. Пинтаева Е.Ц. к.х.н., н.с.
12. Сезько Н.П. вед. инж.
13. Базарсадуева С. В. к.б.н., инж.

## Реферат

Отчет состоит из 25 страниц машинописи, содержит 6 таблиц и 18 рисунков, использовано 22 источника.

Дельта, водный сток, рН, концентрация главных ионов, растворенный кислород, биогенные элементы, бактериопланктон, фитопланктон, качество воды.

Объект исследования – дельта р. Селенги.

Цель данного проекта – исследование физико-химических и биологических процессов в дельте р. Селенги и оценка качества вод в современный период.

В мае и июле 2014 г. планировалось определить расходы воды р. Селенги, пространственную и сезонную динамику химических, санитарно-микробиологических и гидробиологических показателей, оценить качество воды, донных осадков.

В работе использованы современные методы определения химического состава, санитарно-микробиологического и гидробиологического состояния пресных вод.

В результате выполненных исследований получены данные, характеризующие условия формирования водного стока р. Селенги в нижнем течении, пространственную динамику рН, концентраций растворенного кислорода, биогенных элементов, органического вещества, главных ионов, микроэлементного состава, бактерио- и фитопланктона в воде и лонных отложениях основных протоков дельты р. Селенги. Оценено качество воды по химическим, санитарно-микробиологическим и гидробиологическим параметрам.

## 1. Введение

Река Селенга – главный приток Байкала, в бассейне которой, в отличие от других притоков Байкала, сосредоточено большое количество промышленных, сельскохозяйственных, перерабатывающих предприятий, населенных пунктов и городов. В настоящее время регион активно развивается и как следствие, растет водопотребление. В этих условиях одной из главных задач является рациональное использование водных ресурсов и сохранение качества вод.

Цель данного проекта – исследование физико-химических и биологических процессов в дельте р. Селенги в режиме мониторинга и оценка качества вод в современный период.

## 2. Материалы и методы

Комплексные гидрологические, гидрохимические и гидробиологические исследования в дельте р. Селенги проведены в мае-июле 2014 г. Отбор проб воды, как и в предыдущие годы, проводился на реперных станциях в нижнем течении р. Селенги и протоках дельты (рис. 1). На выбранных станциях проводили измерения расходов воды, отбирали пробы воды на анализ химических компонентов (растворенные газы, рН, главные ионы, биогенные элементы, общее содержание органических веществ), определение численности, биомассы и видового разнообразия бактерио- и фитопланктона. Пробы на химический анализ фильтровали через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм. Химический анализ выполнен общепринятыми в гидрохимии пресных вод методами [Руководство..., 2009; Барам и др., 1999; Wetzel, Likens, 1991]. Определение катионов выполнено атомно-абсорбционным и пламенно-эмиссионным методами, с относительной погрешностью 2-3 %. Анионов – методом ВЭЖХ, с относительной погрешностью – 5-10 %. Определение биогенных элементов выполнено колориметрическим методом: фосфаты – относительная погрешность метода –  $\pm 1,5$  %, нитритный азот –  $\pm 3-5\%$ , нитратный азот – 4 %. Определение аммонийного азота выполнено индофенольным методом, относительная погрешность до  $\pm 5$  %.

Отбор проб поверхностной воды и донных отложений на определение микроэлементного состава также проводился на реперных станциях в нижнем течении р. Селенги и протоках дельты (рис.1). Пробы воды отфильтровывали через мембранный фильтр 0,45 мкм, затем консервировали концентрированной азотной кислотой. Содержание Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni, Co определяли атомно-эмиссионным методом на спектрометре Profile Plus производства Teledyne, США. Пробы донных отложений отбирали с помощью дночерпателя Петерсона, помещали в двойные полиэтиленовые пакеты, анализ проводили стандартной методикой разложения [Аринушкина Е.В., 1970].

Достоверность полученных результатов концентраций биогенных элементов проверялась регулярным проведением контроля качества анализов в рамках международной программы EANET по тестированию стандартных образцов поверхностных вод. Измеренные концентрации главных ионов контролировали путем расчета ошибки ионного баланса ( $R_1$ ) и ошибки сравнения рассчитанной и измеренной удельной электропроводности ( $R_2$ ). Для санитарно-бактериологической оценки использованы общепринятые критерии: ОМЧ – общее микробное число, эта группа является чувствительным индикатором вторичного загрязнения, нормативы для водохозяйственного и рекреационного назначения – не более 50 кл. в 1 мл; численность энтерококков – показатель фекального загрязнения источников водоснабжения. Пробы воды отбирали согласно общепринятым методам в водной микробиологии [Романенко, Кузнецов, 1974]. Определение общего микробного числа (ОМЧ) мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов проводили на мясопептонном агаре (МПА), посевы экспонировали при 37 °С в течение 24 ч [МУК 4.2.1884 – 04, 2005]. Результаты представляли числом колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 мл исследуемой пробы воды. Выявление и идентификацию бактерий рода *Enterococcus* проводили по методике, предложенной МУК 4.2.1884-04 и EN ISO 7899-2: 2000 [EN ISO 7899-2, 2000]. Результаты представлены числом колониеобразующих единиц (КОЕ) в 100 мл исследуемой пробы. Фитопланктон фиксировали раствором Люголя с последующим добавлением формалина [Кузьмин, 1975]. Для количественного учёта водорослей использовали отстойный метод. Подсчёт клеток проводили на световом микроскопе «Peraval», при увеличении в 400 раз, для мелкоклеточных форм в 1000 раз по методу Гензена [Макарова, Пичкилы, 1970]. Биомассу фитопланктона определяли по среднему объёму, приравнивая форму клеток к близкой геометрической фигуре [Кожова, Мельник, 1978].



Рис. 1. Карта схема отбора проб

Расходы воды в отдельных протоках рассчитывались по методу «площадь-скорость». Средняя скорость течения определялась по соотношению с ее максимальным поверхностным значением, измеренным поплавками. Значения соответствующих переходных коэффициентов приняты по данным натуральных гидрометрических измерений в протоках в 1975-1993 гг. и сведений [Синюкович, 2008].

### 3. Результаты и их обсуждение

**Гидрологическая характеристика.** В соответствии с программой работ по проекту в 2014 г. выполнялись работы по определению водного стока р. Селенги на входе в дельту и его распределения по отдельным протокам в период проведения экспедиционных работ. Оценка водности р. Селенги и проток ее дельты выполнена на основе наблюдений за уровнем р. Селенги у с. Кабанск по водпосту Кабанской устьевой станции Росгидромет и носят предварительный характер. Расчеты распределения стока по отдельным протокам осуществлялись по результатам натуральных измерений стока в 2013 г. В целом, как и в предыдущие годы, водность р. Селенги оставалась пониженной. Максимальный расход воды на входе в дельту наблюдался в период весеннего половодья (30 мая) и составлял около 1220 м<sup>3</sup>/с. Характерно, что данный максимум в текущем году остался наивысшим, т.е. не был превышен максимальным расходом воды дождевых паводков. Наибольший паводок был отмечен 06 июля и составлял всего 1200 м<sup>3</sup>/с, тогда как в 2012-2013 гг. максимальные расходы дождевого стока наблюдались на уровне 2840-2870 м<sup>3</sup>/с.

Полученные результаты (табл. 1) свидетельствуют о крайне низком стоке реки в период проведения работ в отношении многолетних условий стока. Внутри отчетного года работы в мае и июле проходили при наиболее высокой водности для данного года.

Таблица 1. Расходы воды р. Селенги на входе в дельту и по отдельным протокам во время отбора проб в период открытого русла 2014 г., м<sup>3</sup>/с

Сроки отбора проб	Селенга на входе в дельту	Харауз	Левобережная	Лобановская	Средняя+Колпинная
15-18 мая	820-1020	180-224	204-254	115-143	41-51
24-28 июля	1050-1180	231-260	262-295	147-165	52-59
24-26 сентября	720-730	158-161	180-182	101-102	36-37

**Температура воды, растворенный кислород и рН.** В 2014 г. температура воды в нижнем течении реки Селенги и протоках дельты изменялась в мае в пределах 9,8-11,5 °С, в июле – 20,7-21,8 °С. В этот период в 2013 г. температура воды в водотоках была ниже, особенно в июле и колебалась от 8,1 до 11,2 °С, и от 16,1 до 17,8 °С соответственно. Как

видно (табл. 2), к устью проток температуры воды повышалась, аналогичная ситуация наблюдалась в 2012 г, тогда как в 2013 г. температура к устью проток в основном снижалась.

Таблица 2. Температура воды, растворенный кислород и рН в р. Селенге и протоках, 2014 г.

Станция наблюдения/время	Т °С		О <sub>2</sub> мг/л		рН	
	май	июль	май	июль	май	июль
Селенга (пос. Кабанск)	9,8	21,0	10,3	7,7	8,0	8,12
Селенга (пос. Мурзино)	9,8	21,2	10,9	7,8	8,31	8,15
Устье прот. Левобережная	11,3	20,7	11,3	7,6	8,31	8,07
Устье прот. Харауз	10,5	21,5	11,2	7,3	8,15	7,93
Устье прот. Колпинная	-	21,8	-	10,4	-	9,24
Устье прот. Средняя	10,5	21,2	10,2	6,9	8,02	7,80
Устье прот. Северная	-	21,5	-	-	-	7,94
Устье прот. Лобановская	-	21,8	-	6,6	-	7,85

Концентрация растворенного кислорода в период наблюдений в р. Селенге на участке пос. Кабанск-пос. Мурзино изменялась незначительно (табл. 2). Повышенное содержание кислорода отмечено в мае, в июле абсолютные концентрации кислорода в протоках были на 2,6-3,7 мг/л ниже, что может быть связано со снижением растворимости кислорода в воде при высокой температуре и интенсивном развитии бактериопланктона. Как и в другие годы регистрируются отдельные участки в протоках, заросшие растительностью, где концентрация кислорода достигает высоких концентраций. Максимальные концентрации кислорода в таких местах наблюдались в 2012 г. и достигали 16,7 мг/л (196 % насыщения), в 2014 г. максимальное содержание кислорода было зафиксировано в протоке Колпинная 10,4 мг/л (125 % насыщения) в июле. Динамика концентраций растворенного кислорода в нижнем течении р. Селенги и протоках дельты в сезонном и межгодовом аспекте остается близкой [Сороковикова и др., 2008]. Пространственная динамика его концентраций в протоках зависит от условий водности, температуры воды и интенсивности развития фитопланктона.

Реакция воды слабощелочная, величина рН воды изменялась в мае от 8,0 до 8,31, в июле - от 7,80 до 9,24. Изменение величины рН зависит от многих факторов: поступления с водосбора осадков с низкой кислотностью, повышенным содержанием органических веществ, поглощения СО<sub>2</sub> при массовом развитии фитопланктона и др. В межгодовом аспекте величина рН в 2014 г. была близка к таковой в 2012-2013 гг.

**Электропроводность, главные ионы и сумма ионов.** Величина электропроводности в воде р. Селенги и проток дельты в период исследования 2014 г. изменялась от 149 до 209 µS/cm (табл. 3). В мае электропроводность воды была значительно выше, чем в июле. Как весной, так и летом наиболее низкие значения электропроводности отмечены на речном участке в районе пос. Кабанск. В межгодовом аспекте 2014 г. характеризуется более

высокими значениями электропроводности, что может быть связано с пониженной электропроводностью.

Таблица 3. Изменение электропроводности ( $\mu\text{S/cm}$ ) в р. Селенге и протоках дельты, 2013-2014 г.

