

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

УДК 556.114.6 (282.256.341./5)



УТВЕРЖДАЮ

**Директор Байкальского института
природопользования СО РАН**

д.г.н. Гармаев Е.Ж.,

“23” октября 2015г.

ОТЧЕТ

О научно-исследовательской работе

«Мониторинг качества воды в дельте реки Селенга» RFQ_GPSO_2013-036 (IWC-
00078317)

в рамках исполнения проекта Глобального экологического фонда

«Комплексное управление природными ресурсами трансграничной экосистемы

бассейна Байкала»

(заключительный)

Улан-Удэ - 2015

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

УДК 556.114.6 (282.256.341./5)

УТВЕРЖДАЮ
Директор Байкальского института
природопользования СО РАН
_____ д.г.н. .Гармаев Е.Ж,
“ _____ ” _____ 2015г.

ОТЧЕТ
О научно-исследовательской работе
«Мониторинг качества воды в дельте реки Селенга» RFQ_GPSO_2013-036 (IWC-
00078317)

в рамках исполнения проекта Глобального экологического фонда
«Комплексное управление природными ресурсами трансграничной экосистемы
бассейна Байкала»
(заключительный)

Улан-Удэ - 2015

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

1. Тулохонов А.К. чл.-корр. РАН, руководитель
2. Сороковикова Л.М. к.г.н., с.н.с. – ответственный исполнитель от ЛИИ
3. Павлов И.А.- к.фарм.н., н.с. - ответственный исполнитель от БИП
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. Ширеторова В.Г. , к.т.н., с.н.с.
9. Базарсадуева С.В., к.б.н., н.с.
10. Урбазаева С.Д., к.т.н., вед.инж.
11. Башенхаева Н.В. вед.инж.
12. Жученко Н.А. н.с.
13. Косторнова Т.Я., н.с.
14. Сезько Н.П. вед.инж.

Реферат

Отчет состоит из 41 страниц машинописи, содержит 6 таблиц и 21 рисунок, использовано 30 источников.

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

Объект исследования – дельта р. Селенги.

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

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

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

1. Введение

Дельты рек представляют собой переходную область между двумя граничащими экосистемами – рекой и озером или морем. Это особое природное образование, где органический и биогенный сток трансформируется качественно и количественно вследствие интенсивного биотического круговорота. Очищающая роль дельты максимальна в период открытой воды и минимальна зимой, так как важными аккумуляторами и трансформаторами химических веществ являются погруженная водная растительность, фитопланктон и фитобентос [Максимова и др., 1981].

Дельта р. Селенги занимает обширную территорию и в разных источниках оценивается от 546 до 5000 км² [Байкал. Атлас, 1993; Ресурсы..., 1973]. В данной работе за начало дельты принято место разделения реки на два наиболее крупных рукава в 34 км от устья. Основные протоки дельты можно разделить на три группы – южную, среднюю и северную. Северную группу представляют протоки Лобановская, Дологан и Северная, среднюю – Голутай, Колпинная и Средняя, южную – Левобережная, Шаманка и Харауз. Наиболее крупные из них – Левобережная, Харауз и Лобановская, по которым проходит до 80% водного стока в весенне–осенний период и 99% зимой. Мелкие протоки (Голутай, Колпинная, Средняя, Северная) зимой чаще всего в верхнем течении замерзают [Синюкович и др., 2004]. Помимо перечисленных, дельта включает множество других протоков, озер, стариц, создающих сложную гидрографическую систему.

Необходимо отметить, что река Селенга главный приток Байкала, протекающая по территории двух сопредельных государств - Монголии и России. В бассейне Селенги сосредоточено большое количество промышленных, сельскохозяйственных, перерабатывающих предприятий, населенных пунктов и городов сточные воды которых поступают в русло Селенги и ее притоков, оказывая негативное влияние на качество вод реки и проток ее дельты, особенно в условиях маловодья.

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 2013-2015 гг. Отбор проб воды 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 ± 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].

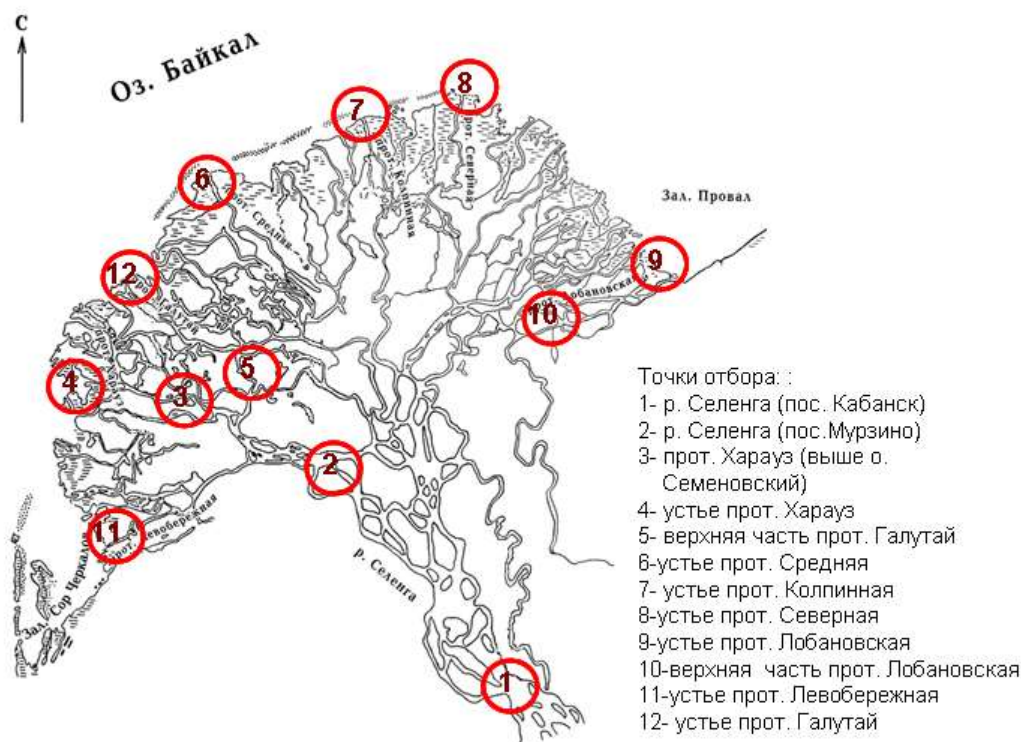


Рис. 1. Карта схема отбора проб

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]. Для оценки общего стока р. Селенги и водности проток использовались материалы наблюдений за уровнем реки Кабанской устьевой станции Росгидромета по водпосту у с. Кабанск, а также сведения о текущем уровне воды Селенги у г. Улан-Удэ, ежедневно размещаемые на сайте Гидрометцентра Бурятии.

Определение численных значений доли стока реки через отдельные протоки селенгинской дельты осуществлялось по результатам натуральных гидрометрических измерений, выполненных в 2013 г. Схема расположения гидростворов (как и в 2012 г.) принималась постоянной и максимально приближенной к местам их расположения во время проведения последних

подобных работ Кабанской Устьевой станцией Росгидромета в 1973-1994 гг. (Синюкович и др., 2004). Контроль полученных результатов также осуществлялся путем увязки суммарного стока по протокам со стоком реки по замыкающему створу Росгидромета у с. Кабанск.

3. Результаты и их обсуждение

Гидрологическая характеристика. В соответствии с программой работ по проекту в 2013-2015 гг. выполнялись работы по определению водного стока р. Селенги на входе в дельту и его распределения по отдельным протокам. Наряду с этим оценивалось состояние водности Селенги относительно среднесуточных значений, а также направленность изменений роли каждого рукава в транспортировке стока реки к оз. Байкал.

Результаты измерений стока в отдельных протоках дельты р. Селенги 2012-2013 гг. показали, что изменения расходов воды в них происходят достаточно синхронно и определяются величиной общего стока реки в нижнем течении, который достаточно репрезентативно отражается данными измерений Росгидромета у с. Кабанск (43 км от устья) и рзд. Мостовой (127 км от устья). Обобщение полученных гидрометрических данных подтвердило относительную стабильность роли каждой из протоков в суммарном расходе воды в период открытого русла при средних условиях водности. Значимая перестройка русловой сети и перераспределение стока по протокам наблюдается при прохождении повышенных расходов воды. При проведении гидрометрических работ в 2012 и 2013 гг. условия водности были схожими, в связи с чем, схожей оказалась и картина транзита стока реки Селенги через ее дельту. При этом некоторые расхождения соответствующих оценок по данным ЛИН СО РАН и БИП СО РАН связаны, очевидно, как с различиями в местоположении гидростворов на протоках, так и с несовпадением сроков производства работ, приходящихся на разные по характеру водного режима периоды.

В целом, в течение 2013-2015 гг. водность р. Селенги оставалась пониженной, определяя сохранение маловодного периода, продолжающегося с

1996 г. Но если 2013 г. за счет увеличения стока в августе-сентябре оказался достаточно близким к средней водности (максимальный расход воды составил $2840 \text{ м}^3/\text{с}$, а среднегодовой - $906 \text{ м}^3/\text{с}$), то 2014 г. и, особенно, 2015 г. оказались крайне маловодными. В первом из них годовой максимум стока составил всего $1350 \text{ м}^3/\text{с}$, при среднегодовом $592 \text{ м}^3/\text{с}$ (на треть ниже нормы). Во втором, соответствующие расходы воды по предварительным оценкам составляют 1600 и $500\text{-}550 \text{ м}^3/\text{с}$. Для сравнения: максимальный расход воды р. Селенги на входе в дельту в августе 1971 г. достигал $7100 \text{ м}^3/\text{с}$.

Низкая водность реки в два последних года во многом определила низкий общий приток поверхностных вод в Байкал (рис. 2), ставший причиной сработки его уровня в феврале-июне 2015 г. ниже допустимой отметки в 456 м ТО.

