



Final report

Tender: RFQ_EMO_2012-011

“Database for modeling and simulation of pollutants transport in the Baikal Basin”

Executor: Faculty of Geography of Moscow State University

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М.В.ЛОМОНОСОВА
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

«Утверждаю»

*Заместитель Декана по научной работе
географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова*



С.А. Добролюбов

Отчет по проекту
(ЕМО/2012/011 (IWC-78317) Model)
“ БАЗА ДАННЫХ КАЛИБРОВКИ И ВЕРИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ ПЕРЕНОСА
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В РЕЧНЫХ СИСТЕМАХ ”
(ПРОЕКТ ПРООН/ГЭФ «Комплексное управление природными ресурсами
трансграничной экосистемы бассейна Байкала»)

МОСКВА 2012

СПИСОК ОСНОВНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

по проекту ЕМО/2012/011 (IWC-78317) Model на выполнение поисковых научно-исследовательских работ

Организация-Исполнитель: Государственное учебно-научное учреждение
Географический факультет Московского государственного университета имени М.В.
Ломоносова

Руководитель темы:

доктор географических наук, академик РАН _____ Касимов Н. С.
подпись, дата

Отв. исполнитель темы

кандидат географических наук, без ученого звания _____ Чалов С.Р.
подпись, дата

доктор географических наук, профессор _____ Алексеевский Н.И.
подпись, дата

доктор географических наук, профессор _____ Чалов Р.С.
подпись, дата

кандидат географических наук, без ученого звания _____ Завадский А.С.
подпись, дата

без ученой степени, без ученого звания _____ Белозерова Е.В.
подпись, дата

без ученой степени, без ученого звания _____ Николаев И.В.
подпись, дата

проф. д.г.н. _____ Гармаев Е.Ж.
подпись, дата

к.г.н. _____ Бешенцев А.Н.
подпись, дата



Содержание

Введение	4-6
Глава 1. Разработка комплексной ГИС+БД «Состояние речной системы бассейна р. Селенга» на базе оболочки ARCGIS	7-23
Заключение.....	24-26

Введение

Экологическое состояние бассейна Селенги в последние годы находится в фокусе ряда научных исследований, проводимых учеными и специалистами России, Монголии, Германии, Швеции и других стран. Тем не менее, целый ряд вопросов, касающихся гидрологического, эколого-геохимического и экотоксикологического состояния водных объектов данного бассейна, остается недостаточно изученным. В первую очередь это относится к монгольской части бассейна, слабо обеспеченной как гидрологической информацией, так и данными о загрязнении водных объектов, что, в сочетании с бурным развитием горнодобывающей промышленности на ее территории, придает решаемой проблеме особую актуальность. С другой стороны, развитие водного хозяйства, современные эколого-экономические взаимоотношения двух стран делают актуальным внедрение перспективных инструментов совместного использования и охраны водного хозяйства России и Монголии. К ним относится оптимизация сети мониторинга, эколого-экономические методы оптимизации водопользования трансграничных рек, разработка численной системы оперативного контроля перемещения загрязнителей по речной сети при природных и техногенных катастрофах в бассейне.

Одним из планируемых в рамках проекта ПРООН внедрений является разработка системы предупреждения на платформе Байкальского Информационного Центра. На базовом уровне возможности такой работы для бассейна р. Селенга предложены в работе (Христофоров, Гармаев, 2006). Однако простая аналитическая база предложенного подхода (уравнение смешения водных масс) делает невозможным использование такой схемы для учета эрозионно-аккумулятивных процессов перемещения речных наносов, процессов консервации примесей. Учитывая, например, факт, что 90 % тяжелых металлов переносится в составе взвеси, требуется более сложно гидродинамическая основа разработки такой системы. В этой связи цель настоящего проекта было:

Разработать базу данных для калибровки модели переноса загрязнителей в бассейне оз. Байкал, которая в дальнейшем будет использована в системе предупреждения Байкальского Информационного Центра.

Среди промежуточных задач были выделены следующие:

1. Аналитический обзор по теме «Методы и модели для расчета изменений концентрации загрязняющих веществ в речных системах». (выполнен в рамках Предварительного отчета)

2. Сбор исходных данных для запуска модели (проведение полевых данных на реках бассейна Селенга в пределах Монголии и России), в том числе проведение промерных батиметрических работ (Выполнен в рамках данного отчета).

3. Создание на базе ArcGIS цифровой модели рельефа (ЦМР) по долинам рек Селенга, Орхон, Тула, Хара, Эроо, Уда, Джиды (Выполнен в рамках данного отчета).