Станция наблюдения/время	2013 г.		2014 г.	
	май	июль	май	июль
Селенга (пос. Кабанск)	157	153	200	149
Селенга (пос. Мурзино)	159	153	204	160
Устье прот. Левобережная	160	154	206	162
Устье прот. Харауз	159	156	205	169
Устье прот. Колпинная		160	-	169
Устье прот. Средняя	163	161	209	176
Устье прот. Северная		157	-	170
Устье прот. Лобановская	173	158	-	162

Изменение электропроводности в воде проток определяется содержанием главных ионов, которое, в свою очередь, зависит от водности или локального подтока подземных высокоминерализованных вод, особенно в зимний период [Сороковикова и др., 2005, 2008].

Концентрации главных ионов  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  в воде р. Селенги и проток дельты изменялись в пределах: 81-110; 9,3-12,7; 0,7-1,9; 19,8-24,9; 4,9-6,6 и 0,8-1,6 мг/л соответственно. Наиболее высокие концентрации всех компонентов отмечены в мае, при повышенном стоке с водосбора. В 2013 г. концентрации главных ионов в воде Селенги и протоках дельты были несколько ниже и составляли 82-93; 10-11; 1,1-2,9; 19-21; 4-5; 4-5; 1,1-1,6 мг/л соответственно. По составу главных ионов воды р. Селенги и проток дельты относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция. По сезонам года и по длине проток относительный состав ионов остается постоянным. Незначительные различия относительного состава ионов в крупных и малых протоках может быть связано с особенностями водообмена в них и подтоком подземных вод [Сороковикова и др., 2005, 2008].

Сумма ионов в воде р. Селенги на участке пос. Кабанск - пос. Мурзино изменялась от 156 до 159 мг/л весной и от 121 до 125 мг/л летом. В протоках дельты суммарное содержание ионов было несколько выше 161-163 мг/л весной и 127-135 мг/л летом. В межгодовом аспекте изменения суммы ионов в речных водах, как и электропроводности зависит от динамики водного стока. Наиболее высокая сумма ионов в р. Селенге и протоках отмечена в 2003 г., пониженная в 2012 г. во время паводка (рис. 2).



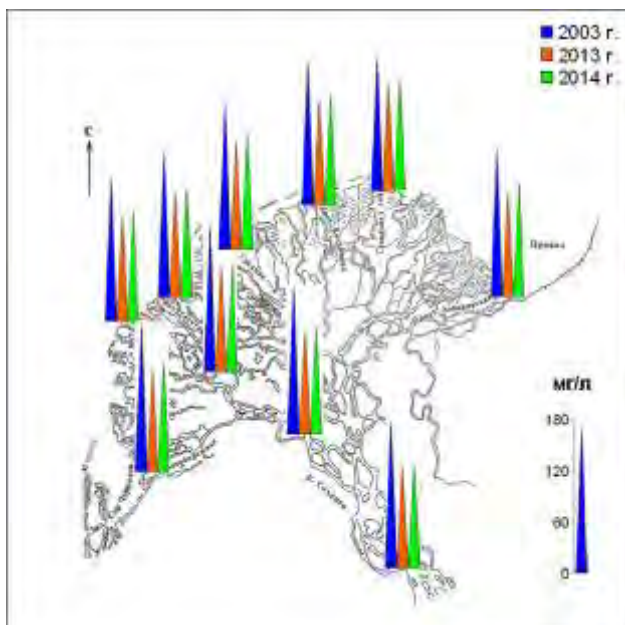


Рис. 2. Межгодовые изменения суммы ионов в воде р. Селенги и проток ее дельты

**Биогенные элементы и органическое вещество.** Результаты многолетних исследований р. Селенги и проток дельты показали, что концентрации биогенных элементов в сезонном и межгодовом аспекте изменяются в широких пределах [Сороковикова и др., 2009]. Содержание нитратного азота в 2014 г. в воде изменялось в мае от 0,02 до 0,05 мг N/л, в июле – от 0,01 до 0,10 мг N/л (рис. 3). Повышенные концентрации  $\text{NO}_3^-$  наблюдались на речном участке (Кабанск-Мурзино), ниже по течению концентрации снижались до минимума. В межгодовом аспекте изменение концентраций нитратного азота в значительной степени определяется условиями водности и уровнем развития фитопланктона. При низкой водности и высоком развитии фитопланктона концентрации его минимальные [Сороковикова и др., 2009]. После 2003 г. наиболее низкая водность и массовое развитие фитопланктона наблюдались в 2014 г. Как видно из рисунка 2, концентрации нитратного азота в 2013 г. были заметно выше, чем в 2014 г., что связано как с более высокой водностью, так и со слабым развитием фитопланктона (рис. 5). В пределах дельты наиболее низкие концентрации отмечены в устье проток Колпинная и Северная (рис. 3).

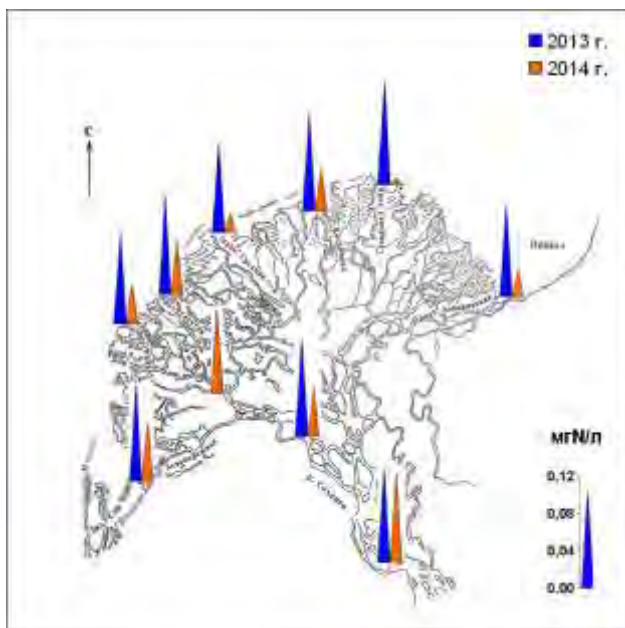


Рис. 3. Межгодовые изменения концентраций нитратного азота в воде р. Селенги и проток ее дельты

Концентрации аммонийного азота в воде р. Селенги и проток в период исследований 2014 г. в основном были ниже предела обнаружения. Только в июле его концентрации на участке пос. Кабанск – пос. Мурзино составляли 0,02 мг N/л.

Выполненные ранее исследования [Сороковикова и др., 2005, 2008, 2009] показали, что по мере поглощения азота планктоном содержание обеих форм азота нитратного и аммонийного в воде р. Селенги и проток понижалось до минимума, но скорость поглощения аммонийного, вероятно, была интенсивнее, так как рН воды была выше 7,0 [Сороковикова и др., 2009].

Содержание нитритного азота в воде в мае колебалось от 0 до 0,001 мг  $\text{NO}_2^-$ /л, в июле - от 0,001 до 0,005 мг  $\text{NO}_2^-$ /л.

Внутригодовые, пространственные и межгодовые изменения концентраций минерального фосфора в воде р. Селенги и проток ее дельты представлены на рис. 4. Как видно из рисунка, его концентрации в мае в воде исследованных водотоков изменялись незначительно 3-5 мкг P/л, определенной закономерности в распределении концентраций фосфора по длине проток не наблюдалось. В июле концентрации фосфора в воде увеличились и в основном изменялись в пределах 9-27 мкг P/л, максимальные значения зарегистрированы в устье протоки Колпинная (47 мкг P/л), минимальные в устье протоки Харауз (9 мкг P/л). Как видно из полученных результатов, в 2014 г. как и в 2013 г. наиболее высокие концентрации  $\text{PO}_4^{3-}$  в воде р. Селенги и проток дельты наблюдались в июле (рис. 4 а, б). Полагаем, что в 2013 г. это связано с небольшим повышением водности и снижением уровня развития водорослей. В 2014 г. при массовом развитии фитопланктона повышенные

концентрации минерального фосфора могут быть связаны как с высоким содержанием фосфора под влиянием антропогенных факторов, так и с интенсификацией деструкционных процессов и скорости оборота фосфорорганических соединений в воде при высокой температуре (до 21 С°).

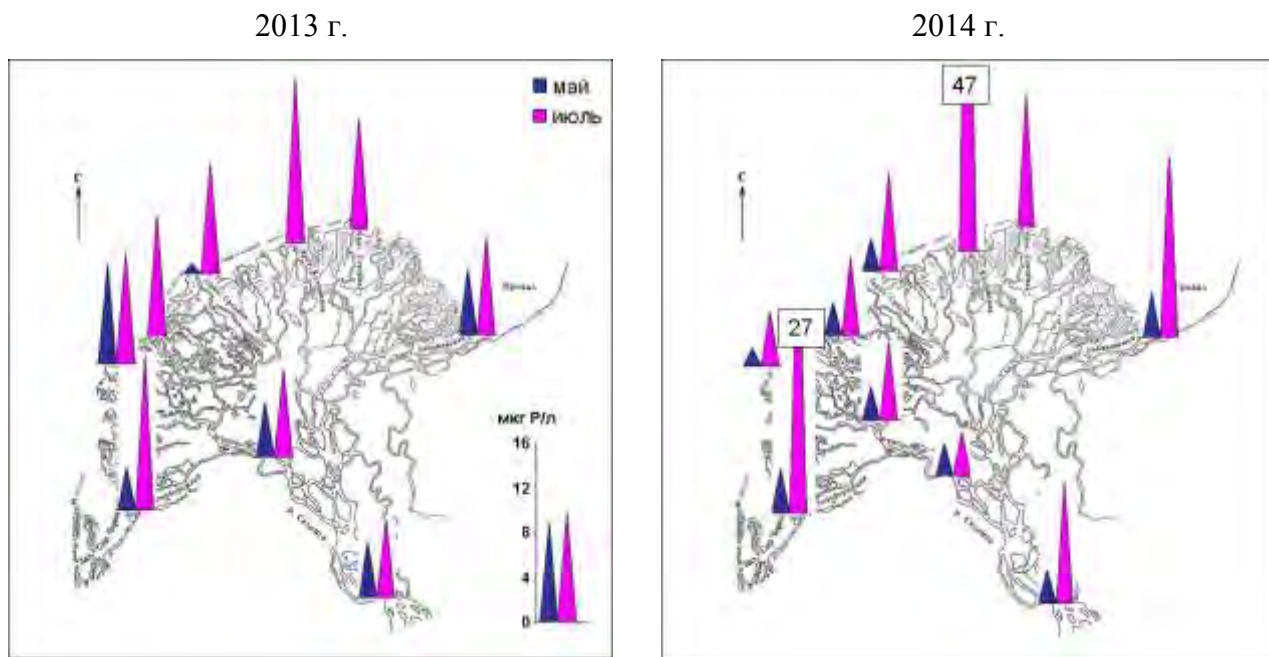


Рис. 4. Изменение концентраций минерального фосфора в воде р. Селенги и проток ее дельты, 2013-2014 гг.

Концентрации общего фосфора изменялись на речном участке от 48 до 98 мкг Р/л, в протоках дельты от 26 до 87 мкг Р/л. Максимальные его концентрации отмечены в июле.

Содержание органического вещества (ОВ) в воде р. Селенги оценивалось по бихроматной (БО) и перманганатной (ПО) окисляемости. Величины БО и ПО в селенгинской воде в 2014 г. в период наблюдений изменялось от 13,1 до 20,7 и от 3,4 до 4,9 мг О/л, соответственно. Сезонные различия содержания органического вещества незначительны. Так, максимальные значения величины бихроматной окисляемости в мае составляли 20,7 мг О/л, в июле - 17,4 мг О/л. В составе органического вещества преобладали легкогидролизуемые органические соединения, отношение ПО/БО изменялось от 21 до 28, близкие значения наблюдались в маловодный 2003 г. при массовом развитии фитопланктона. В 2013 г. отношение ПО/БО в воде колебалось от 36 до 49, свидетельствуя о преобладании стойких к окислению соединений.