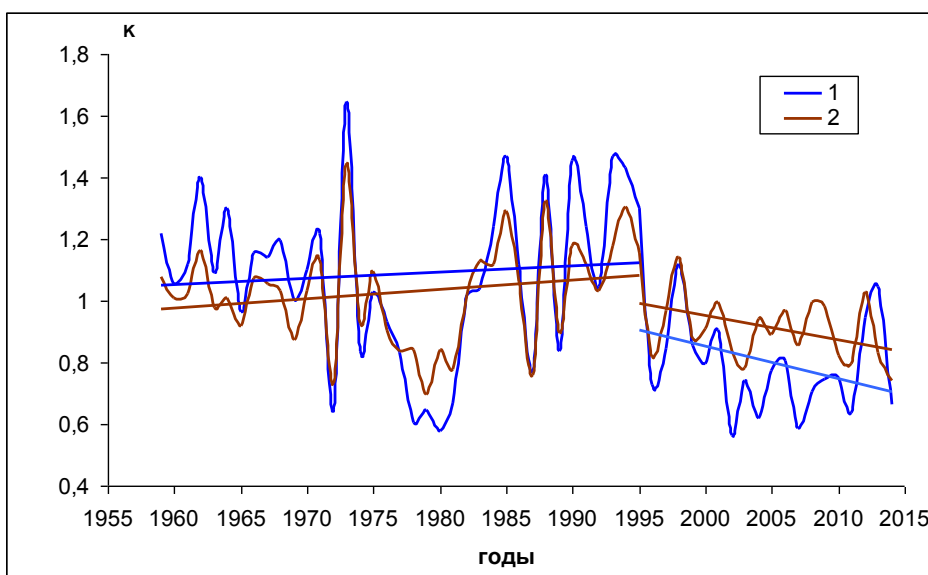


Рис. 2. Многолетние изменения стока р. Селенги (1) и притока воды в оз. Байкал (2). Значения показателей выражены в модульных коэффициентах. Прямые линии – кусочно-линейные тренды до и после 1996 г.

Полученные оценки вклада каждой из проток в формировании общего стока Селенги в оз. Байкал показали, что характер его распределения по протокам за 20 лет претерпел определенные изменения (табл. 1). Несмотря на это, основная часть воды через дельту по-прежнему стекает по протокам южной группы – Левобережной и Основному руслу (Харауз), однако после прохождения паводка в 2013 г. доля южных проток в транзите стока стала несколько ниже.

При повышенных расходах воды подобная ситуация наблюдалась и ранее, в результате чего возрастала роль протоков северной группы (Лобановская и Дологан), что было отмечено и в рассматриваемом 2013 году.

Таблица 1. Роль основных протоков дельты р. Селенги в общем стоке реки при расходах воды 1000-1500 м³/с

Протока	Доля стока, %	
	1994 г.*	2012-2013 гг.
Основное русло	27,4	25
Левобережная	25,3	27
Лобановская	30,9	13
Дологан	6,0	20
Галутай	7,4	11
Средняя+Колпинная	3,0	4

* (Синюкович и др., 2004)

В сравнении с предыдущим годом отмечен рост перетока воды через центральную часть дельты (протоки Средняя, Колпинная и Галутай) – на 2-3 % от общего стока реки.

С учетом результатов более раннего периода (Айнбунд и др., 1975) можно видеть, что в начале 1970-х гг. при расходах воды порядка 2000 м³/с (средняя водность летнего времени) до 65 % стока Селенги поступало к внешнему краю дельты по южным протокам, а в зимний сезон - до 95 %. Затем, роль южных протоков постепенно стала ослабевать, с одновременным снижением стока через наиболее многоводную протоку Харауз (Основное Русло) и ростом перетока воды через Левобережную протоку (Синюкович, 2004). В условиях аномально низкой водности 2015 г. это привело к переносу судового хода в приустьевой части Харауза через протоку Толстоножика в обход о. Гнилой.

Отмеченные изменения в распределении стока р. Селенги по протокам ее дельты были получены для относительно низких расходов воды, а для соответствующей характеристики в условиях повышенной водности требовалось проведение повторных измерений расходов воды в основных протоках дельты при общем расходе воды Селенги порядка 3000-4000 м³/с. В

конце XX в. именно при таких расходах воды становились заметными основные изменения пропускной способности отдельных притоков и, в частности, перераспределение стока между северным и южным секторами дельты. Однако, в 2014-2015 гг. возможности проведения гидрометрических работ при расходах воды выше 3000 м³/с не представилось из-за маловодья – сток Селенги в эти годы, как было видно, не превышал 1600 м³/с.

В целом, можно констатировать, что с 1973 г. изменение распределения стока р. Селенги в ее дельте носило направленный характер, выражающийся в снижении «транзитной» роли южных рукавов в целом и основного русла реки – в частности. Похожая ситуация имела место и в северной части дельты, где наиболее многоводной теперь является протока Дологан, а сток через прот. Лобановскую сократился почти втрое.

После 1993 г. процессы перестройки русловой сети в дельте заметно ослабли, что, вероятно, объясняется невысокой водностью р. Селенги в последующие годы, в которых не отмечалось паводков редкой повторяемости. Однако, ситуация может существенно измениться в случае прохождения высоких дождевых паводков, так как в бассейне реки в течение маловодных лет аккумулирован значительный объем подготовленного к сносу рыхлого материала. Косвенным подтверждением аккумуляции продуктов выветривания служит и отмечаемое в последние 20 лет снижение стока взвешенных наносов Селенги [Корытный и др., 2012].

Что касается причин наблюдаемого с 1996 г. маловодья на р. Селенге, то основным его фактором является снижение выпадения осадков в ее бассейне, усугубляемое во время потепления ростом дефицита увлажнения вследствие повышения потерь влаги на испарение. В свою очередь, эти явления могут быть вызваны перестройкой характера атмосферной циркуляции в регионе, проявляющейся в снижении активности зонального переноса (Шимараев, Старыгина, 2010).

Характерного для потепления 1970-х гг. увеличения меженного стока р. Селенги в 2013-2014 гг., как и в предыдущие маловодные годы, не отмечалось,

очевидно, в связи со снижением влагонасыщения деятельного слоя и запасов подземных вод из-за общего падения увлажнения в бассейне Селенги.

Температура воды, растворенный кислород и pH. Исследования, выполненные в 2013-2015 гг. показали, что температура воды в зимний период в р. Селенге и протоках дельты изменялась в пределах 0,10-0,33 °С, в мае 8,1-11,5 °С, в июле – 16,1-21,8 °С, в октябре – 6,2-10,4 °С. В межгодовом аспекте в 2013 г. температура воды в весенне-летний период была ниже, чем в 2014 и 2015 гг. При прохождении по дельте температура воды обычно повышается, что связано с понижением скорости течения. Исключение наблюдалось в 2013 г., когда температура воды от Кабанска к устью снижалась на 0,5-1,5 °С.

В таблице 2 представлены характерные сезонные изменения концентраций растворенного кислорода в р. Селенге и протоках дельты. Наиболее высокое содержание кислорода в воде отмечено в мае, в июле его абсолютные концентрации на 2,6-3,7 мг/л ниже, что может быть связано со снижением растворимости кислорода в воде при высокой температуре. Кроме того, в это время регистрируется массовое развитие бактериопланктона, на дыхание которого расходуется значительная часть кислорода. В 2015 г., как и в другие годы, отмечены отдельные участки в протоках, заросшие растительностью, где регистрируется высокое содержание и пересыщение воды кислородом. Максимальные концентрации кислорода в таких местах достигали 16,7 мг/л (196 % насыщения), в 2014 г. максимальное содержание кислорода было зафиксировано в июле в протоке Колпинная 10,4 мг/л (125 % насыщения). Необходимо отметить, что в 2015 г. пробы воды в протоке Колпинная не отбирались, ввиду ее деградации и заболачивания в условиях длительного маловодья. В целом динамика концентраций растворенного кислорода в нижнем течении р. Селенги и протоках дельты в сезонном и межгодовом аспекте остается близкой к таковой в период 2001-2005 гг. [Сороковикова и др., 2008]. Изменение его концентраций в протоках дельты зависит от условий их водности, температуры воды, интенсивности развития бактерио- и фитопланктона.

Таблица 2. Растворенный кислород и величина рН воды в р. Селенге и протоках дельты, 2015 г.

Станция наблюдения/время	рН			О ₂ , мг/л		
	март	май	июль	март	май	июль
Селенга (пос. Кабанск)	7,27	7,25	8,26	6,8	11,16	7,6
Селенга (пос. Мурзино)	7,26	7,26	8,56	7,0	11,32	8,6
Устье прот. Левобережная	-	7,26	8,55	-	11,52	9,1
Устье прот. Харауз	7,32	7,24	8,37	7,4	10,42	8,8
Устье прот. Средняя	7,21	7,24	8,32	5,0	9,12	10,3
Устье прот. Северная	7,24	-	8,29	5,4	-	8,5
Устье прот. Лобановская	7,25	7,05	8,17	6,4	11,43	8,1

Реакция воды р. Селенги и ее проток слабощелочная, величина рН в 2015 г. изменялась от 7,21 в марте до 8,56 в июле. Наиболее высокие ее значения отмечены в июле 2014 г. (9,24). Изменение величины рН в течение года зависит от многих факторов: поступления с водосбора осадков с низкой кислотностью, повышенным содержанием органических веществ, поглощения СО₂ при массовом развитии фитопланктона и др. В межгодовом аспекте величина рН изменяется в узких пределах.

Электропроводность, главные ионы и сумма ионов.
 Электропроводность воды р. Селенги и проток дельты изменяется в широких пределах как в сезонном аспекте, так по отдельным протокам, особенно в зимний период. Характерные сезонные изменения электропроводности в реке и протоках представлены в (табл. 3). Надо отметить, что максимальная электропроводность зарегистрирована зимой 2013 г., когда в протоке Средняя она достигала 1085 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Анализ результатов показал, что наиболее низкие значения электропроводности отмечены на речном участке в районе пос.

Кабанск, к устью проток она, как правило, повышается. В межгодовом аспекте 2014-2015 гг. характеризуются более высокими значениями электропроводности, что может быть связано с пониженной водностью (раздел гидрологическая характеристика).

Таблица 3. Изменение электропроводности ($\mu\text{S}/\text{cm}$) в р. Селенге и протоках

Станция наблюдения/время	2015 г..			
	март	май	июль	октябрь
Селенга (пос. Кабанск)	248	198	194	187
Селенга (пос. Мурзино)	248	198	196	186
Устье прот. Левобережная	-	201	197	189
Устье прот. Харауз	252	202	197	189
Устье прот. Средняя	831	211	194	192
Устье прот. Северная	260	-	196	187
Устье прот. Лобановская	257	200	199	199

Изменение электропроводности определяется содержанием главных ионов в речных водах, 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 HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ и K^+ в воде р. Селенги и проток дельты в течение года изменялись в пределах: 81-467; 9,3-20,6; 0,7-8,5; 19,8-93,4; 4,9-22,4, 6,2-22,3 и 0,8-5,7 мг/л соответственно. Наиболее высокие концентрации всех компонентов отмечены в марте, при отсутствии стока 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; 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 речном участке пос. Кабанск - пос. Мурзино в основном ниже, чем в протоках особенно мелких, в питании которых участвуют высокоминерализованные подземные воды, что наиболее четко прослеживается в период зимней межени. Сезонные и межгодовые изменения суммы ионов определяются водностью реки Селенги. Как следствие наиболее высокие значения суммы ионов отмечены в зимний период, с максимумом в мелких протоках Средняя, Колпинная (рис. 3).