4. Создание базы данных для калибровки и верификации выбранного программного обеспечения: одновременные сведения об измеренных значениях мутности воды и расхода взвешенных наносов, расходов влекомых наносов, распределения мутности воды, гранулометрическом составе взвешенных и влекомых наносов, а также химическом составе анализ проб воды, взвешенных наносов и донных отложений. В базу данных вошли содержания элементов в растворенной и взвешенной форме, а также донных отложениях (Li, Be, B, Na, Mg, Al, Si, Робщ., S, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, Hg, In, Sn, Sb, Te, I, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Iu, Pt, Au, Tl, Pb, Bi, Th, U), полученных по результатам экспедиции географического факультета МГУ 2011-2012 гг..

В качестве исполнителей НИР выступили следующие организации:

1. Государственное учебно-научное учреждение Географический факультет Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, г. Москва

2. Байкальский Институт Природопользования СО РАН.

В настоящем отчете представлен комплект карт и краткой пояснительной запиской. Отдельно подготовлен электронный носитель с ГИС-Базой данных.

Глава 1. Разработка комплексной ГИС+БД «Состояние речной системы бассейна р. Селенга» на базе оболочки ARCGIS

Для разработки базы данных для калибровки модели переноса загрязнителей в бассейне оз. Байкал была создана ГИС «Бассейн р.Селенги», состоящая из семи блоков. Она создана на основе программного комплекса ARCGIS Desktop. Генерализация объектов соответствует карте масштаба 1:500000 и 1:100 000. Информация в базе данных привязана к трем типам пространственных объектов (слои базы данных): 1) гидрологические посты; 2) участки русел; 3) площадные объекты (районирование (рис. 1). Таким образом, база данных состоит из точечного (гидрологические посты), линейного (реки) и площадных слоев. Информация заложена в табличные формы <*.dxf> и выложена в проекте <*.mxd> в виде файлов <*.shp>. Приведенные в настоящем отчете блоки ГИС отражены на рис. 2.