**Проведение интеркалибрации определения катионов (кальций, магний, калий, натрий, аммоний) и анионов (сульфаты, хлориды, нитраты, нитриты, фосфаты).** Межлабораторные сравнительные испытания (МСИ) методов анализа (интеркалибрация) является важным элементом системы контроля качества измерений. Основной задачей МСИ является проверка качества измерений.

Определение содержания анионов и катионов в ЛИН СО РАН выполнены в аккредитованной аналитической лаборатории гидрохимии и химии атмосферы (Регистрационный номер РОСС RU.0001.513855, действителен до 01 февраля 2017 г.). Для сопоставления данных, полученных в ЛИН СО РАН и БИП СО РАН проведена интеркалибрация. Представленные результаты были оценены в соответствии с Р50.4.006-2002 «Межлабораторные сравнительные испытания при аккредитации и инспекционном контроле испытательных лабораторий. Методика и порядок проведения» и ГОСТ ИСО/МЭК 43-1-2004 «Проверка лабораторий на качество проведения испытаний посредством межлабораторных сличений».

Оценка качества проведения испытаний проведена на основе контроля погрешности результатов испытаний (измерений) с использованием ОК (для одного контролируемого показателя) по схеме, предусматривающей:

- наличие ОК объекта испытаний;
- возможность использования лабораториями - участницами МСИ различных методик испытаний;
- получение в каждой лаборатории - участнице МСИ по одному результату испытаний ОК.

При оценке сопоставимости (сличения) результатов анализ разделённой пробы с неизвестной концентрацией показателя можно использовать в соответствии с ГОСТ ИСО /МЭК 43-1- 2004 статистический показатель  $E_n$

$$E_n = (X_1 - X_2) / \sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$$

где  $X_1$  – результат измерений одной лабораторией,

$X_2$  – результат, полученный 2-ой лабораторией (в качестве арбитражного),

$\Delta_1$  и  $\Delta_2$  – погрешности определения показателя 1-ой и 2-ой лабораториями.

Удовлетворительными, сопоставимыми признаются результаты, если  $E_n \leq 1$ , и неудовлетворительными, если  $E_n > 1$ .

Результаты межлабораторных сравнительных испытаний представлены в табл. 4 – 13. Таким образом, выявлено, что результаты анализа проб воды, полученные ЛИН СО РАН и БИП СО РАН, оказались сопоставимыми.

Таблица 4. Результаты анализа определения хлоридов в пробе воды, отобранной в дельте р. Селенги в июле 2014 г.

	Результаты анализа БИП СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		Результаты анализа ЛИН СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		$ X_1 - X_2 $	$\sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	$E_n =  X_1 - X_2  / \sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	Выводы о сопоставимости результатов анализа
	X <sub>1</sub>	Δ <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Δ <sub>2</sub>				
Кабанск	0.84	0.11	0.70	0.09	0.14	0.14	0.98	Сопоставимы
Харауз (вышка)	0.72	0.09	0.72	0.09	0.00	0.13	0.00	Сопоставимы
Усть-Харауз	0.81	0.11	0.77	0.10	0.04	0.15	0.28	Сопоставимы
Галутай	0.71	0.09	0.75	0.10	0.04	0.13	0.30	Сопоставимы
Средняя	0.75	0.10	0.74	0.10	0.01	0.14	0.07	Сопоставимы
Колпинная	1.03	0.13	0.86	0.11	0.17	0.17	0.97	Сопоставимы
Северная	0.85	0.11	0.77	0.10	0.08	0.15	0.54	Сопоставимы
Левобережная	0.75	0.10	0.76	0.10	0.01	0.14	0.07	Сопоставимы
Лобановская	0.78	0.10	0.74	0.10	0.04	0.14	0.29	Сопоставимы
Мурзино	0.76	0.10	0.79	0.10	0.03	0.14	0.21	Сопоставимы
Заверняиха	1.05	0.14	0.90	0.12	0.15	0.18	0.83	Сопоставимы
Толстоножиха	0.92	0.12	1.10	0.14	0.18	0.19	0.97	Сопоставимы
Березовое	1.45	0.19	1.49	0.19	0.04	0.27	0.15	Сопоставимы
Семеновское	2.45	0.32	2.94	0.38	0.49	0.50	0.98	Сопоставимы
1 км	0.83	0.11	0.75	0.10	0.08	0.15	0.55	Сопоставимы
3 км	0.44	0.06	0.39	0.05	0.05	0.08	0.65	Сопоставимы
5 км	0.39	0.05	0.35	0.05	0.04	0.07	0.59	Сопоставимы

Погрешность измерений принята равной 13%.

Таблица 5. Результаты анализа определения сульфатов в пробе воды, отобранной в дельте р. Селенги в июле 2014 г.

	Результаты анализа БИП СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		Результаты анализа ЛИН СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		$ X_1 - X_2 $	$\sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	$E_n =  X_1 - X_2  / \sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	Выводы о сопоставимости результатов анализа
	X <sub>1</sub>	Δ <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Δ <sub>2</sub>				
Кабанск	9.44	1.23	10.56	1.37	1.12	1.84	0.61	Сопоставимы
Харауз (вышка)	9.48	1.23	10.55	1.37	1.08	1.84	0.58	Сопоставимы

Усть-Харауз	8.85	1.15	10.37	1.35	1.52	1.77	0.86	Сопоставимы
Галутай	8.92	1.16	10.61	1.38	1.69	1.80	0.94	Сопоставимы
Средняя	9.50	1.24	9.98	1.30	0.48	1.79	0.27	Сопоставимы
Колпинная	7.79	1.01	9.32	1.21	1.53	1.58	0.97	Сопоставимы
Северная	9.60	1.25	10.54	1.37	0.94	1.85	0.51	Сопоставимы
Левобережная	9.23	1.20	10.6	1.38	1.38	1.83	0.75	Сопоставимы
Лобановская	8.90	1.16	10.59	1.38	1.69	1.80	0.94	Сопоставимы
Мурзино	9.56	1.24	10.73	1.39	1.17	1.87	0.62	Сопоставимы
Заверняиха	9.14	1.19	9.94	1.29	0.80	1.76	0.46	Сопоставимы
Толстоножиха	9.28	1.21	10.17	1.32	0.90	1.79	0.50	Сопоставимы
Березовое	5.45	0.71	4.66	0.61	0.79	0.93	0.85	Сопоставимы
Семеновское	6.49	0.84	6.59	0.86	0.10	1.20	0.09	Сопоставимы
1 км	8.96	1.17	9.82	1.28	0.86	1.73	0.50	Сопоставимы
3 км	5.50	0.72	6.13	0.80	0.63	1.07	0.59	Сопоставимы
5 км	5.45	0.71	6.22	0.81	0.77	1.08	0.72	Сопоставимы

Погрешность измерений принята равной 13%.

Таблица 6. Результаты анализа определения нитратов пробе воды, отобранной в дельте р. Селенги в июле 2014 г.

	Результаты анализа БИП СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		Результаты анализа ЛИН СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		X <sub>1</sub> - X <sub>2</sub>	$\sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	E <sub>n</sub> =  X <sub>1</sub> - X <sub>2</sub>   / $\sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	Выводы о сопоставимости результатов анализа
	X <sub>1</sub>	Δ <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Δ <sub>2</sub>				
Кабанск	0.498	0.06	0.444	0.06	0.054	0.087	0.62	Сопоставимы
Харауз (вышка)	0.485	0.06	0.423	0.05	0.061	0.084	0.74	Сопоставимы
Усть-Харауз	0.210	0.03	0.194	0.03	0.016	0.037	0.43	Сопоставимы
Галутай	0.300	0.04	0.261	0.03	0.039	0.052	0.75	Сопоставимы
Средняя	0.100	0.01	0.094	0.01	0.006	0.018	0.34	Сопоставимы
Колпинная	0.039	0.01	0.033	0.00	0.006	0.007	0.90	Сопоставимы
Северная	0.250	0.03	0.210	0.03	0.040	0.042	0.94	Сопоставимы
Левобережная	0.325	0.04	0.290	0.04	0.035	0.057	0.62	Сопоставимы
Лобановская	0.159	0.02	0.133	0.02	0.026	0.027	0.96	Сопоставимы

Мурзино	0.295	0.04	0.247	0.03	0.048	0.050	0.96	Сопоставимы
Заверняиха	0.039	0.01	0.033	0.00	0.006	0.007	0.90	Сопоставимы
Толстоножиха	0.038	0.00	0.033	0.00	0.005	0.007	0.76	Сопоставимы
Березовое	0.034	0.00	0.029	0.00	0.005	0.006	0.86	Сопоставимы
Семеновское	0.079	0.01	0.066	0.01	0.013	0.013	0.97	Сопоставимы
1 км	0.135	0.02	0.116	0.02	0.019	0.023	0.82	Сопоставимы
3 км	0.013	0.00	0.011	0.00	0.002	0.002	0.90	Сопоставимы
5 км	0.016	0.00	0.014	0.00	0.002	0.003	0.72	Сопоставимы
<i>Погрешность измерений принята равной 13%.</i>								

Таблица 7. Результаты анализа определения нитритов пробе воды, отобранной в дельте р. Селенги в июле 2014 г.

	Результаты анализа БИП СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		Результаты анализа ЛИН СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		$ X_1 - X_2 $	$\sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	$En =  X_1 - X_2  / \sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	Выводы о сопоставимости результатов анализа
	$X_1$	$\Delta_1$	$X_2$	$\Delta_2$				
Кабанск	0.007	0.001	0.006	0.001	0.001	0.001	0.83	Сопоставимы
Харауз (вышка)	0.006	0.001	0.006	0.001	0.000	0.001	0.00	Сопоставимы
Усть-Харауз	0.007	0.001	0.006	0.001	0.001	0.001	0.83	Сопоставимы
Галутай	0.008	0.001	0.007	0.001	0.001	0.001	0.72	Сопоставимы
Средняя	0.007	0.001	0.007	0.001	0.000	0.001	0.00	Сопоставимы
Колпинная	0.006	0.001	0.005	0.001	0.001	0.001	0.98	Сопоставимы
Северная	0.009	0.001	0.008	0.001	0.001	0.002	0.64	Сопоставимы
Левобережная	0.007	0.001	0.006	0.001	0.001	0.001	0.83	Сопоставимы
Лобановская	0.027	0.004	0.023	0.003	0.004	0.005	0.87	Сопоставимы
Мурзино	0.007	0.001	0.007	0.001	0.000	0.001	0.00	Сопоставимы
Заверняиха	0.007	0.001	0.006	0.001	0.001	0.001	0.83	Сопоставимы
Толстоножиха	0.006	0.001	0.006	0.001	0.000	0.001	0.00	Сопоставимы
Березовое	0.006	0.001	0.007	0.001	0.001	0.001	0.83	Сопоставимы
Семеновское	0.006	0.001	0.006	0.001	0.000	0.001	0.00	Сопоставимы
1 км	0.007	0.001	0.006	0.001	0.001	0.001	0.83	Сопоставимы
3 км	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.00	Сопоставимы

5 км	0.003	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001	0.00	Сопоставимы
<i>Погрешность измерений принята равной 13%.</i>								

Таблица 8. Результаты анализа определения фосфатов пробе воды, отобранной в дельте р. Селенги в июле 2014 г.