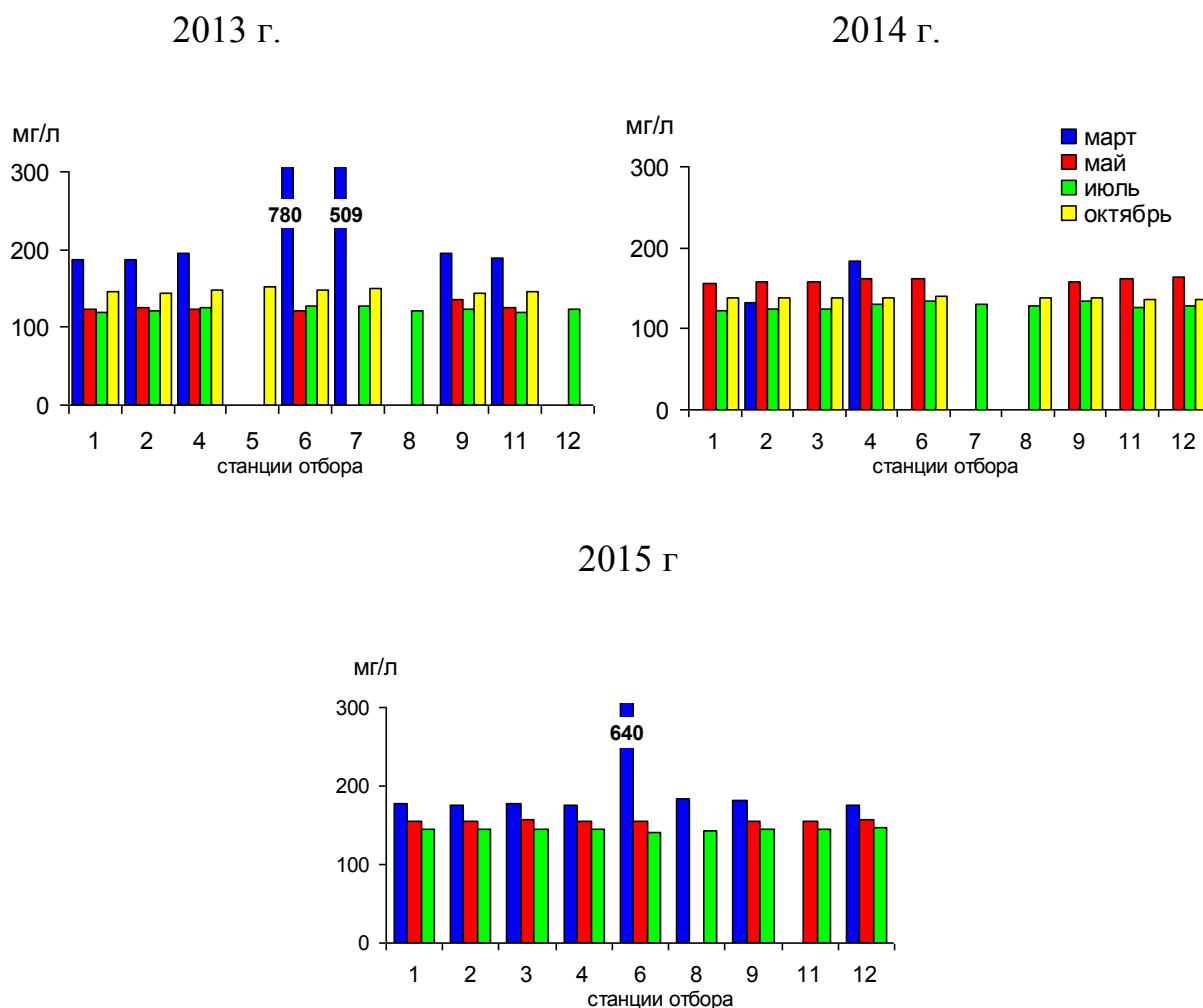


Рис. 3. Сезонная динамика суммы ионов в воде проток дельты р. Селенги. Номера станций соответствуют рис. 1.

В 2013 г. сумма ионов колебалась в пределах 96- 780 мг/л, при наиболее низких величинах в осенний период. В 2014-2015 гг. размах колебаний был

меньше от 121 до 640 мг/л, при этом пониженные значения наблюдались в летний период. Анализируя межгодовые изменения суммарного содержания ионов в летний период можно сказать, что наиболее низкие значения наблюдались в 2013 г., повышенные - в 2015 г. (рис. 2).

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 2013-2015 гг. в воде исследованных водотоков изменялось от 0,01 до 0,81 мг N/л, максимальные его концентрации характерны для зимнего периода, когда уровень развития фитопланктона минимальный. Повышенные концентрации NO_3^- в основном наблюдались на речном участке (Кабанск-Мурзино), ниже по течению концентрации снижались в результате повышения интенсивности потребления фитопланктоном. В межгодовом аспекте изменение концентраций нитратного азота в значительной степени определяется условиями водности и уровнем развития фитопланктона. На рисунке 4 представлены наиболее характерные сезонные изменения концентраций нитратного азота в р. Селенге и протоках дельты. Установлено, что в период открытого русла при низкой водности и высоком развитии фитопланктона концентрации NO_3^- снижаются до минимума.

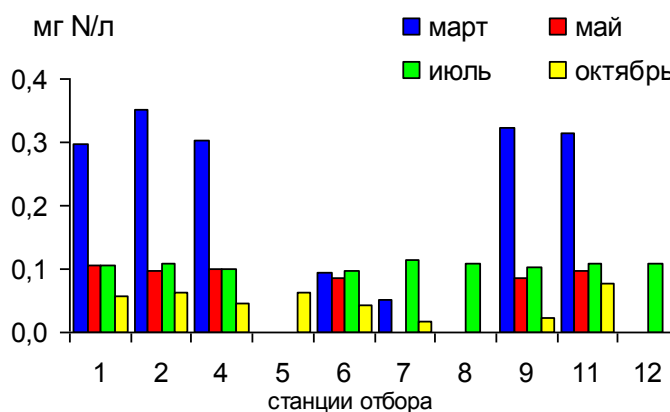


Рис. 4. Сезонная динамика концентраций нитратного азота в воде р. Селенги проток дельты в 2013 г. Номера станций соответствуют рис. 1.

Наиболее сложная ситуация в р. Селенге и протоках наблюдалась в июле 2003 г. в условиях крайне низкой водности [Сороковикова и др., 2009]. В последующие годы низкая водность и массовое развитие фитопланктона наблюдались в 2014-2015 гг., что предопределило снижение концентраций NO_3^- до минимума (рис. 5). Тогда как, в 2013 г. при повышенной водности и слабом развитии фитопланктона (раздел фитопланктон) они были заметно выше.

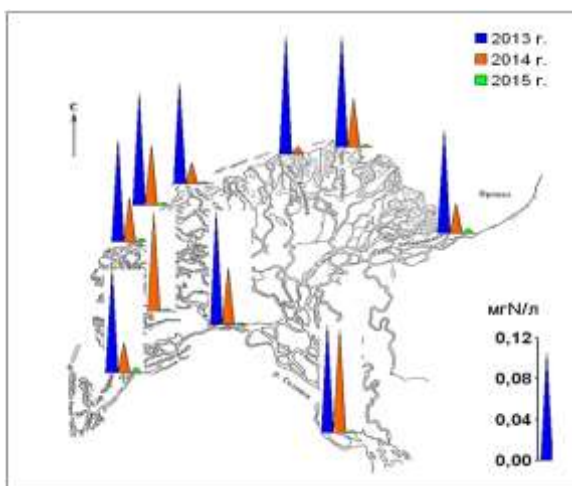


Рис. 5. Межгодовые изменения концентраций нитратного азота в воде р. Селенги и проток ее дельты

Концентрации аммонийного азота в воде р. Селенги и проток в период исследований 2013-2015 гг. изменялись в узких пределах (0,04-0,06 мг N/л) или определялись на уровне чувствительности используемого метода.

Выполненные ранее исследования [Сороковикова и др., 2005, 2008, 2009], а также результаты, полученные в 2013-2015 гг. показали, что по мере поглощения планктоном содержание обеих форм азота нитратного и аммонийного в воде понижалось до минимума. При этом концентрации аммонийного азота снижались быстрее, что обусловлено повышенной скоростью поглощения его при рН воды выше 7,0 [Шокодько и др., 1981]. В р. Селенге и протоках дельты величина рН в период открытого русла в основном колеблется в пределах 7,2-8,5.

Содержание нитритного азота в воде колебалось от 0 до 0,005 мг N/л. повышенные его значения в основном регистрировались в летне-осенний период, когда активизируются процессы деструкции органических веществ.

Внутригодовые, межгодовые и пространственные изменения концентраций минерального фосфора в воде р. Селенги и проток ее дельты представлены на рис. 6. Как видно из рисунка, максимальные его концентрации в воде в основном характерны для зимнего периода. Исключение составляют протоки Колпинная и Средняя, в которых в это время концентрации фосфора существенно ниже, что связано с интенсивным развитием в них водорослей.