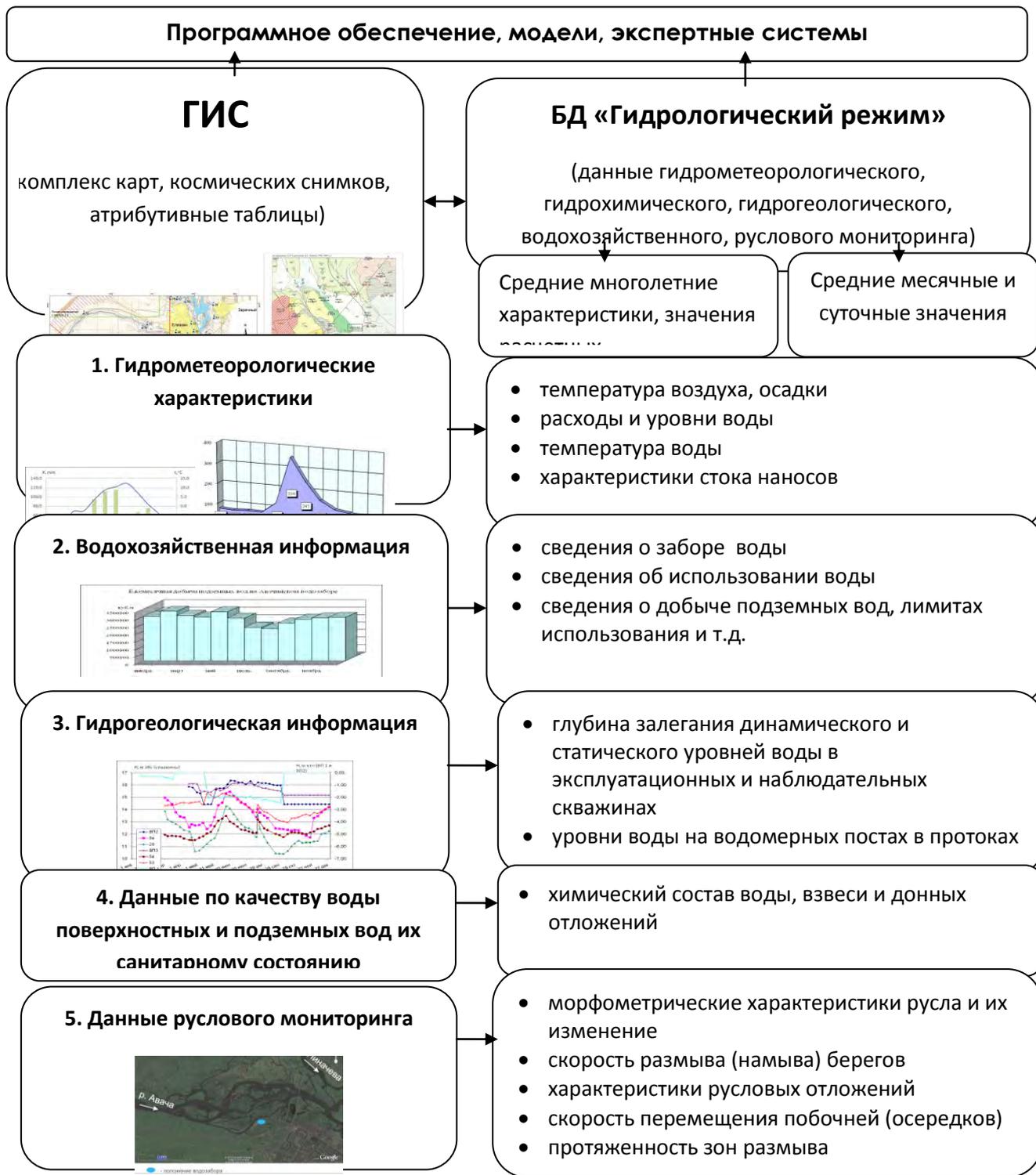


Рис. 1. Структура геоинформационной базы данных р. Селенга

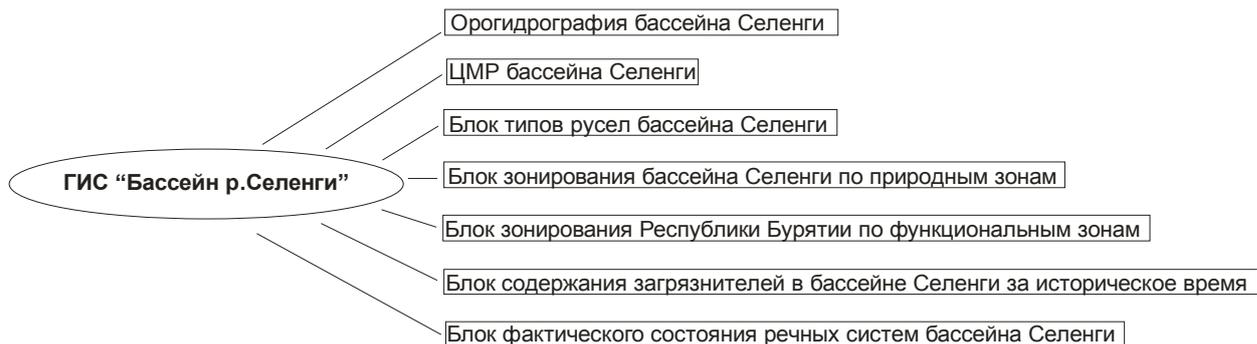


Рис.2. Схема карт ГИС+БД «Бассейн р. Селенги», приведенных в настоящем отчете

На основе ГИС были построены следующие карты:

Карта ЦМР бассейна Селенги. Цифровая модель рельефа (ЦМР) была построена на основе SRTM-3 (рис.3).

Карта типов русел основных рек бассейна Селенги. Для определения типов русел использована морфодинамическая классификация МГУ. Для крупнейших рек бассейна Селенги (Уда, Хилок, Чикой, Джида, Орхон, Туул, Селенга) были выделены типы руслового процесса, геоморфологические условия формирования и морфодинамические типы русел. Тип руслового процесса представлен 5 разрядами: 1 – горный порожисто-водопадный; 2 – горный с неразвитыми аллювиальными формами; 3 - горный с развитыми аллювиальными формами; 4 –полугорный; 5 – равнинный. Условия развития русловых деформаций в базе данных сведены к 4-м типам: с - свободные, о – ограниченные, а – промежуточные, ч – чередование разных типов. Выделены 11 морфодинамических типов русла: 1 – относительно прямолинейное неразветвленное; 2 – излучины вынужденные; 3- излучины сегментные крутые и омеговидные; 4 – излучины синусоидальные .заваленные, пальцеобразные; 5- излучины сегментные пологие и развитые; 6 – разветвленно-извилистое русло (острова у выпуклых берегов) и прорванные излучины; 7 – одиночные и односторонние разветвления; 8 – сопряженные и разбросанные разветвления; 9 – пойменно-русловые и параллельно-рукавные разветвления; 10 – врезанные излучины, 11 – скульптурные разветвления

Карта физико-географических районов бассейна Селенги. Зонирование бассейна заключалось в подразделении территории на участки земной поверхности, обладающие внутренним единством и сходными физико-географическими условиями. Таким образом,

была выполнена классификации территории по основным природным признакам – рельефу и растительности и выполнено её физико-географическое районирование (рис. 4).