	Результаты анализа БИП СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		Результаты анализа ЛИН СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		$ X_1 - X_2 $	$\sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	$En =  X_1 - X_2  / \sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	Выводы о сопоставимости результатов анализа
	$X_1$	$\Delta_1$	$X_2$	$\Delta_2$				
Кабанск	0.040	0.005	0.034	0.004	0.006	0.007	0.88	Сопоставимы
Харауз (вышка)	0.027	0.004	0.023	0.003	0.004	0.005	0.87	Сопоставимы
Усть-Харауз	0.031	0.004	0.026	0.003	0.005	0.005	0.95	Сопоставимы
Галутай	0.026	0.003	0.023	0.003	0.003	0.005	0.66	Сопоставимы
Средняя	0.031	0.004	0.027	0.004	0.004	0.005	0.76	Сопоставимы
Колпинная	0.172	0.022	0.144	0.019	0.028	0.029	0.96	Сопоставимы
Северная	0.049	0.006	0.041	0.005	0.008	0.008	0.96	Сопоставимы
Левобережная	0.067	0.009	0.056	0.007	0.011	0.011	0.97	Сопоставимы
Лобановская	0.094	0.012	0.082	0.011	0.012	0.016	0.74	Сопоставимы
Мурзино	0.016	0.002	0.014	0.002	0.002	0.003	0.72	Сопоставимы
Заверняиха	0.072	0.009	0.070	0.009	0.002	0.013	0.15	Сопоставимы
Толстоножиха	0.033	0.004	0.029	0.004	0.004	0.006	0.76	Сопоставимы
Березовое	0.046	0.006	0.040	0.005	0.006	0.008	0.76	Сопоставимы
Семеновское	0.362	0.047	0.315	0.041	0.047	0.062	0.76	Сопоставимы
1 км	0.030	0.004	0.026	0.003	0.004	0.005	0.76	Сопоставимы
3 км	0.010	0.001	0.009	0.001	0.001	0.002	0.76	Сопоставимы
5 км	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	Сопоставимы
<i>Погрешность измерений принята равной 13%.</i>								



Таблица 9. Результаты анализа определения калия в пробе воды, отобранной в дельте р. Селенги в июле 2014 г.

	Результаты анализа БИП СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		Результаты анализа ЛИН СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		$ X_1 - X_2 $	$\sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	$E_n =  X_1 - X_2  / \sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	Выводы о сопоставимости результатов анализа
	X <sub>1</sub>	Δ <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Δ <sub>2</sub>				
Кабанск	1.23	0.16	1.22	0.16	0.01	0.23	0.04	Сопоставимы
Харауз (вышка)	1.35	0.18	1.20	0.16	0.15	0.23	0.64	Сопоставимы
Усть-Харауз	1.19	0.15	1.21	0.16	0.02	0.22	0.09	Сопоставимы
Галутай	1.17	0.15	1.23	0.16	0.06	0.22	0.27	Сопоставимы
Средняя	1.12	0.15	1.18	0.15	0.06	0.21	0.28	Сопоставимы
Колпинная	0.78	0.10	0.83	0.11	0.05	0.15	0.34	Сопоставимы
Северная	1.19	0.15	1.20	0.16	0.01	0.22	0.05	Сопоставимы
Левобережная	1.15	0.15	1.21	0.16	0.06	0.22	0.28	Сопоставимы
Лобановская	1.14	0.15	1.22	0.16	0.08	0.22	0.37	Сопоставимы
Мурзино	1.29	0.17	1.21	0.16	0.08	0.23	0.35	Сопоставимы
Заверняиха	1.32	0.17	1.16	0.15	0.16	0.23	0.70	Сопоставимы
Толстоножиха	1.14	0.15	1.16	0.15	0.02	0.21	0.09	Сопоставимы
Березовое	3.60	0.47	3.71	0.48	0.11	0.67	0.16	Сопоставимы
Семеновское	2.22	0.29	2.27	0.30	0.05	0.41	0.12	Сопоставимы
1 км	1.24	0.16	1.19	0.15	0.05	0.22	0.22	Сопоставимы
3 км	1.00	0.13	0.97	0.13	0.03	0.18	0.17	Сопоставимы
5 км	0.96	0.12	0.96	0.12	0.00	0.18	0.00	Сопоставимы
<i>Погрешность измерений принята равной 13%.</i>								

Таблица 10. Результаты анализа определения кальция в пробе воды, отобранной в дельте р. Селенги в июле 2014 г.

	Результаты анализа БИП СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		Результаты анализа ЛИН СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		$ X_1 - X_2 $	$\sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	$E_n =  X_1 - X_2  / \sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	Выводы о сопоставимости результатов анализа
	X <sub>1</sub>	Δ <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Δ <sub>2</sub>				
Кабанск	20.2	2.63	19.8	2.57	0.43	3.68	0.12	Сопоставимы

Харауз (вышка)	23.6	3.07	19.7	2.56	3.90	4.00	0.98	Сопоставимы
Усть-Харауз	21.5	2.80	20.8	2.70	0.70	3.89	0.18	Сопоставимы
Галутай	21.4	2.79	20.7	2.69	0.74	3.87	0.19	Сопоставимы
Средняя	22.5	2.93	21.6	2.81	0.94	4.06	0.23	Сопоставимы
Колпинная	21.8	2.83	20.3	2.64	1.46	3.87	0.38	Сопоставимы
Северная	21.3	2.77	21.2	2.76	0.08	3.90	0.02	Сопоставимы
Левобережная	20.6	2.68	20.6	2.68	-0.01	3.79	0.00	Сопоставимы
Лобановская	21.8	2.83	21.2	2.76	0.56	3.95	0.14	Сопоставимы
Мурзино	20.7	2.69	20.3	2.64	0.40	3.77	0.11	Сопоставимы
Заверняиха	22.1	2.87	21.2	2.76	0.90	3.98	0.23	Сопоставимы
Толстоножиха	22.5	2.93	21.8	2.83	0.71	4.07	0.17	Сопоставимы
Березовое	20.4	2.65	20.3	2.64	0.11	3.74	0.03	Сопоставимы
Семеновское	25.8	3.35	26.2	3.41	-0.43	4.78	-0.09	Сопоставимы
1 км	21.2	2.76	20.8	2.70	0.42	3.86	0.11	Сопоставимы
3 км	15.8	2.05	15.3	1.99	0.50	2.86	0.17	Сопоставимы
5 км	15.9	2.07	15.7	2.04	0.24	2.91	0.08	Сопоставимы
<i>Погрешность измерений принята равной 13%.</i>								

Таблица 11. Результаты анализа определения магния в пробе воды, отобранной в дельте р. Селенги в июле 2014 г.

	Результаты анализа БИП СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		Результаты анализа ЛИН СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		$ X_1 - X_2 $	$\sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	$E_n =  X_1 - X_2  / \sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	Выводы о сопоставимости результатов анализа
	$X_1$	$\Delta_1$	$X_2$	$\Delta_2$				
Кабанск	4.3	0.56	3.8	0.49	0.54	0.75	0.72	Сопоставимы
Харауз (вышка)	4.9	0.64	4.1	0.53	0.80	0.83	0.96	Сопоставимы
Усть-Харауз	4.7	0.62	4.5	0.59	0.24	0.85	0.28	Сопоставимы
Галутай	4.7	0.61	4.4	0.57	0.26	0.83	0.31	Сопоставимы
Средняя	5.0	0.64	4.8	0.62	0.16	0.90	0.18	Сопоставимы
Колпинная	5.0	0.65	4.8	0.62	0.21	0.90	0.23	Сопоставимы
Северная	4.7	0.61	4.6	0.60	0.08	0.85	0.09	Сопоставимы
Левобережная	4.4	0.58	4.2	0.55	0.24	0.79	0.30	Сопоставимы

Лобановская	4.8	0.62	4.6	0.60	0.18	0.86	0.21	Сопоставимы
Мурзино	4.5	0.58	4.1	0.53	0.35	0.79	0.44	Сопоставимы
Заверняиха	5.2	0.67	4.8	0.62	0.37	0.92	0.40	Сопоставимы
Толстоножиха	5.0	0.65	4.8	0.62	0.18	0.90	0.20	Сопоставимы
Березовое	7.6	0.99	7.2	0.94	0.40	1.36	0.29	Сопоставимы
Семеновское	9.9	1.28	9.3	1.21	0.57	1.76	0.32	Сопоставимы
1 км	4.7	0.61	4.1	0.53	0.58	0.81	0.72	Сопоставимы
3 км	3.1	0.41	2.9	0.38	0.23	0.55	0.41	Сопоставимы
5 км	3.2	0.41	2.9	0.38	0.25	0.56	0.45	Сопоставимы
<i>Погрешность измерений принята равной 13%.</i>								

Таблица 12. Результаты анализа определения натрия в пробе воды, отобранной в дельте р. Селенги в июле 2014 г.

	Результаты анализа БИП СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		Результаты анализа ЛИН СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		$ X_1 - X_2 $	$\sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	$E_n =  X_1 - X_2  / \sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	Выводы о сопоставимости результатов анализа
	$X_1$	$\Delta_1$	$X_2$	$\Delta_2$				
Кабанск	5.74	0.75	4.91	0.64	0.83	0.98	0.84	Сопоставимы
Харауз (вышка)	5.68	0.74	4.93	0.64	0.75	0.98	0.76	Сопоставимы
Усть-Харауз	6.12	0.80	5.20	0.68	0.92	1.04	0.88	Сопоставимы
Галутай	5.91	0.77	5.30	0.69	0.61	1.03	0.59	Сопоставимы
Средняя	6.26	0.81	5.50	0.72	0.76	1.08	0.71	Сопоставимы
Колпинная	6.80	0.88	5.90	0.77	0.90	1.17	0.77	Сопоставимы
Северная	5.96	0.77	5.30	0.69	0.66	1.04	0.64	Сопоставимы
Левобережная	5.66	0.74	5.00	0.65	0.66	0.98	0.67	Сопоставимы
Лобановская	6.09	0.79	5.30	0.69	0.79	1.05	0.75	Сопоставимы
Мурзино	5.90	0.77	4.95	0.64	0.95	1.00	0.95	Сопоставимы
Заверняиха	6.89	0.90	5.80	0.75	1.09	1.17	0.93	Сопоставимы
Толстоножиха	6.23	0.81	5.50	0.72	0.73	1.08	0.68	Сопоставимы
Березовое	11.65	1.51	10.10	1.31	1.55	2.00	0.77	Сопоставимы
Семеновское	19.18	2.49	17.10	2.22	2.08	3.34	0.62	Сопоставимы
1 км	6.13	0.80	5.18	0.67	0.95	1.04	0.91	Сопоставимы

3 км	3.98	0.52	3.44	0.45	0.54	0.68	0.79	Сопоставимы
5 км	3.94	0.51	3.44	0.45	0.50	0.68	0.74	Сопоставимы
<i>Погрешность измерений принята равной 13%.</i>								

Таблица 13. Результаты анализа определения аммония в пробе воды, отобранной в дельте р. Селенги в июле 2014 г.