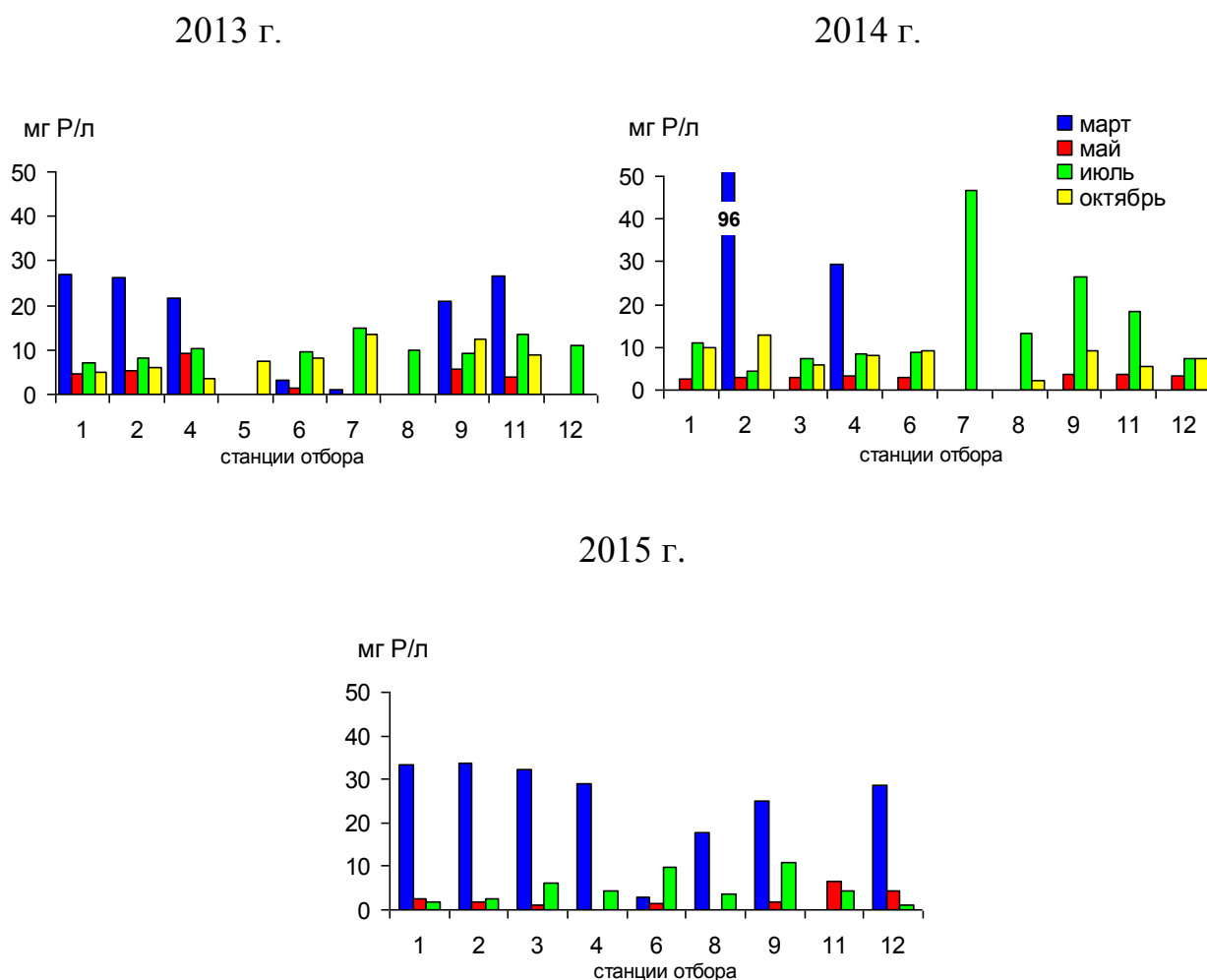


Рис. 6. Сезонная динамика концентраций фосфатного фосфора в воде проток дельты р. Селенги. Номера станций соответствуют рис. 1.

В мае, когда активизируется развитие фитопланктоном, содержание его во всех водных объектах снижается до 1-5 мкг P/л, при этом определенной закономерности в распределении концентраций фосфора по длине проток или

по отдельным протокам не наблюдалось. В июле концентрации фосфора в воде могут увеличиваться или оставаться на уровне майских значений. Анализ полученных результатов показал, что с повышением водности и снижением уровня развития водорослей (раздел фитопланктон), концентрации фосфора в воде возрастают (рис. 6, 2013 г.). Наиболее низкие концентрации минерального фосфора регистрировались при массовом развитии фитопланктона в 2014-2015 гг. Необходимо отметить, что на содержание фосфора в речных водах в летний период оказывает поступление его из фосфорорганических соединений, скорость оборота которых возрастает при повышении температуры воды.

Содержание органического вещества (ОВ) в воде р. Селенги оценивалось по бихроматной (БО) и перманганатной (ПО) окисляемости. Абсолютные концентрации и динамика ОВ в речных водах определяются изменением водности реки и поступлением загрязняющих веществ в составе хозяйственно-бытовых и сельскохозяйственных сточных вод. Анализ многолетних результатов показал, что наименьшая величина БО, характеризующая общее содержание ОВ в р. Селенге и протоках дельты отмечена зимой (2,5 до 8,1 мг О/л), максимальная – во время половодья или летних паводков, когда ее значения составляют 15-24 мг О/л. Наименьшие значения величины ПО также как и БО характерны для зимнего периода (0,8-6,0 мг О/л), максимальные регистрируются при повышении водности и составляют 8-10 мг О/л. В период межени в составе органического вещества преобладали легкогидролизуемые органические соединения, отношение ПО/БО изменялось от 21 до 28. Во время половодья и паводков, когда увеличивается поступление ОВ с водосбора, в его составе преобладают стойкие к окислению соединения, как следствие отношение ПО/БО в воде увеличивается до 36-49.

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).

Содержание железа в 2015 г. (рис. 7) варьировалось в пределах от 0,01 до 0,15 мг/дм³, в целом по всем протокам не превышало значений ПДК, за исключением протоки Средняя, в которой наблюдалось превышение ПДК в мае и октябре - месяце. По данным наблюдений предыдущих исследований [Хажеева, Урбазаева 2004, 2005] в протоках центральной части дельты ранее также отмечалось повышенное содержание железа и марганца в протоке Средняя. Содержание железа в пробах поверхностной воды основных протоков, отобранных в период весеннего половодья выше значений содержаний железа в пробах воды, отобранных в летний период, что объясняется поступлением загрязнения с водосборной площади. Вместе с тем следует отметить повышенные концентрации железа в осенний период, что по-видимому связано с низкой водностью реки в 2015 г.

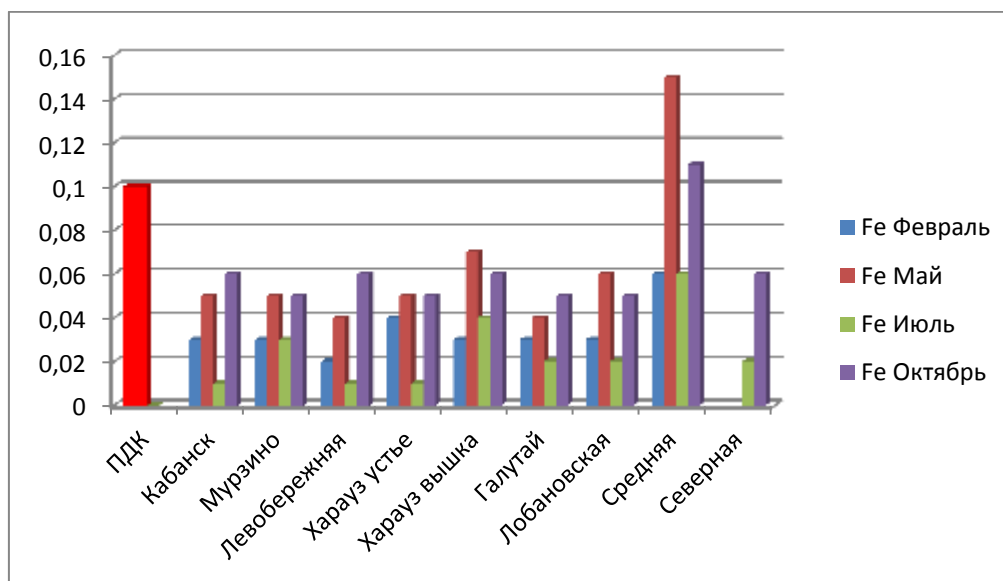


Рис. 7. Содержание железа в поверхностных водах (мг/дм³) в 2015 г.

В зимний период концентрации марганца достигали максимальных значений и превышали значения ПДК почти в 10 раз (рис.8). Это характерно для заболоченной местности и связано с поступлением из донных отложений. Стабильно высокие значения концентрации марганца наблюдались в протоке

Средняя. В летне-осенний периоды содержание марганца постепенно снижалось.

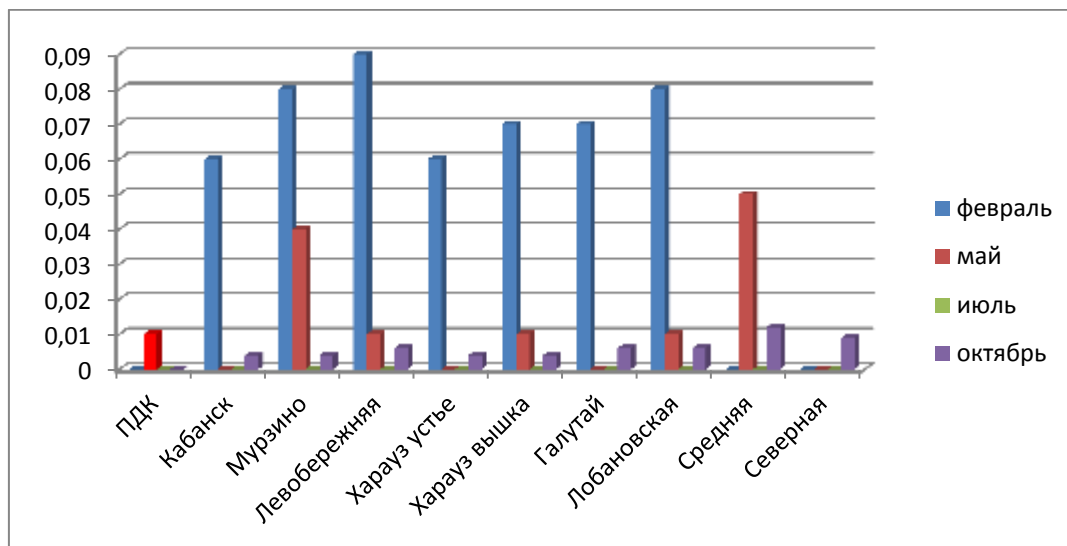


Рис. 8 Содержание марганца в поверхностных водах (мг/дм³) в 2015 г.

В 2015 г. в поверхностных водах дельты р. Селенги, как и в предшествующем 2014 г. отмечались высокие значения содержания цинка практически во все сезоны и превышали значения ПДК в 5 -12 раз (рис.9). Следует отметить аномально высокое содержание цинка в протоке Лобановская в мае-месяце (117 мкг/ дм³), что по-видимому, связано с локальным загрязнением, смывом с прилегающей местности.