Карты фактического состояния речных систем бассейна Селенги. Блок фактического состояния речных систем бассейна Селенги основан на данных измерений, осуществленных экспедицией МГУ в 2011 году (Li, Be, B, Na, Mg, Al, Si, Робщ., S, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, Hg, In, Sn, Sb, Te, I, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Iu, Pt, Au, Tl, Pb, Bi, Th, U). В отчет вошли карты содержания Fe, Cu, As, Mo в донных отложениях, взвеси и воде (рис.6-20). На их основе сделаны выводы, что в период летних паводков сток взвешенных наносов Селенги и ее притоков формируется за счет эрозии на водосборах и в руслах рек, а также горных работ и поступления сточных вод с селитебных территорий. Получены важные данные о распределении крупности взвешенных наносов в бассейне, причем максимальные значения среднего диаметра наносов определены для рек слабо освоенных территорий (более 0,1 мм). Проведен анализ геохимических особенностей накопления загрязнителей в донных отложениях, взвеси и воде и их сравнение с фоновыми значениями (табл. 1). Во взвеси Селенги наблюдаются повышенные содержания Cd (Кс = 1,9-7,7), Mo (Кс = 1,8-3,8) и Mn (Кс = 1,6-2,4). В донных отложениях верхней части Селенги приоритетными загрязнителями являются Cu, Ni, Cd, в средней части ниже впадения Чикоя к ним добавляется Co, Zn, Mo, W, As. Ниже г.Улан-Удэ до входа в дельту наблюдается слабое накопление только As и W.

Табл. 1. Нормативы фоновых концентраций некоторых химических элементов

Нормативы концентрации вошедших в отчет элементов	Fe	Cu	As	Mo
КЛАРК по Виноградову, 1962, г/т=мг/кг	46500	47	1,7	1,1
содержание в среднем во взвеси рек мира по Савенко, мкг/г	5,03	45	14	1,8
ПДК рыб-хоз, мкг/л	100	1	50	1

Карты содержания загрязнителей в бассейне за историческое время. Карты построены на основе данных, полученных при обзоре литературы (рис.21-2).