	Результаты анализа БИП СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		Результаты анализа ЛИН СО РАН, мг/дм <sup>3</sup>		$ X_1 - X_2 $	$\sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	$E_n =  X_1 - X_2  / \sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2)}$	Выводы о сопоставимости и результатов анализа
	$X_1$	$\Delta_1$	$X_2$	$\Delta_2$				
Кабанск	0.033	0.004	0.028	0.004	0.005	0.006	0.89	Сопоставимы
Харауз (вышка)	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.00	Сопоставимы
Усть-Харауз	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	Сопоставимы
Галутай	0.013	0.002	0.011	0.001	0.002	0.002	0.90	Сопоставимы
Средняя	0.020	0.003	0.017	0.002	0.003	0.003	0.88	Сопоставимы
Колпинная	0.021	0.003	0.018	0.002	0.003	0.004	0.83	Сопоставимы
Северная	0.019	0.002	0.017	0.002	0.002	0.003	0.60	Сопоставимы
Левобережная	0.021	0.003	0.018	0.002	0.003	0.004	0.83	Сопоставимы
Лобановская	0.026	0.003	0.022	0.003	0.004	0.004	0.90	Сопоставимы
Мурзино	0.030	0.004	0.025	0.003	0.005	0.005	0.98	Сопоставимы
Заверняиха	0.009	0.001	0.008	0.001	0.001	0.002	0.64	Сопоставимы
Толстоножиха	0.025	0.003	0.022	0.003	0.003	0.004	0.69	Сопоставимы
Березовое	0.105	0.014	0.088	0.011	0.017	0.018	0.95	Сопоставимы
Семеновское	0.070	0.009	0.059	0.008	0.011	0.012	0.92	Сопоставимы
1 км	0.003	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001	0.00	Сопоставимы
3 км	0.021	0.003	0.018	0.002	0.003	0.004	0.83	Сопоставимы
5 км	0.028	0.004	0.024	0.003	0.004	0.005	0.83	Сопоставимы
<i>Погрешность измерений принята равной 13%.</i>								

**Микроэлементный состав** По данным многолетних результатов исследования микроэлементного состава поверхностных вод дельты р. Селенга, полученных с 2001-2012 гг. [Хажеева, Урбазаева 2005, 2012] отмечено, что изменение гидрологических условий на р. Селенга в значительной степени определяет динамику концентраций химических компонентов в реке и протоках ее дельты, в частности тяжелых металлов (ТМ). Как показано выше, полученные результаты гидрологических наблюдений 2014 г. свидетельствуют о крайне низком стоке реки в период проведения работ в отношении многолетних условий стока.

В весенне-летний период 2014 г. концентрации железа изменялись в пределах от 40,8 до 79,7 мкг/л, максимальное содержание железа (79,7 мкг/л) зафиксировано в протоке Лобановская. Следует отметить, что содержание железа в пробах поверхностной воды основных проток, отобранных в период весеннего половодья выше значений содержаний железа в пробах воды, отобранных в летний период рис. 5, что объясняется поступлением загрязнения с водосборной площади.

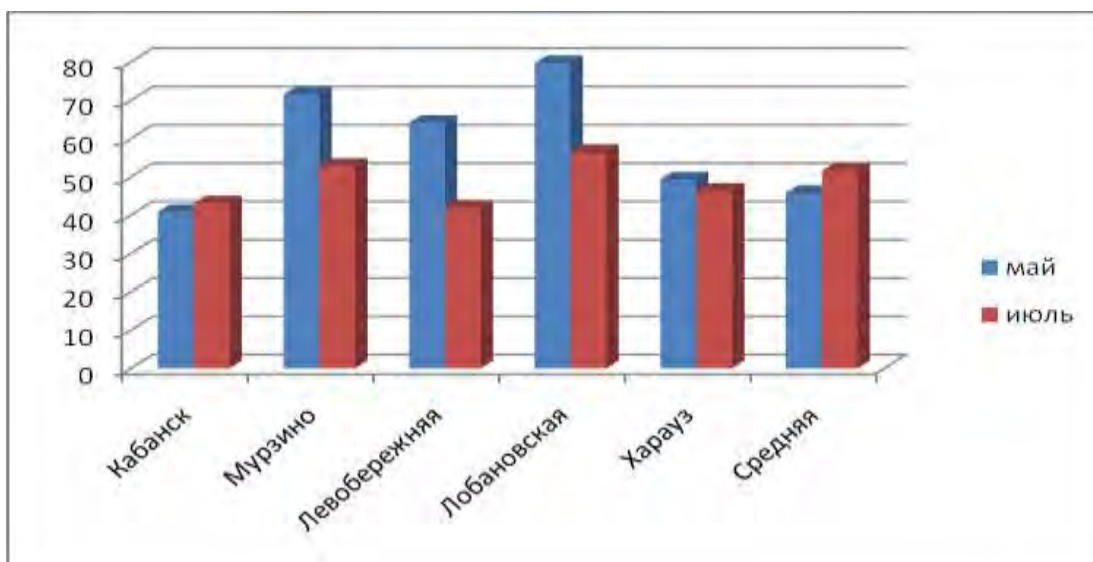


Рис. 5. Содержание железа в поверхностных водах, мкг/л, май, июль 2014 г.

В весенний период концентрации марганца по основным протокам были незначительными и варьировались в пределах 0,5 до 2,7 мкг/л, за исключением протоки Средняя, где отмечалось повышенное содержание марганца (20,8 мкг/л), которая находится в центральной части и отличается низкой водностью, заболоченностью и соответственно повышенными содержаниями железа и марганца. В летний период по основным протокам содержание марганца изменялось в пределах от 4,2 (пр. Харауз) до 12,8 мкг/л (пр. Лобановская) рис. 6.

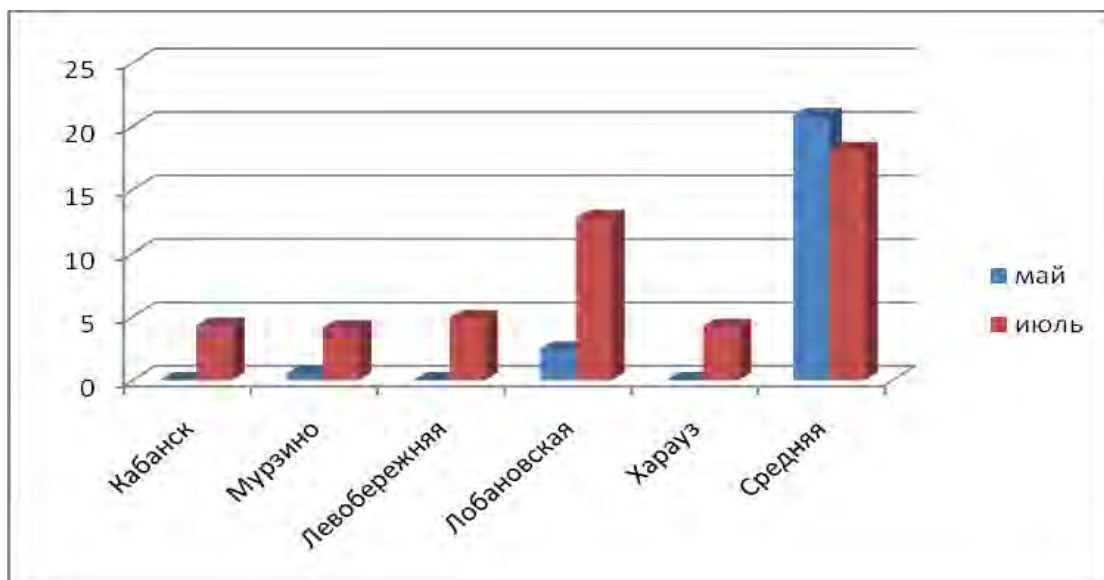


Рис. 6. Содержание марганца в поверхностных водах, мкг/л, май, июль 2014

Следует отметить, что в летний период 2014 года в основных протоках были зафиксированы повышенные содержания таких элементов как цинк, медь (рис. 7 и 8).

Так содержание цинка варьировалось в пределах 10,9 (пр. Средняя) до 21,69 мкг/л (Кабанск), что превысило ПДК для рыбохозяйственных водоемов в 1,8 -2раза.

Содержание меди изменялось в пределах 7,0 (пр. Средняя) до 8,0 мкг/л (Мурзино), Превышение ПДК (1 мкг/л) по меди составило 7-8 раз.

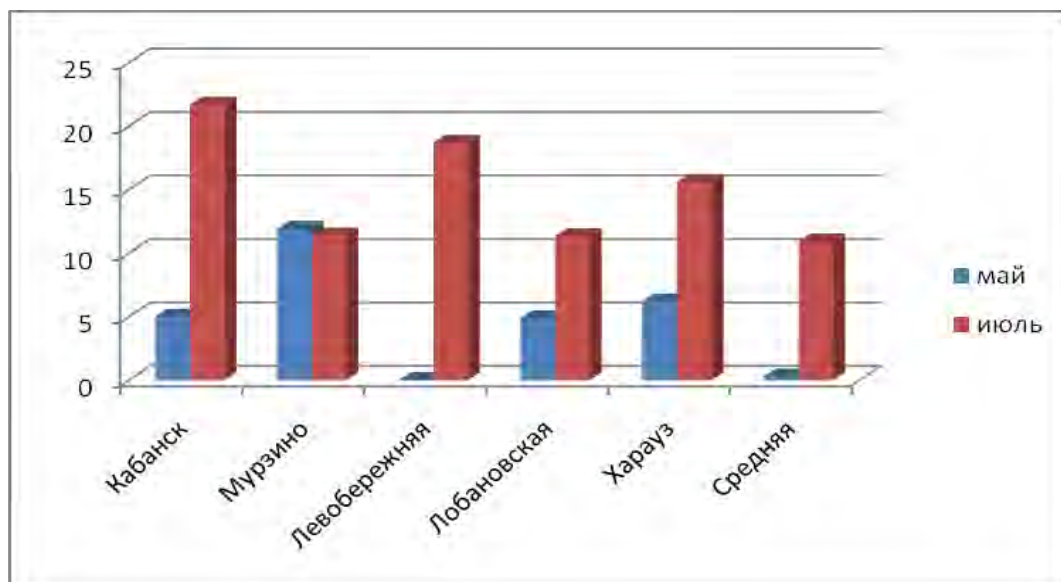


Рис. 7. Содержание цинка в поверхностных водах, мкг/л, май, июль 2014

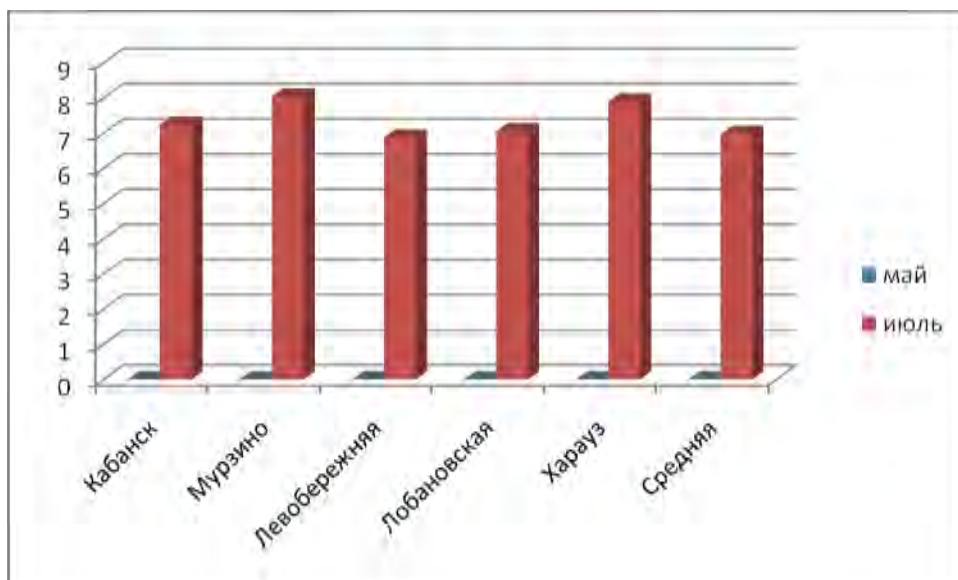


Рис. 8. Содержание меди в поверхностных водах, мкг/л, май, июль 2014

Кроме того, в летний период в поверхностных водах были обнаружены такие элементы как свинец и кадмий. Содержание свинца варьировалось от 4,4 (Кабанск) до 5,3 мкг/л (пр. Лобановская), хотя и не превысило значений ПДК (6 мкг/л), но не характерно для летне-осеннего периода. Среднее содержание кадмия по всем протокам составило значение 5,4 мкг/л, что находится на уровне ПДК (5 мкг/л).