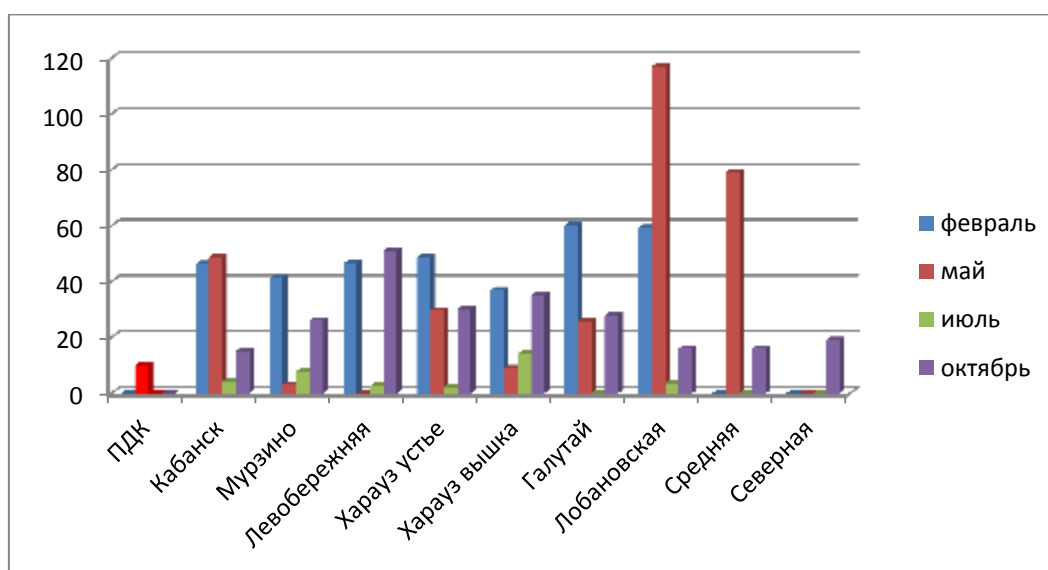


Рис. 9 Содержание цинка в поверхностных водах (мкг/дм³) в 2015 г.

Повышенное содержание меди в поверхностных водах проток дельты Селенги наблюдалось в осенний период и незначительно превысило значения ПДК в 1,3 раза в протоках Средняя и у с. Мурзино (рис.10), в остальные периоды концентрации меди были значительно меньше.

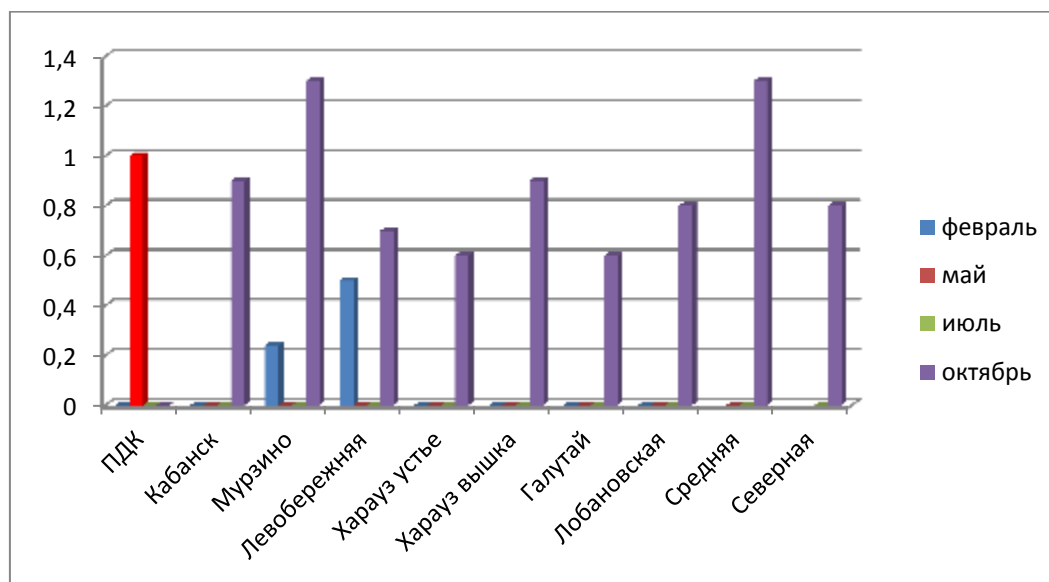


Рис. 10 Содержание меди в поверхностных водах (мкг/дм³) в 2015 г.

Проведенный сравнительный межгодовой анализ изменения содержания железа (рис.11-12) в период открытой воды по основным протокам, показал, что наибольшие значения железа наблюдались в 2013 г., затем в 2014 и 2015 г. постепенно снижались, исключение составила протока Средняя, в которой зафиксировано максимальное значение в мае 2015 г. (рис.11). В целом содержание железа не превышало норм ПДК рыбохозяйственного назначения, максимальные концентрации железа фиксировались во время весеннего половодья.

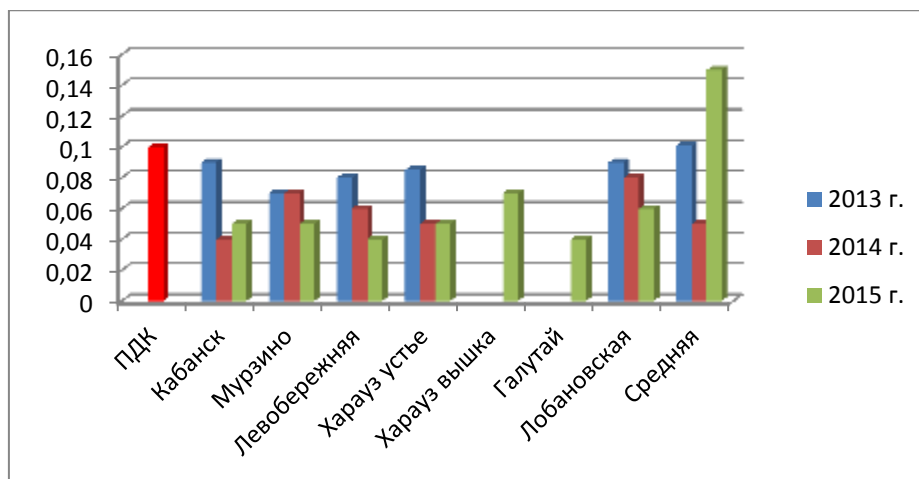


Рис.11 Межгодовая динамика содержания железа в поверхностной воде в мае-месяце 2013-2015 гг.

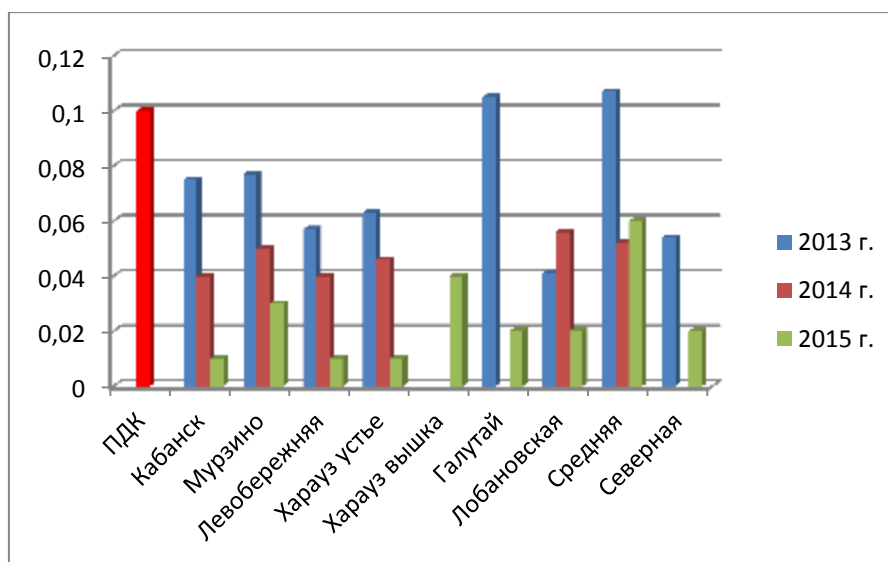


Рис.12 Межгодовая динамика содержания железа в поверхностной воде в июле-месяце 2013-2015 гг.

Изменение содержания марганца в межгодовом аспекте показало, что в 2013 и 2015 гг. наблюдались повышенные концентрации в сравнении с 2014 г. (рис.13), максимальные значения наблюдались в протоках центральной части дельты, превышающие ПДК.

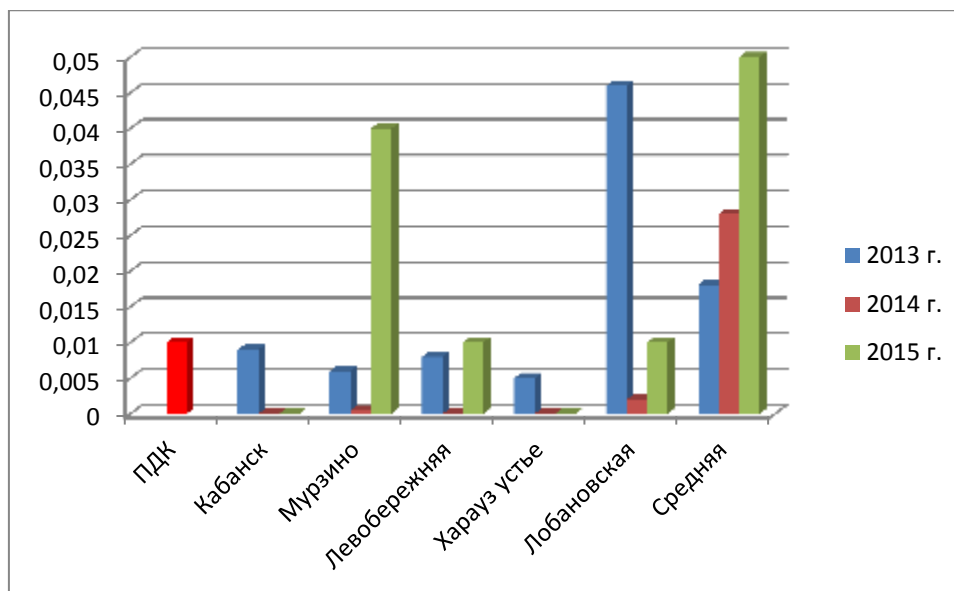
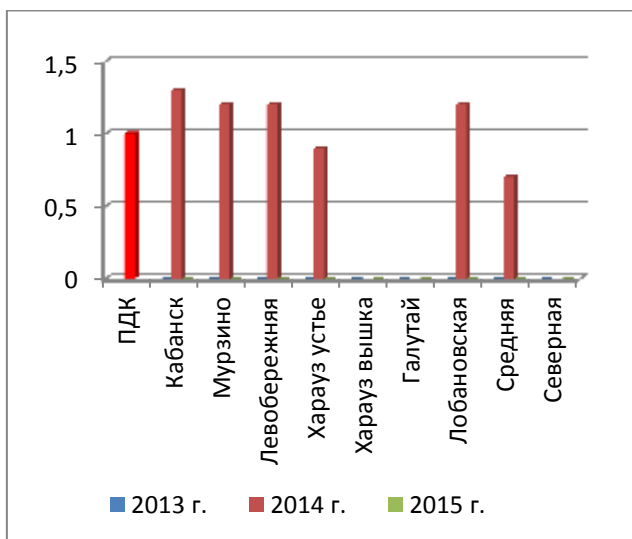
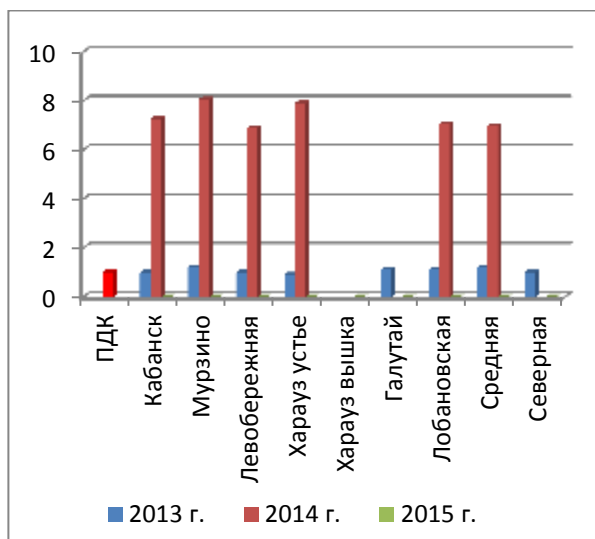


Рис.13 Межгодовая динамика содержания марганца в поверхностной воде в мае-месяце 2013-2015 гг.

Межгодовая динамика содержания меди в период открытого русла 2013-2015 гг. показала, что в 2014 г. фиксировались высокие содержания меди в сравнении с 2013 и 2015 гг., в особенности в июле 2014 г., когда значения ПДК были превышены 7-8 раз (рис.14).



а)



б)

Рис.14 Межгодовая динамика содержания меди в поверхностной воде в мае-месяце (а), в июле-месяце (б) 2013-2015 гг.

Аналогично содержанию меди в 2014 г. также наблюдалось повышенное содержание цинка в 2014 г. в июле-месяце (рис.15), что по видимому связано с пониженной водностью в период открытого русла.

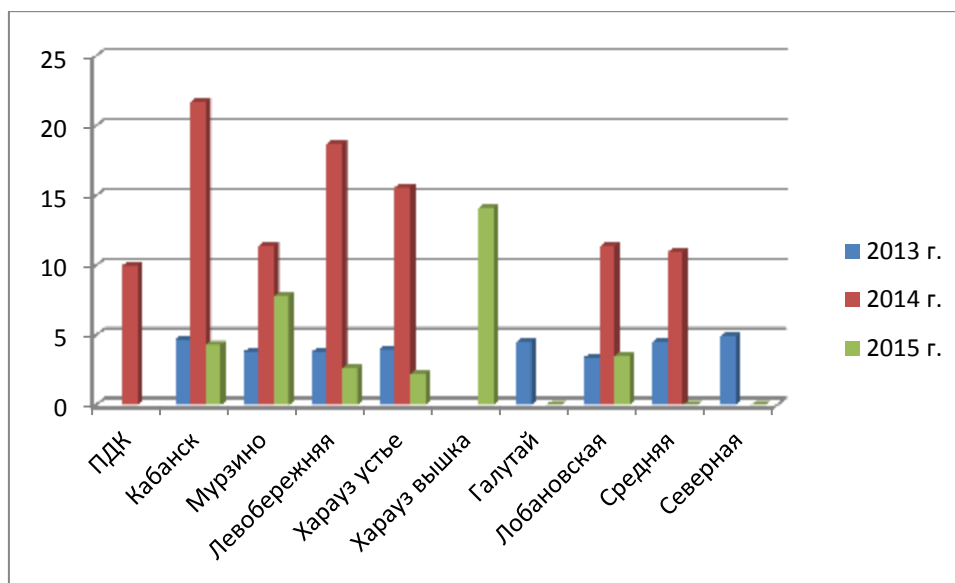


Рис.15 Межгодовая динамика содержания цинка в поверхностной воде в июле-месяце 2013-2015 гг.

Вместе с тем в 2015 году в период весеннего половодья наблюдались высокие концентрации цинка в протоках дельты, в особенности в протоке Лобановская, где превышение ПДК составило 12 раз.

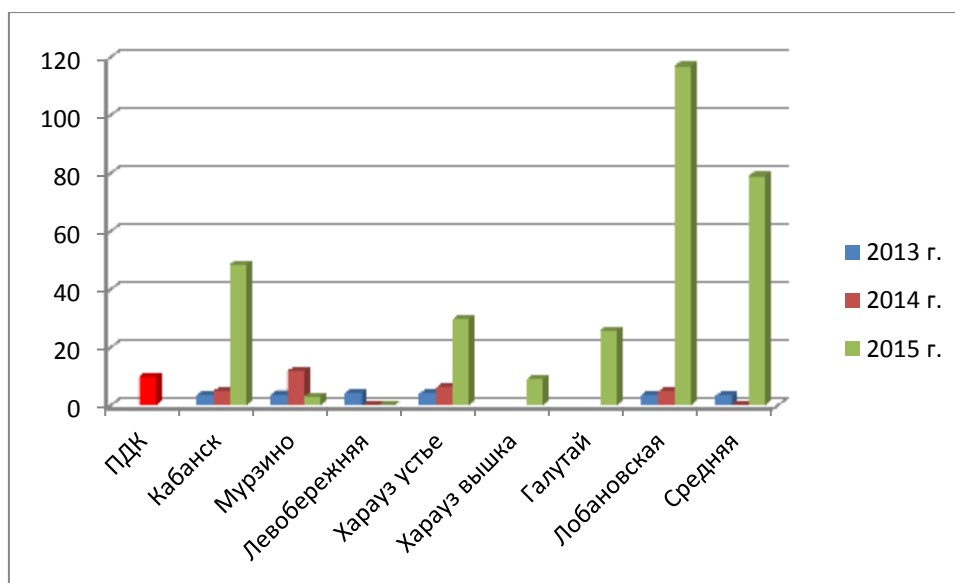
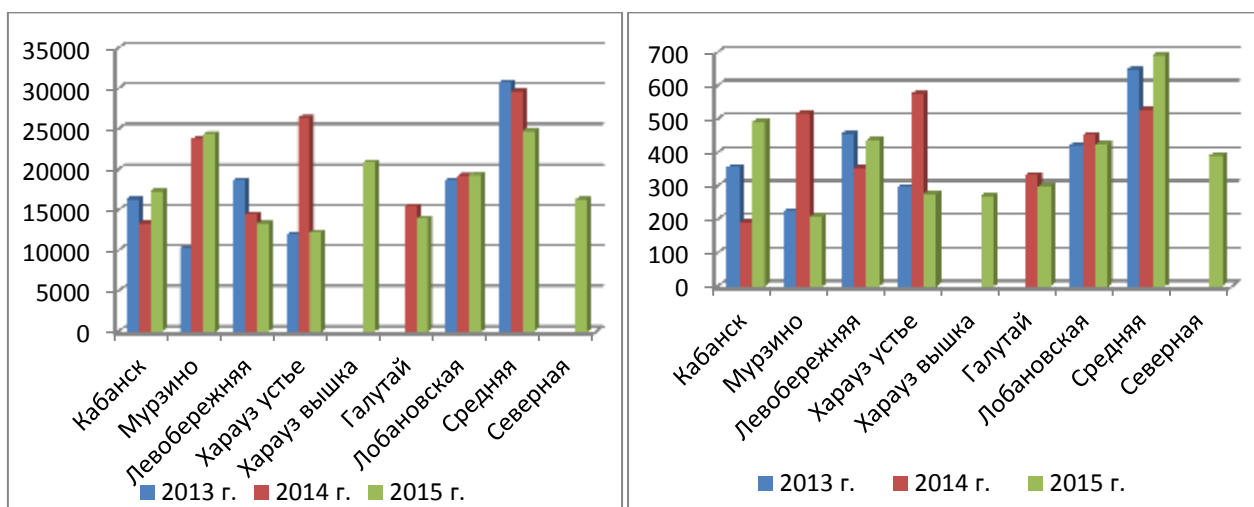


Рис.16 Межгодовая динамика содержания цинка в поверхностной воде в мае-месяце 2013-2015 гг.

Содержание ТМ в донных отложениях. Донные отложения являются одним из наиболее стабильных компонентов водных экосистем. В химическом составе донных отложений достаточно четко фиксируются антропогенные воздействия, приводящие к загрязнению водного объекта (или его участков) и характере происходящих в нем процессов самоочищения за счет гидрофизических, геохимических и биологических процессов.

Сравнительный анализ накопления железа и марганца (рис.17) в донных отложениях 2013-2015 гг. показал в основном относительно стабильное содержание данных элементов по всем протокам дельты р. Селенги, но следует отметить, что в 2014 г. повышенное количество указанных элементов отмечалось в протоках центральной части.



а)

б)

Рис.17 Содержание железа (а), марганца (б) в донных отложениях 2013-2015 гг.(мг/кг).

Повышенные содержания цинка и меди в донных отложениях отмечались в 2014 и 2015 гг. (рис.18-19).

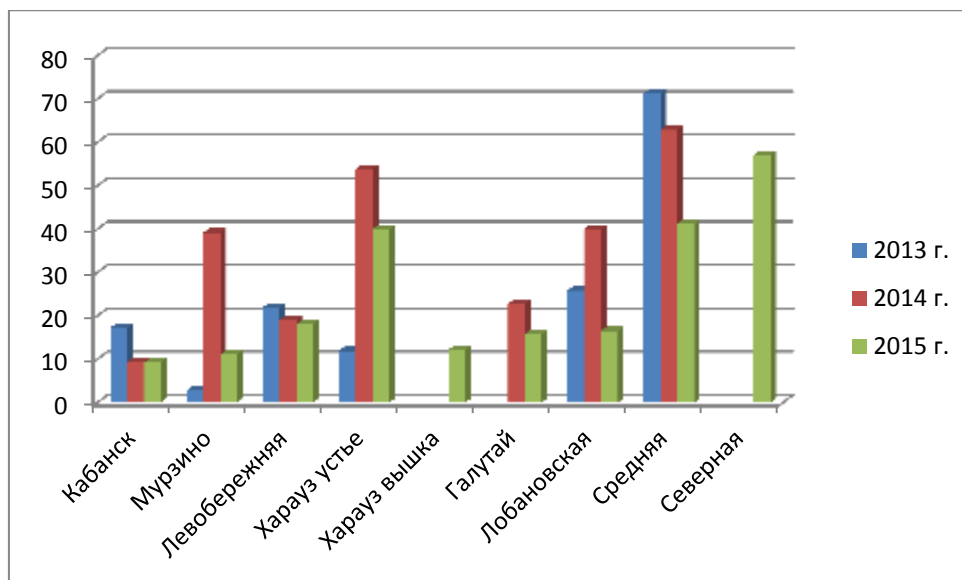


Рис.18 Содержание цинка в донных отложениях 2013-2015 гг,(мг/кг).