Проведя сравнительный межгодовой анализ изменения содержаний железа, марганца по основным протокам следует отметить, что концентрации данных металлов в 2012-2014 гг. не претерпели значительных отклонений, так содержание железа варьировалось в пределах от 63 до 88 мкг/л (2012 г.), от 50 до 100 мкг/л (2013 г.), от 43 до 79 мкг/л (2014), марганца от 4 до 30 мкг/л (2012 г.), от 4,8 до 40 мкг/л (2013 г.), от 4 до 18 мкг/л (2014 г.) и не достигли максимальных значений в отношении 2003 г. (рис. 9 и 10).

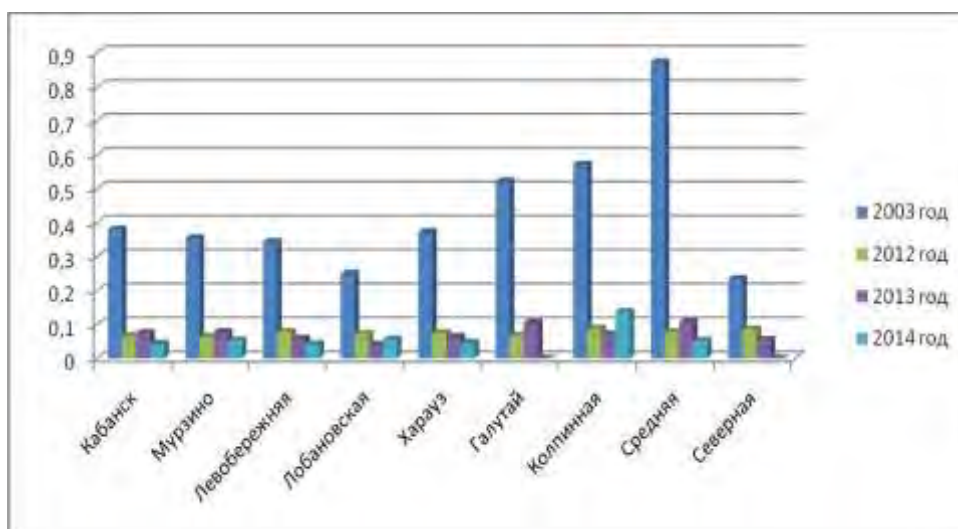


Рис. 9. Содержание железа, мг/л

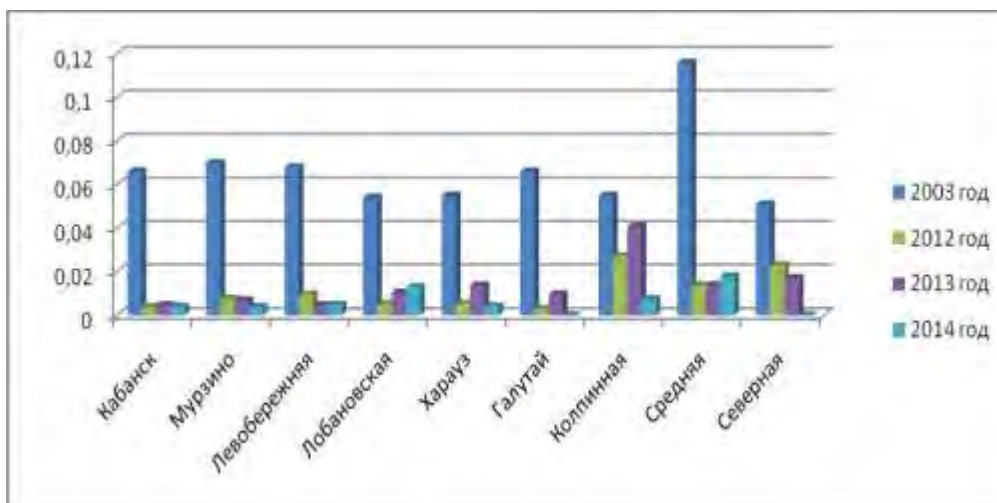


Рис. 10. Сравнительное содержание марганца, мг/л

Содержание меди и цинка в межголовом аспекте показало, что в 2014 г. наблюдалось значительно высокие концентрации даже в отношении 2003 г. (рис. 11 и 12)

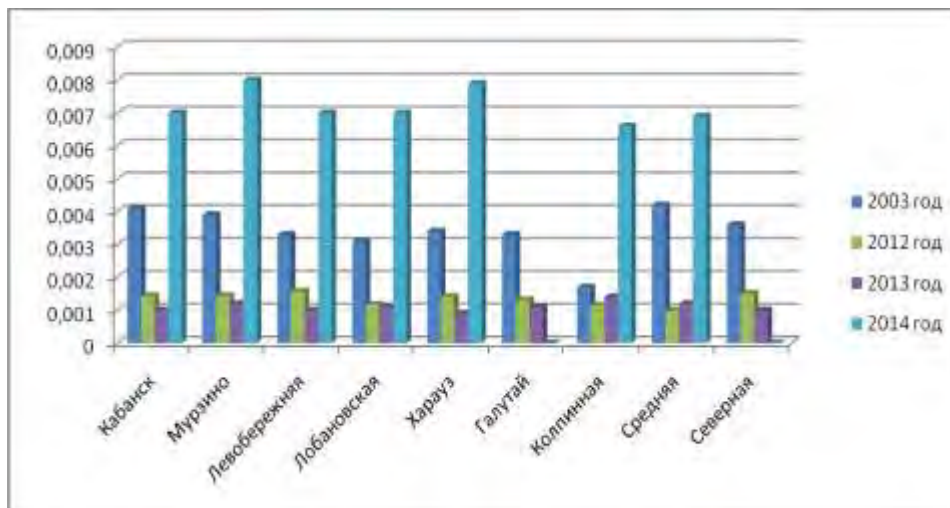


Рис. 11. Сравнительное содержание меди, мг/л

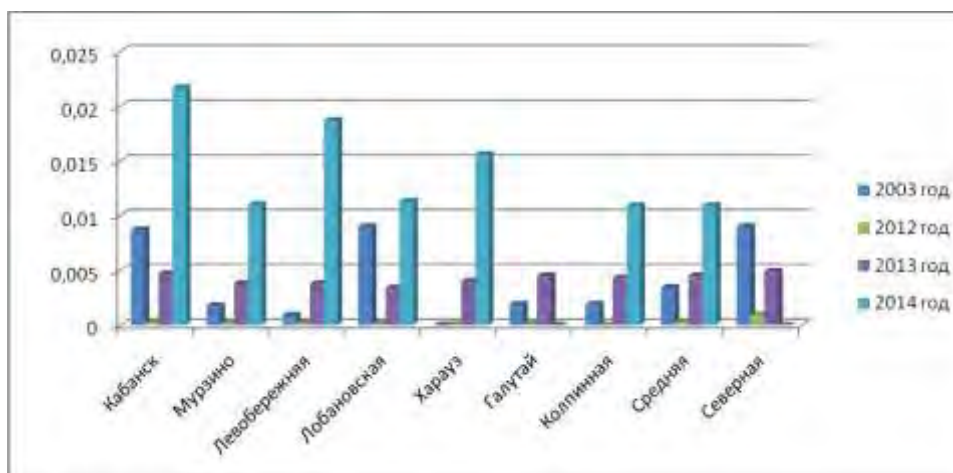


Рис. 12. Сравнительное содержание цинка, мг/л



Как отмечалось ранее, что динамика колебаний концентраций тяжелых металлов в основном зависит от колебаний водного стока, летний период 2014 года отличался длительным засушливым периодом, что и определило повышенные концентрации тяжелых металлов в поверхностных водах основных проток дельты р. Селенга.

*Донные отложения.* Результаты анализа донных отложений (ДО) на микроэлементный состав основных проток дельты, отобранных в 2014 г., представлены на рис. 13-17. Как видно, из приведенных данных, в дельте происходит накопление ТМ в ДО (особенно в пробах, отобранных в протоках Средняя и Лобановская) в сравнении с входящим створом, расположенном после п. Кабанск. В то же время в летний период наблюдалось снижение концентраций железа, марганца, цинка, хрома в ДО сравнении с весенним периодом, что связано, по-видимому, с понижением окислительно-восстановительного потенциала при котором происходит восстановление соединений железа и марганца и поступление их в поровые воды.

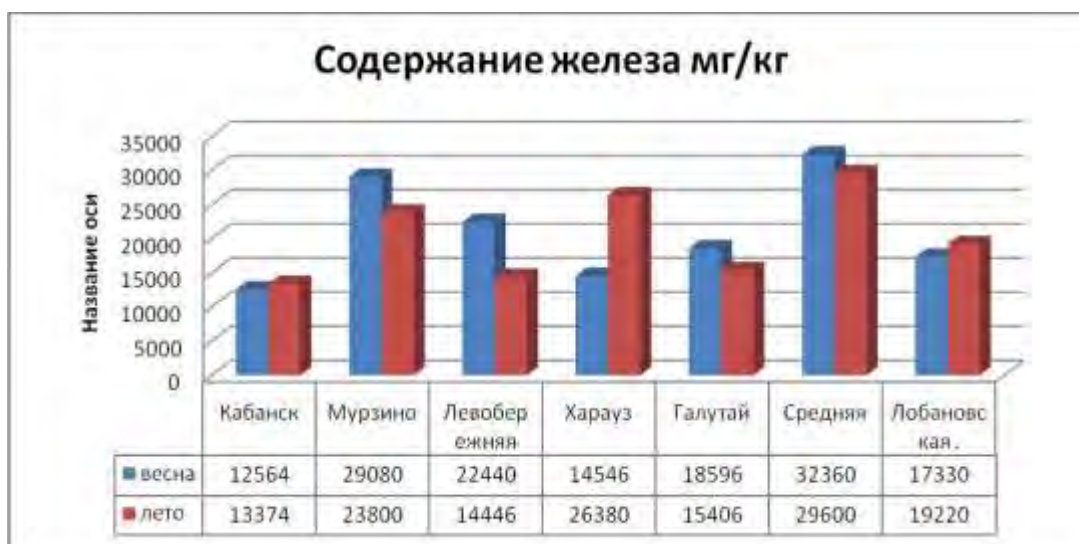


Рис. 13. Содержание железа в донных осадках в 2014 г., мг/кг

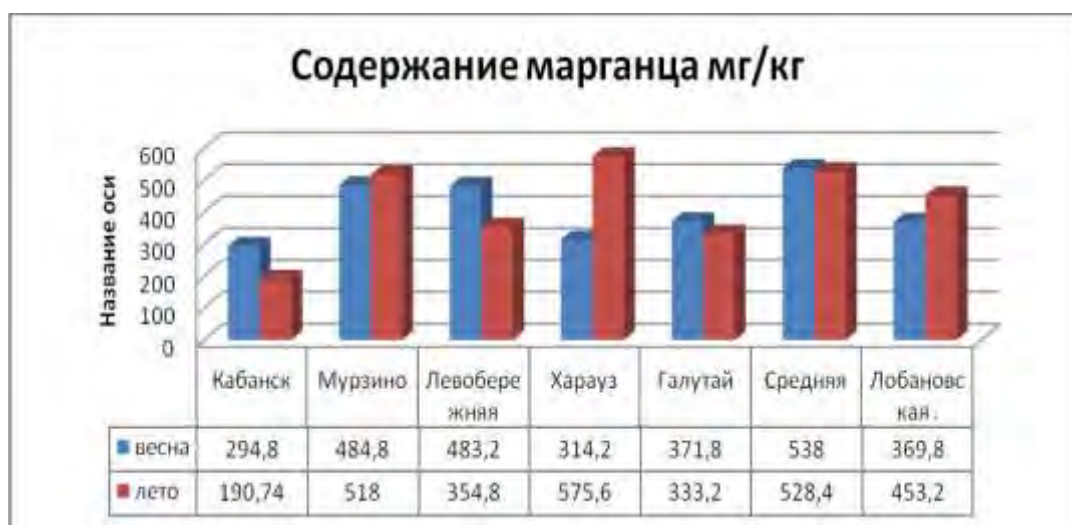


Рис. 14. Содержание марганца в донных осадках в 2014 г., мг/кг



Рис. 15. Содержание цинка в донных осадках в 2014 г., мг/кг



Рис. 16. Содержание свинца в донных осадках в 2014 г., мг/кг



Рис. 17. Содержание хрома в донных осадках в 2014 г., мг/кг

В межгодовом аспекте, сравнивая результаты 2014 г. с данными, полученными в 2013 г., можно констатировать, что содержание ТМ в донных отложениях основных проток практически не изменилось и находится ниже основных фоновых содержаний в донных осадках, приведенных в таблице 14.

Таблица 14. Фоновые содержания ТМ (мг/кг) в ДО и кларках почв, не подверженных антропогенному загрязнению

Исследуемые объекты	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Pb	Cd
Пресноводные ДО [Forstner, 1977]	43500	750	110	43	96	28	0.35
Кларки почв [Bowen, 1979]	40000	1000	90	30	70	12	-

**Бактериопланктон.** Ранее выполненные исследования свидетельствуют, что р. Селенга и протоки дельты по санитарно-микробиологическим показателям являются достаточно неблагополучными [Сороковикова и др., 1995; Ковадло, Дрюккер, 2010]. Исследованиями, выполненными в 2010 г. также отмечено низкое санитарно-микробиологическое состояние селенгинских вод [Сороковикова и др., 2013].

**ОМЧ** (общее микробное число) – характеризует общее содержание сапрофитных микроорганизмов (мезофильных, сапротрофных аэробных и факультативно анаэробных). ОМЧ является чувствительным индикатором загрязнения водоема, в частности органическими веществами. Во время съемки (май и июль 2014 г.) ОМЧ в р. Селенге и протоках дельты варьировало в широких пределах (табл. 15, 16). Средняя численность культивируемых гетеротрофов в дельте реки в мае составила 1326,9 ( $\pm 664,7$ ) КОЕ/мл, в июле (в тех же точках отбора проб) – 772,9 ( $\pm 429,8$ ) КОЕ/мл, то есть средняя численность гетеротрофов в дельте реки в мае превышала таковую в июле в 1,7 раз. Соотношение значений показателя ОМЧ, определенных при температурах 22°C и 37°C, позволяет оценить активность и состояние процессов самоочищения природных водоемов (коэффициент самоочищения  $K_c$ ). При завершении процессов самоочищения  $K_c$  равен 4 и выше ( $K_c = \text{ОМЧ}_{22^\circ\text{C}} / \text{ОМЧ}_{37^\circ\text{C}}$ ) [МУК 4.2.1884-04]. В результате проведенных нами исследований, выявлено, что значения коэффициента самоочищения вод р. Селенги и проток ее дельты в мае выше 4 (от 7,8 до 272,0), что указывает на высокий потенциал водных масс к естественному очищению. Значения  $K_c$  в июле показывают, что воды реки не справляются с антропогенной нагрузкой, что особенно выражено вблизи населенных пунктов (Кабанск – 1,3) и в дельте (Усть-Харауз – 1,1) (табл. 15, 16).

**ОКБ** (общие колиформные бактерии) – грамтрицательные палочки, не обладающие цитохромоксидазой. Группа ОКБ включает достаточно большое число родов семейства

Enterobacteriaceae: *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Pantoea*, *Rahnella* и др. ТКБ (термотолерантные колиформные бактерии) – в отличие от ОКБ - показатель свежего фекального загрязнения. Кроме *E. coli*, которая является доминирующим представителем этой группы, в нее входят отдельные представители родов *Citrobacter*, *Enterobacter* и *Klebsiella*.

Таблица 15. Микробиологическая и санитарно-бактериологическая характеристика вод р. Селенги и проток ее дельты, май 2014 г.

Место отбора проб	ОКБ (КОЕ/100мл)	ТКБ (КОЕ/100мл)	Энтерококки (КОЕ/100мл)	ОМЧ на 37°С (КОЕ/мл)	ОМЧ на 22°С (КОЕ/мл)	К <sub>с</sub>
Селенга (пос. Кабанск)	130	40	6	66	1456	22,1
Селенга (пос. Мурзино)	140	8	2	54	1528	28,3
Устье прот. Харауз	134	12	0	43	1712	39,8
Устье прот. Средняя	160	4	24	47	1990	42,3
Устье прот. Лобановская	30	2	0	17	624	36,7
Устье-Харауз	134	12	0	43	1712	39,8

Численность колиформных микроорганизмов в селенгинской воде в мае изменялась от 30 КОЕ/100 мл (протока Лобановская) до 160 КОЕ/100 мл (протока Средняя), в июле – от 28 КОЕ/мл (протоке Колпинная) до 368 КОЕ/100 мл в районе пос. Кабанск. Среднее значение ОКБ в мае составило 112,2 ( $\pm 57,7$ ) КОЕ/100 мл, а в июле в тех же точка отбора проб – 98,7 ( $\pm 93,4$ ) КОЕ/100 мл, что свидетельствует о незначительных колебаниях численности ОКБ. Среднее значение ОКБ во всех точка отбора проб в июле составило 202,9 ( $\pm 356,6$ ) КОЕ/100 мл (табл. 15, 16). Согласно требованиям СанПиНа колиформные бактерии не должны обнаруживаться в 100 мл питьевой воды [СанПиН 2.1.4.1074-01, 2.1.4.1116-02]. Количество ОКБ в воде для рекреационного водопользования и в черте населенных мест не должно превышать 500 КОЕ/100 мл, ТКБ – 100 КОЕ/100 мл [СанПиН 2.1.5.980-00]. В районе исследования количество ОКБ и ТКБ не превышало нормы для водоемов рекреационного назначения.

Таблица 16. Микробиологическая и санитарно-бактериологическая характеристика вод р. Селенги, ее притоков и проток ее дельты, июль 2014 г.

Место отбора проб	ОКБ (КОЕ/100мл)	ТКБ (КОЕ/100мл)	Энтерококки (КОЕ/100мл)	ОМЧ на 37°С (КОЕ/мл)	ОМЧ на 22°С (КОЕ/мл)	К <sub>с</sub>
Селенга (пос. Кабанск)	<b>368</b>	<b>4</b>	<b>64</b>	<b>812</b>	<b>1026</b>	<b>1,3</b>
Селенга (пос. Мурзино)	<b>68</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>226</b>	<b>976</b>	<b>4,3</b>

прот. Левобережная	100	24	120	644	1260	2,0
прот. Усть-Харауз	104	4	32	440	502	1,1
прот. Колпинная	28	0	96	348	2608	7,5
прот. Средняя	68	0	80	334	1290	3,7
прот. Северная	296	20	108	748	1278	1,7
прот. Лобановская	168	12	72	370	894	2,4

**Энтерококки** – грамположительные кокки, факультативные анаэробы, данную группу бактерий определяют для подтверждения фекального загрязнения воды. Два вида являются основными симбиотическими организмами кишечника человека: *E. faecalis* (90-95 %) и *Enterococcus faecium* (5-10 %). В мае их содержание в воде колебалось от 2 до 24 КОЕ/100мл, в июле – от 4 до 120 КОЕ/100мл (табл. 15, 16). Среднее количество энтерококков в мае составило 9,7 ( $\pm 8,5$ ) КОЕ/100 мл, в июле в тех же точках отбора проб – 60,0 ( $\pm 39,4$ ) КОЕ/100 мл, то есть количество энтерококков с мая по июль увеличилось в 6,2 раза. Количество бактерий *Enterococcus* в воде достаточно высокое, особенно в летний период (до 120 КОЕ/100мл), оно было выше нормативных показателей (50 КОЕ/100мл), при которых возникает опасность эпидемического заражения. Согласно требованиям СанПиН энтерококки не должны обнаруживаться в водах рекреационного назначения [СанПиН 2.1.4.1074-01; 2.1.4.1116-02].

**Фитопланктон.** В 2014 г. продолжены исследования фитопланктона в нижнем течении р. Селенги и протоках ее дельты. Выполнены две съемки – в мае и июле. Период наблюдений характеризовался низким уровнем воды, как следствие, это наложило отпечаток на видовую структуру и уровень развития фитопланктона.

Съемки проведенные в мае показали, что количественные показатели фитопланктона были значительно выше по сравнению с маем 2013 г., когда расходы воды были больше чем в этот же период 2014 г. В основном русле реки у пос. Кабанск и Мурзино численность фитопланктона составляла соответственно 1,2-1,5 млн. кл/л, биомасса – 2,4-3 г/м<sup>3</sup>. К доминирующим видам из диатомовых в Селенге относились *Nitzschia graciliformis*, *Mtlosira varians*, *Synedra acus*, *Fragilaria crotonensis*. Мелкие центрические диатомовые, характерные для майского планктона, в этом году развивались слабо и составляли в сумме 24-18% от общей численности и 10-7% от общей биомассы. Значительно увеличилась численность *N. graciliformis*. Наряду с диатомовыми, уже в мае начали интенсивно развиваться зеленые водоросли, представленные большей частью *Actinastrum hantzschii*, *Chlamidomonas globosa*, видами *Monoraphidium* и *Scenedesmus*. Примечательной особенностью майского планктона

2014 г. было интенсивное развитие криптофитовых водорослей – *Cryptomonas ovata*. Водоросли, имея крупные размеры при небольшой численности (5,5 тыс. кл./л) давали высокую биомассу – 1,7 г/м<sup>3</sup>. Сходная картина наблюдалась и в дельтовых протоках. Так, в протоке Средней, где отмечалось «цветение» криптофитовых, также обусловленное *C. ovata*, его биомасса достигала 3 г/м<sup>3</sup>. Из зеленых водорослей в этой протоке имели высокую численность *Dictyosphaerium tetrachotomum* – 2,4 млн. кл./л, но, при малых размерах его биомасса не превышала 27 мг/м<sup>3</sup>. Субдоминантами из зеленых являлись *Scenedesmus quadricauda*, *Actinastrum hantzschii*, виды *Monoraphidium*. Из золотистых водорослей следует отметить *Dinobryon cylindricum* и *Chrysococcus rufescens*. По сравнению с основным руслом реки в протоке Средней весьма интенсивно развивались мелкие центрические диатомовые *Stephanodiscus minutulus*, *St. makarovae* и др. На их долю приходился 41% от общей численности и 14% от общей биомассы. Количественные показатели в планктоне были весьма высокие, составляя 2,5 млн. кл./л и биомассу 4,7 г/м<sup>3</sup>.

В других дельтовых протоках – Харауз, Левобережной также отмечалось «цветение» криптофитовых, обусловленное *C. ovata*, на долю которого приходилось 52-63% от общей биомассы фитопланктона. В это время также интенсивно развивались зеленые, среди которых преобладали *Actinastrum hantzschii*, виды *Monoraphidium* и *Scenedesmus*. Состав диатомовых в протоках был таким же как и в основном русле реки с преобладанием *N. graciliformis*. Общая численность в протоке Харауз и Левобережной составила соответственно 1,5-1,4 млн кл./л, биомасса 3,4-3,1 г/м<sup>3</sup>.