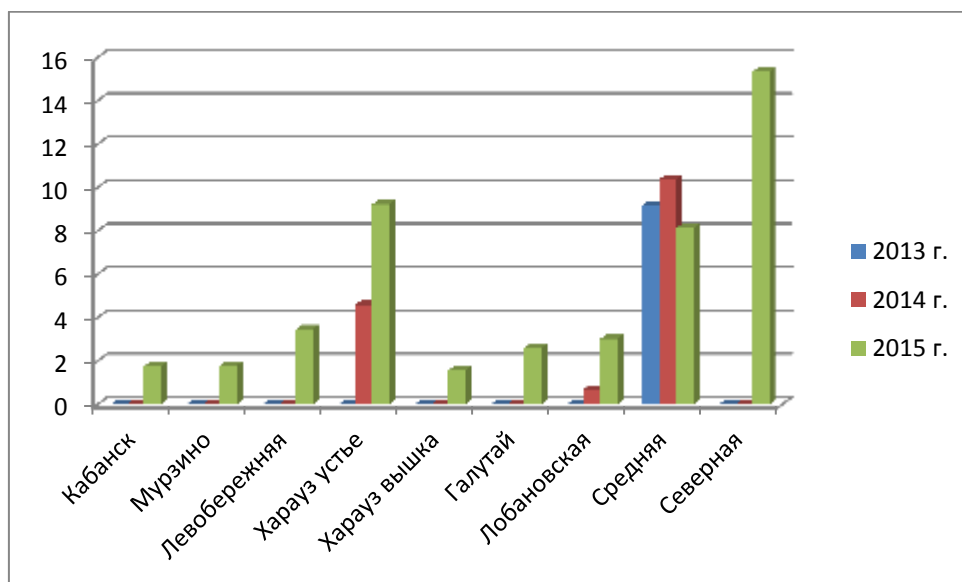


Рис.19 Содержание меди в донных отложениях 2013-2015 гг,(мг/кг).

Как и в предыдущие годы, содержание ТМ в донных отложениях основных проток находится ниже основных фоновых содержаний в донных осадках и кларках почв, не подверженных антропогенному загрязнению.

Таким образом, проведенный мониторинг определения микроэлементного состава поверхностных вод и донных отложений проток дельты р. Селенги показал, что содержание тяжелых металлов в воде, в основном определяется условиями водности реки, донные отложения не подвержены антропогенному загрязнению.

Бактериопланктон. Бактериопланктон является основным деструктором различных загрязнений, поступающих извне или продуцирующихся биоценозом реки, а также показателем качества речных вод. Исследования р. Селенги свидетельствуют, что по санитарно-микробиологическим показателям река является достаточно неблагополучной [Сороковикова и др., 1995; Коваadlo, Дрюккер, 2010], включая приграничный с Монголией участок [Сороковикова и др., 2013]. Выполненные в 2013-2014 гг. микробиологические исследования показали, что санитарно-бактериологическое состояние р. Селенги и проток ее дельты остается достаточно сложным.

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 2013-2014 гг.) ОМЧ в р. Селенге и протоках дельты варьировало в широких пределах (табл. 4, 5). 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, 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. 4, 5).

ОКБ (общие колиформные бактерии) – граммотрицательные палочки, 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 4. Микробиологическая и санитарно-бактериологическая характеристика вод р. Селенги и проток ее дельты, май 2013-2014 гг.

Место отбора проб	ОКБ (КОЕ/100 мл)	ТКБ (КОЕ/100 мл)	Энтерококки (КОЕ/100 мл)	ОМЧ на 37°С (КОЕ/1 мл)	ОМЧ на 22°С (КОЕ/1 мл)	K _c
Селенга (пос. Кабанск)	34-130	34-40	6-10	66	340-1456	22,1
Селенга (пос. Мурзино)	68-140	8-40	2-16	54	155-1528	28,3
Прот. Левобережная	134-90	12-56	0-6	43	136-1712	39,8
Прот. Харауз	30-134	10-12	0-6	43	458-1712	39,8
Прот. Средняя	30-160	4-30	24-58	47	490-1990	42,3
Прот. Лобановская	30-34	2-10	0-14	17	196-624	36,7

Численность колиформных микроорганизмов в селенгинской воде в мае существенно изменялась как по отдельным протокам, так и по сезонам и годам

(табл. 4, 5). Среднее значение ОКБ в мае составило 112,2 ($\pm 57,7$) КОЕ/100 мл, в июле в тех же точках отбора проб – 98,7 ($\pm 93,4$) КОЕ/100 мл. Среднее значение ОКБ во всех точках отбора проб в июле составило 202,9 ($\pm 356,6$) КОЕ/100 мл (табл. 4, 5). 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 5. Микробиологическая и санитарно-бактериологическая характеристика вод р. Селенги, ее притоков и проток ее дельты, июль 2013-2014 гг.

Место отбора проб	ОКБ (КОЕ/100мл)	ТКБ (КОЕ/100мл)	Энтерококк и (КОЕ/100мл)	ОМЧ на 37°C (КОЕ/мл)	ОМЧ на 22°C (КОЕ/мл)	K _c
Селенга (пос. Кабанск)	100-368	4-40	64-78	812	1026-1648	1, 3
Селенга (пос. Мурзино)	68-389	0-70	16-56	226	778-976	4, 3
прот. Левобережная	100-247	24-40	108-120	644	1260-2820	2, 0
прот. Харауз	104-184	4-50	32-118	440	502-644	1, 1
прот. Колпинная	28-72	0-10	96-146	348	586-2608	7, 5

прот. Средняя	68-70	0-15	80-246	334	634- 1290	3 7
прот. Северная	130-296	20-20	108-124	748	780- 1278	1, 7
прот. Лобановская	110-168	12-50	60-72	370	894-960	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 0 до 58 КОЕ/100мл, в июле – от 16 до 246 КОЕ/100мл (табл. 4, 5). 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 246 КОЕ/100мл), оно было выше нормативных показателей (50 КОЕ/100мл), при которых возникает опасность эпидемического заражения. Согласно требованиям СанПиНа энтерококки не должны обнаруживаться в водах рекреационного назначения [СанПиН 2.1.4.1074-01; 2.1.4.1116-02].

Фитопланктон. Исследования фитопланктона в 2013-2014 гг. проводились в нижнем течении р. Селенги и протоках ее дельты в мае и июле. Наблюдения в 2013 г. проводились в условиях паводка, тогда как 2014 г. характеризовался низким уровнем воды, как следствие, это наложило отпечаток на видовую структуру и уровень развития фитопланктона.

В 2013 г. численность фитопланктона в мае составляла 2,8 млн кл./л, биомасса 2300 мг/м³, с максимумом в протоке Средняя (рис. 20). В других протоках численность была ниже и изменялась от 0,4 млн. кл./л до 1,5 млн.

кл./л, биомасса от 400 мг/м³ до 1400 мг/м³. Следует отметить, что в мае 2013 г. отличие от большинства других лет лидирующее положение из диатомовых принадлежало не центрическим мелкоклеточным диатомовым, а *Nitzschia graciliformis* из пеннатных. К субдоминантам из диатомовых относились *Melosira varians*, *Meridion cyrculare* и виды *Synedra*.

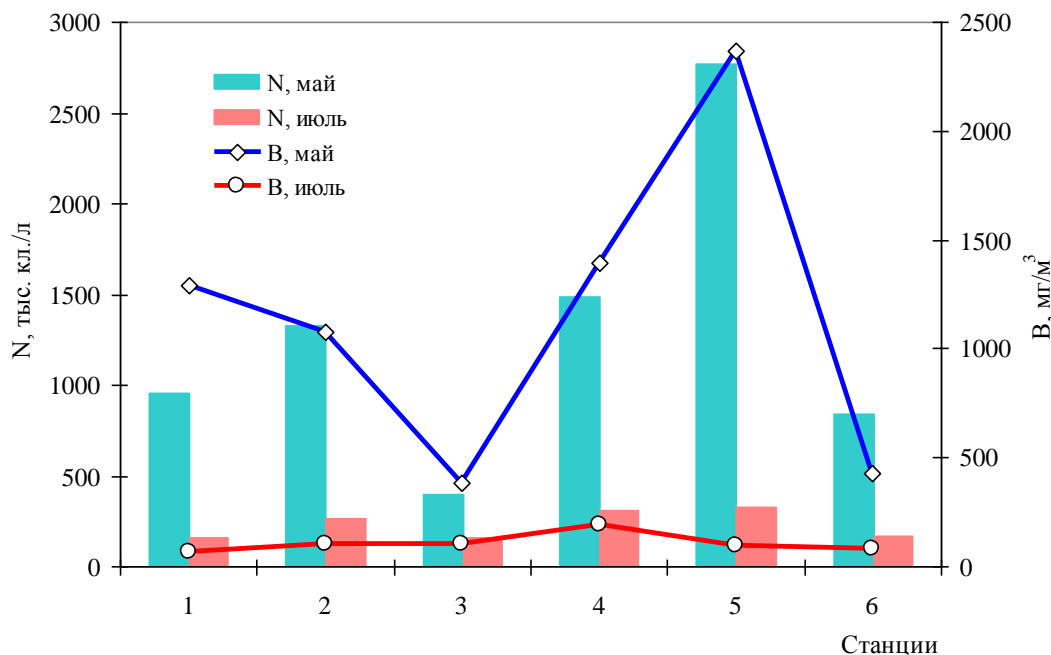


Рис. 20. Распределение численности (N) и биомассы (B) фитопланктона в р. Селенге и протоках ее дельты в 2013 г. 1 – пос. Кабанск; 2 – пос. Мурзино; 3 – устье прот. Левобережная; 4 – устье прот. Харауз; 5 – устье прот. Средняя; 6 – устье прот. Лобановская

Второе место принадлежало зеленым водорослям, которые в одних протоках уступали, в других превышали общее количество диатомовых. Наиболее активно из зеленых развивались виды *Monoraphidium* и *Scenedesmus*.

В июле 2013 г. наблюдался паводок, прозрачность воды не превышала 5-10 см, регистрировалось большое количество взвешенных минеральных частиц. Как и в мае, лидирующее положение принадлежало двум группам водорослей: зеленым и диатомовым. Состав доминирующих видов, как диатомовых, так и зеленых водорослей, был во многом идентичен майскому планктону, но ни

один вид не достигал массового развития. Численность фитопланктона различных участках дельты в июле изменялась от 0,1 млн до 0,3 млн кл./л, биомасса от 70 до 200 мг/м³ (рис. 20).