Качество воды в основном русле реки (пос. Кабанск - пос. Мурзино) и дельтовых протоках в мае можно отнести к разряду умеренно-загрязненных вод, III класса чистоты с индексом сапробности 1,7-1,8. В протоке Средняя отмечался несколько повышенный индекс сапробности – больше 2,1, но он не выходил за пределы III класса, хотя и приближается к IV классу – грязных вод.

Июльский планктон р. Селенги обычно характеризуется малыми величинами численности и биомассы, что обусловлено мощными летними паводками. 2014 г. был очень маловодный, июльский паводок отсутствовал, что обусловило высокие количественные показатели фитопланктона, как в основном русле реки (Кабанск-Мурзино), так и в ее дельтовых протоках. По сравнению с маем этого года, увеличилось видовое разнообразие зеленых, им же принадлежало лидирующее положение в создании общей численности фитопланктона. Наиболее многочисленными из зеленых были виды *Dictyosphaerium*, *Monoraphidium*, *Pediastrum* и др. Из диатомовых сократила свою численность *Nitzschia graciliformis*. Активизировала свое развитие *Asterionella formosa*. Мелкие центрические диатомовые занимали 17-24% от общей численности фитопланктона. Значительно сократили

свою численность в основном русле Селенги криптофитовые водоросли. Уровень развития фитопланктона в дельтовых протоках был сопоставим с таковым в основном русле реки. Максимальная численность и биомасса фитопланктона отмечалась в протоке Харауз и составляли соответственно 4,7 млн кл/л и 3,5 г/м<sup>3</sup> (рис. 18).

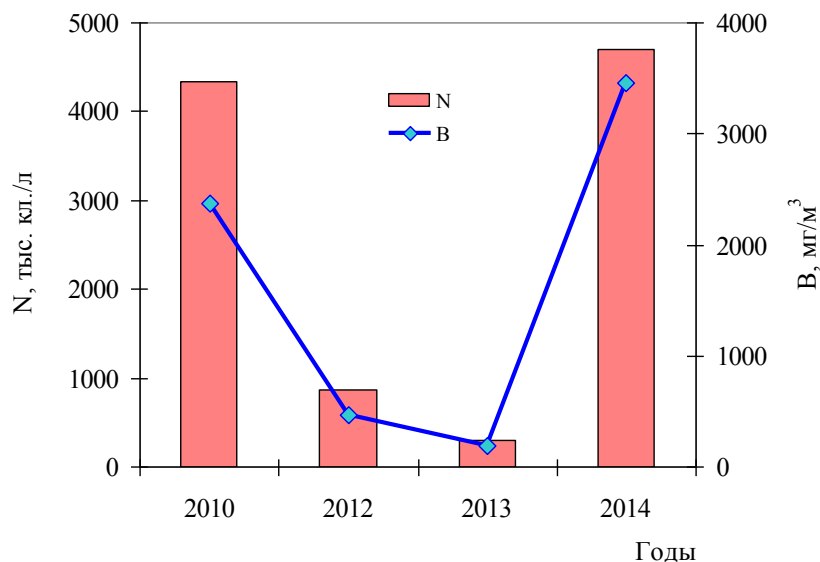


Рис. 18. Изменение численности (N) и биомассы (B) фитопланктона в протоке Харауз в годы различной водности

Воды дельтовых протоков р. Селенги в июле 2014 г. соответствовали III классу чистоты и характеризовались как умеренно-загрязненные, хотя индекс сапробности был несколько выше чем в мае и в большинстве протоков превышал величину 2, приближаясь к IV классу загрязненных вод.

Анализ результатов за два года показал, что 2014 г. характеризовался низким уровнем воды, как в основном русле р. Селенги, так и дельтовых протоках. Фитопланктон этого года имел свои особенности. Сменился доминирующий комплекс видов. Первое место в создании биомассы занимали криптофитовые водоросли, лидирующим видом среди которых был *Cryptomonas ovata*. Уже начиная с мая повышалось видовое разнообразие и численность зеленых водорослей. Мелкие центрические диатомовые (виды рода *Stephanodiscus*) даже во время майского максимума развивались слабо, уступив первенство *Nitzschia*. Уровень развития весеннего фитопланктона в мае был выше по сравнению с многоводным 2013 г. Особенно низкие расходы воды в реке сказались на количественных показателях фитопланктона в июле 2014 г., когда численность и биомасса водорослей была на порядок и более выше, чем в аналогичный период 2013 г. (рис. 18). Наличие высокой численности криптофитовых водорослей в протоках р. Селенги указывает на повышенное содержание в воде легкогидролизуемых органических веществ. Преобладание в составе планктона

пеннатных водорослей (*Nitzschia*, *Synedra*) свидетельствует о происходящем процессе эвтрофирования селенгинских вод. В то же время, величины биомассы фитопланктона редко превышают  $4 \text{ г/м}^3$ , а чаще всего составляют  $1-2 \text{ г/м}^3$ . Это позволяет говорить (за исключением экстремальных лет), что по биомассе фитопланктона воды р. Селенги относятся к разряду мезотрофных, в отдельных протоках (Колпинная, Средняя) приближаясь к эвтрофному типу.

Качество воды в р. Селенге и ее дельтовых протоках в целом относится к III классу чистоты, умеренно-загрязненных вод.

Повышенные концентрации тяжелых металлов в поверхностных водах основных проток дельты р. Селенга в летний период 2014 года объясняются низким уровнем воды и поступлением из донных отложений. В тоже время донные осадки по содержанию тяжелых металлов можно отнести к осадкам, не подверженным антропогенному загрязнению.

### Выводы

1. В 2014 г. расходы воды в р. Селенге в период наблюдений изменялись в пределах  $720-1180 \text{ м}^3/\text{с}$ .
2. Газовый режим был благоприятным для жизнедеятельности водных организмов. Концентрации растворенного кислорода не опускалась ниже  $6,6 \text{ мг/л}$ .
3. Сумма минерального азота в воде изменялась от  $0,02$  до  $0,12 \text{ мг N/л}$ , общего и минерального фосфора от  $26$  до  $98$  и от  $3$  до  $47 \text{ мкг P/л}$  соответственно.
4. Качество воды в р. Селенге и протоках по содержанию биогенных элементов и органических веществ соответствовало разряду «достаточно чистая».
5. Повышенное содержание микроорганизмов, в том числе и условно патогенной микрофлоры свидетельствует о низком качестве воды и о необходимости ограничения использования ее в рекреационных целях.
6. Развитие фитопланктона в 2014 г. соответствовало в основном мезотрофному типу водоемов, III классу чистоты.
7. Отмечаются повышенные содержания ТМ в поверхностных водах в летний период 2014 г., что связано с низким уровнем воды.
8. Донные осадки основных проток дельты р. Селенги можно отнести к осадкам, не подверженным антропогенному загрязнению.



### Использованные источники

1. Барам Г.И., Верещагин А.Л., Голобокова Л.П. Применение микроколоночной высокоэффективной жидкостной хроматографии с УФ-детектированием для определения анионов в объектах окружающей среды // Аналит. химия. 1999. Т. 54. № 9. С. 962-965.
2. Вода. Санитарные правила, нормы и методы безопасного водопользования населения, М.: ИнтерСЭН, 2004. 754 с.
3. EN ISO 7899-2: 2000. Detection and enumeration of intestinal enterococci. Part 2: Membran filtration method.
4. Ковадло А.С., Дрюккер В.В. Изучение бактериопланктона реки Селенги и оценка качества вод по микробиологическим показателям – Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле», 2010 № 2, с. 80-87.
5. Кожова О.М., Мельник Н.Г. Инструкция по обработке проб планктона счетным методом. Иркутск «Изд-во Иркутского Госуниверситета», 1978. 51 с.
6. Кузьмин В.Г. Фитопланктон // Методика изучения биоценозов внутренних водоемов. М. «Наука», 1975. С. 73-87.
7. Макарова И.В., Пичкилы Л.О. К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона. Ботан. журн. 1970. Т. 55, № 10. С. 1488-1494.
8. МУК 4.2.1884 – 04. Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов // М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2005. С. 25 – 58.
9. Романенко В.И., Кузнецов С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов // М.: Наука, Ленингр. 1974. С. 181-188.
10. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. 2009 Ростов-на-Дону. «НОК» 1044 с
11. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод // М.: Минздрав России. 2000.
12. Сороковикова Л.М., Синюкович В.Н., Дрюккер В.В. и др. Экологические особенности реки Селенги в условиях наводнения – География и природ. Ресурсы, 1995, № 4, с. 64– 70.
13. Сороковикова Л.М., Тулохонов А.К., Синюкович В.Н., Поповская Г.И., Никулина И.Г., Томберг И.В., Башенхаева Н.В., Максименко С.Ю., Погодаева Т.В., Ильичева Е.А., Некрасов А.В.. Качество вод в дельте р. Селенги. // География и природные ресурсы. 2005. №1. С 73-80.
14. Сороковикова Л.М., Томберг И.В., Башенхаева Н.В. Химический состав вод р. Селенги и проток ее дельты. // Дельта реки Селенги- естественный биофильтр и индикатор

- состояния озера Байкал. Серия «Интеграционные проекты СО РАН». Вып.15.; 2008. С. 101.
15. Сороковикова Л.М., Поповская Г.И., Томберг И.В., Башенхаева Н.В. Пространственно-временная изменчивость содержания биогенных и органических веществ и фитопланктона в воде р. Селенги и протоках ее дельты. // Водные ресурсы, 2009. – Т. 36(4). – С. 465-474.
16. Сороковикова Л.М., Поповская Г.И., Томберг И.В., Синюкович В.Н., Кравченко О.С., Маринайте И.И., Башенхаева Н.В., Ходжер Т.В. Качество воды р. Селенга на границе с Монголией в начале XXI в. // Метеорология и гидрология, 2013. – № 2. – С. 93-103.
17. Сороковикова Л.М., Поповская Г.И., Томберг И.В., Синюкович В.Н., Кравченко О.С., Маринайте И.И., Башенхаева Н.В., Ходжер Т.В. Качество воды р. Селенга на границе с Монголией в начале XXI века // Метеорология и гидрология; 2013 ; (2). С. 93-103.
18. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. 2-е изд. - М.: МГУ, 1970. - 488с.
19. Хажеева, З.И. Тяжелые металлы в воде и донных отложениях проток дельты р. Селенги / З.И. Хажеева, С.Д. Урбазаева, А.К. Тулохонов, А.М. Плюсин, Л.М. Сороковикова, В.Н. Синюкович // Геохимия. – 2005. – №1. – с. 105-111.
20. Урбазаева, С.Д. Основные формы миграции и распределение тяжелых металлов в воде, на взвесьях и в донных отложениях проток дельты р. Селенга / С.Д. Урбазаева, З.И. Хажеева, Л.Д. Раднаева, А.К. Тулохонов, А.Н. Бешенцев // Инженерная экология. – 2012. – №4. – с. 36-41.
21. Bowen H.J.M. Environmental Chemistry of the Elements. N.Y. Academic Press, 1979, 333p.
22. Forstner U. Shoer J., Knauth H-D Metal pollution in the tidal Elbe River // J. Environ. Anal. Chem.- 1993.-Vol.51.- p.247-307.
23. Wetzel R. G., Likens G. E. Limnological Analyses. N.Y.: Springer-Verlag, 1991. 391 p.

Руководитель, чл-корр. РАН

А.К. Тулохонов