В мае 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/м³. К доминирующим видам из диатомовых в Селенге относились *Nitzschia graciliformis*, *Melosira 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 *Monographidium* и *Scenedesmus*. Примечательной особенностью майского планктона 2014 г. было интенсивное развитие криптофитовых водорослей – *Cryptomonas ovata*. Эти водоросли, имея крупные размеры при небольшой численности (5,5 тыс. кл./л) давали высокую биомассу – 1,7 г/м³. Сходная картина наблюдалась и в дельтовых протоках. Так, в протоке Средней, где отмечалось «цветение» криптофитовых, также обусловленное *C. ovata*, его биомасса достигала 3 г/м³. 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/м³. Субдоминантами из зеленых являлись *Scenedesmus quadricauda*, *Actinastrum hantzschii*, виды *Monographidium*. 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. makarova* 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/м³.

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/м³.

Июльский планктон 2014 г. по уровню развития был значительно выше такового 2013 г., 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. Максимальная численность и биомасса фитопланктона отмечалась в протоке Харауз и составляли соответственно 4,7 млн кл/л и 3,5 г/м³. 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. 21). 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 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.

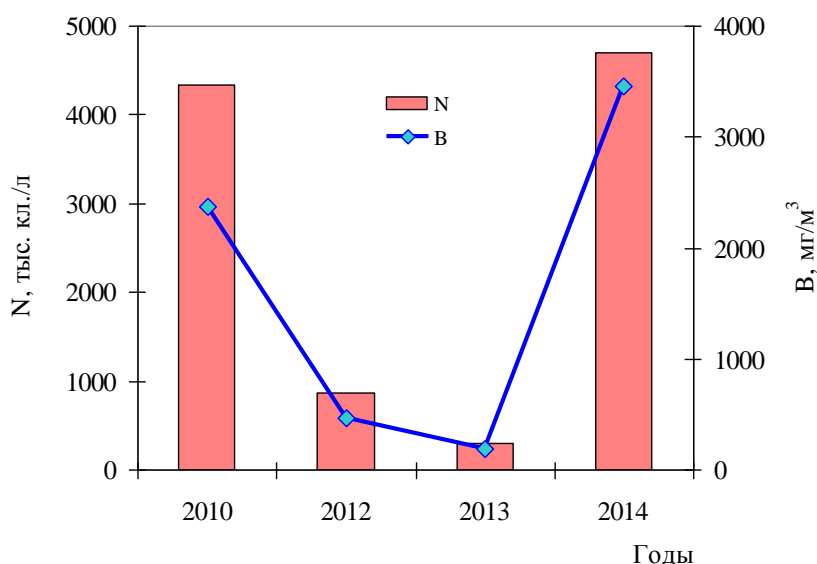


Рис. 21. Изменение численности (N) и биомассы (B) фитопланктона в протоке Харауз в годы различной водности

В период исследования воды р. Селенги и проток дельты в основном соответствовали III классу чистоты и характеризовались как умеренно-загрязненные, хотя индекс сапробности может быть несколько выше, в большинстве проток превышал величину 2, приближаясь к IV классу загрязненных вод.

Качество воды в р. Селенге и ее дельтовых проток

Анализ полученных результатов показал (табл. 6), что качество вод р. Селенги и проток дельты по химическим показателям в основном соответствует

2-4 классам – чистые или загрязненные. В мелких протоках регистрируется высокое содержание аммонийного азота и низкая концентрация кислорода, что приводит к снижению качества воды - до грязной 5 класса. По изменению численности и биомассы фитопланктона в основном относится к III классу чистоты, умеренно-загрязненные воды. Особое внимание необходимо обратить на низкое качество воды по санитарно-микробиологическим показателям. В течение всего года в воде регистрируются в большом количестве колиформные бактерии и массовое развитие бактерий рода *Enterococcus*, что предопределяет эпидемическую опасность для населения.

Таблица 6. Экологическая характеристика и качество вод р. Селенги и проток ее дельты, 2013-2015 гг.

Показатели	Устье прот. Харауз		Устье прот. Колпинная		класс качества воды*	
	зима	лето	зима	лето	Харауз	Колпинная
NH_4^+ , мг N/л	0,02-0,04	0,04-0,15	0,61-1,51	0,12-0,27	чистая	чистая – грязная
NO_3^- , мг N/л	0,50-0,80	0,01-0,25	0,10-0,14	0,05-0,15	чистая-загрязненная	чистая
PO_4^{3-} , мкгP/л	12-42	1-29	3-19	3-30	чистая	чистая
$P_{\text{общ}}$	30-52	77-112	56-71	30-87	слабо загрязненная	слабо загрязненная
O_2 , % насыщ.	53-67	90-101	4-8	77-109	чистая	чистая-предельно грязная
БПК_5 , мг O_2 /л	1,0-1,8	1,5-2,7	2,4-2,8	1,2-2,5	загрязненная	загрязненная

Биомасса фитопланкто на, мг/л	0,2-0,8	1,0-5,0 (макс. 37)	14,0-16,0 (макс.32, 0)	1,0-5,0	чистая- грязная	чистая- грязная
-------------------------------------	---------	--------------------------	------------------------------	---------	--------------------	--------------------

* - Оксийук и др., 1993

Выводы

1. Период исследований (2013-2015 гг.) характеризуется низкой водностью р. Селенги. Снижение водности реки привело к изменению стока по протокам дельты.
2. Минерализация воды р. Селенги и проток дельты определяется изменением водности, относительный состав главных ионов остается стабильным.
3. Концентрации биогенных элементов в протоках дельты изменяются в широких пределах и определяются сезонной и межгодовой динамикой водного стока и уровнем развития фитопланктона. По содержанию минеральных форм азота и фосфора воды в протоках в основном соответствуют 2-3 классу качества.
4. Микроэлементный состав поверхностных вод определяется изменением водности реки, максимальные концентрации железа и марганца наблюдается в зимний период и во время весеннего половодья. Повышенные содержания меди и цинка фиксируются в условиях пониженной водности.
5. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях относительно стабильное и находится ниже основных фоновых содержаний в донных осадках и кларках почв, не подверженных антропогенному загрязнению.
6. Уровень развития фитопланктона в реке и протоках в основном характерен для мезотрофных водоемов, при этом в условиях повышенной водности он может соответствовать олиготрофным, 2-3 классу качества. При низкой

водности и высоком содержании фитопланктона качество воды снижается до грязной – 5 класса качества.

7. По санитарно-бактериологическим показателям вода в протоках не соответствует нормам нецентрализованного водоснабжения и использованию в целях рекреации.

Использованные источники

1. Айнбунд М.М., Давтян Н.А., Судольский А.С, Фиалков В.А. Исследование динамики устьев рек и придельтовых частей водоемов на примере р. Селенги и оз. Байкал//Труды IV всесоюз. гидрол. съезда. Т.5. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975, с.356-365.

2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. 2-е изд. - М.: МГУ, 1970. - 488с.

3. Байкал. Атлас. М.: Роскартография, 1993. 159 с.

4. 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.

5. Вода. Санитарные правила, нормы и методы безопасного водопользования населения, М.: ИнтерСЭН, 2004. 754 с.

6. EN ISO 7899-2: 2000. Detection and enumeration of intestinal enterococci. Part 2: Membran filtration method.

7. 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.

8. Кожова О.М., Мельник Н.Г. Инструкция по обработке проб планктона счетным методом. Иркутск «Изд-во Иркутского Госуниверситета», 1978. 51 с.

9. Коротный Л.М., Ильичева Е.А., Павлов М.В., Амосова И.Ю. Гидролого-морфологический подход к районированию дельты р. Селенги // География и природные ресурсы. – 2012. - № 3, с. 47-54.
10. Кузьмин В.Г. Фитопланктон // Методика изучения биоценозов внутренних водоемов. М. «Наука», 1975. С. 73-87.
11. Макарова И.В., Пичкилы Л.О. К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона. Ботан. журн. 1970. Т. 55, № 10. С. 1488-1494.
12. Максимова М.П., Елецкий Б.Д., Метревели М.П. Круговорот органического вещества и биогенных элементов в водоемах и водотоках дельты Волги // V Всесоюз. Лимнологическое совещ. «Круговорот вещества и энергии в водоемах». Иркутск. 1981. Ч. 5. С.93-95.
13. 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.
14. Романенко В.И., Кузнецов С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов // М.: Наука, Ленингр. 1974. С. 181-188.
15. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. 2009 Ростов-на-Дону. «НОК» 1044 с.
16. Ресурсы поверхностных вод СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1973. Т 16. Вып.3. 400 с.
17. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод // М.: Минздрав России. 2000.
.Синюкович В.Н., Жарикова Н.Г., Жариков В.Д. Сток реки Селенги в ее дельте // География и природ. ресурсы. 2004. № 3. С.64– 69.
18. Синюкович В.Н., Жарикова Н.Г., Жариков В.Д. Сток р. Селенги в ее дельте. – География и природные ресурсы, 2004, № 3, с. 64-69.
19. Синюкович В.Н. Гидрологические факторы самоочищения р. Селенги в нижнем течении //Водное хозяйство России. – 2008. № 4. С. 24-36.

20. 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.
21. 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.
22. 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. 88-101.
23. 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.
24. 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.
25. Урбазаева С.Д. Основные формы миграции и распределение тяжелых металлов в воде, на взвесах 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.
26. Хажеева З.И., Урбазаева С.Д., Бодоев Н.В., Раднаева Л.Д., Калинин Ю.О. Тяжелые металлы в воде и донных отложениях дельты р.Селенги // Водные ресурсы, 2004. №1. с.69-72
27. Хажеева З.И., Урбазаева С.Д., Тулохонов А.К., Плюснин А.М., Сороковикова Л.М., Синюкович В.Н. Тяжелые металлы в воде и донных отложениях проток дельты р. Селенги // Геохимия, 2005. №1, с.105-111

28. Шимараев М.Н., Старыгина Л.Н. Зональная циркуляция атмосферы, климат и гидрологические процессы на Байкале (1968-2007 гг.) // География и природные ресурсы, 2010, № 3. С. 62-68.

29. Шокодько Т.И., Ляшенко А.Н. Ассимиляция высшими водными растениями ^{15}N аммонийных и нитратных ионов при изменении рН среды // V Всесоюз. Лимнологическое совещ. «Круговорот вещества и энергии в водоемах». Иркутск, 1981. Ч. 1. С.142.

30. Wetzel R. G., Likens G. E. Limnological Analyses. N.Y.: Springer-Verlag, 1991. 391 p.