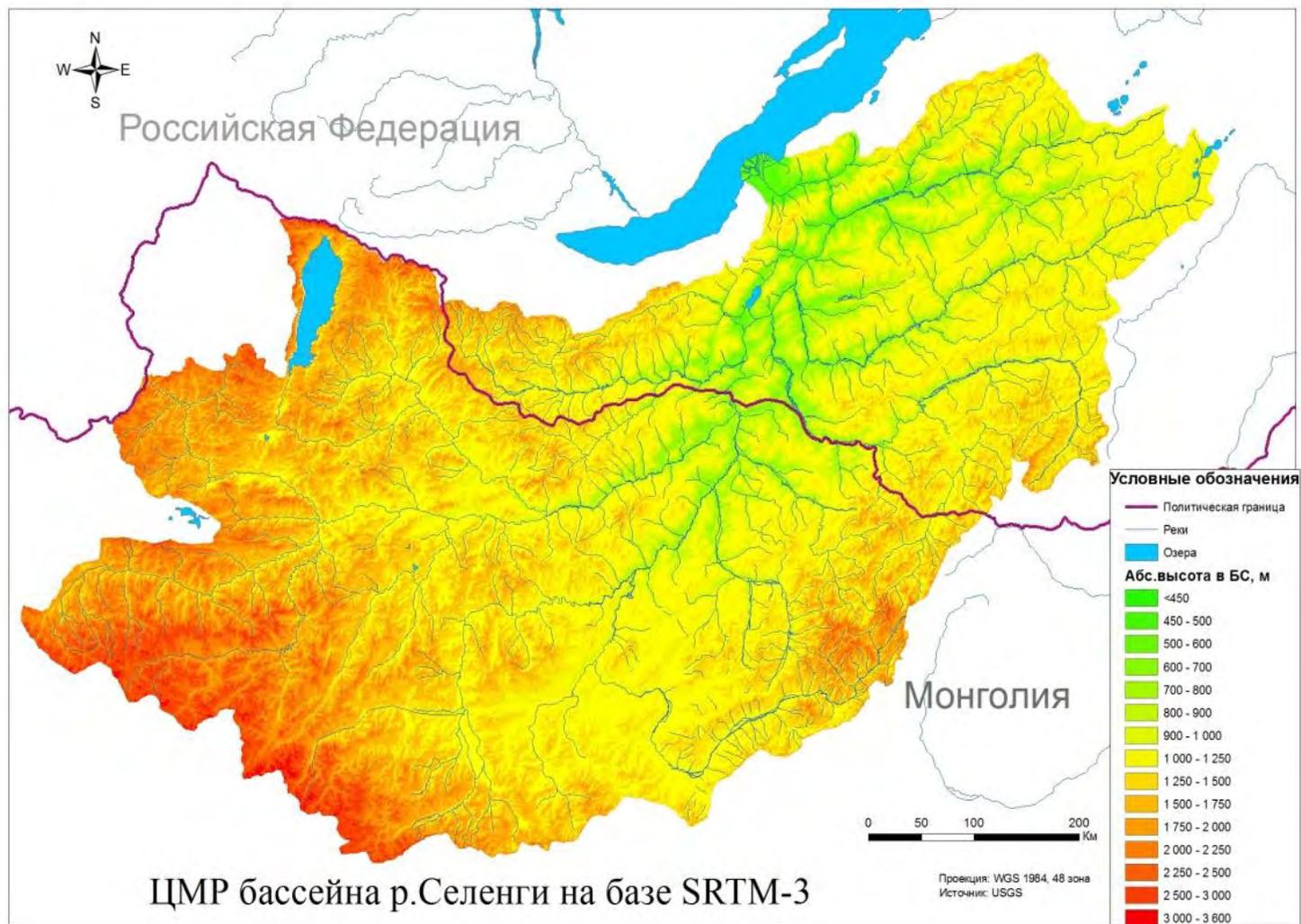


Рис.3. ЦМР бассейна р.Селенги.



Рис.4. Карта типов русел основных рек бассейна Селенги.

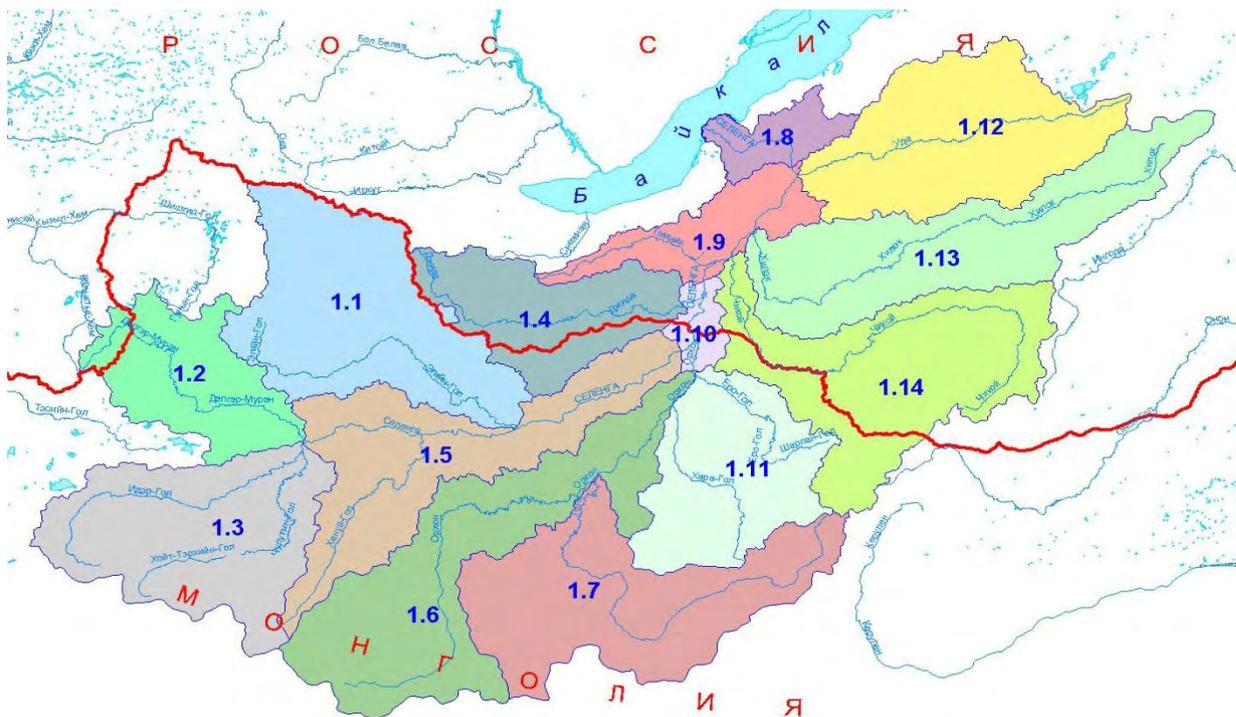


Рис.5. Карта физико-географических районов бассейна Селенги

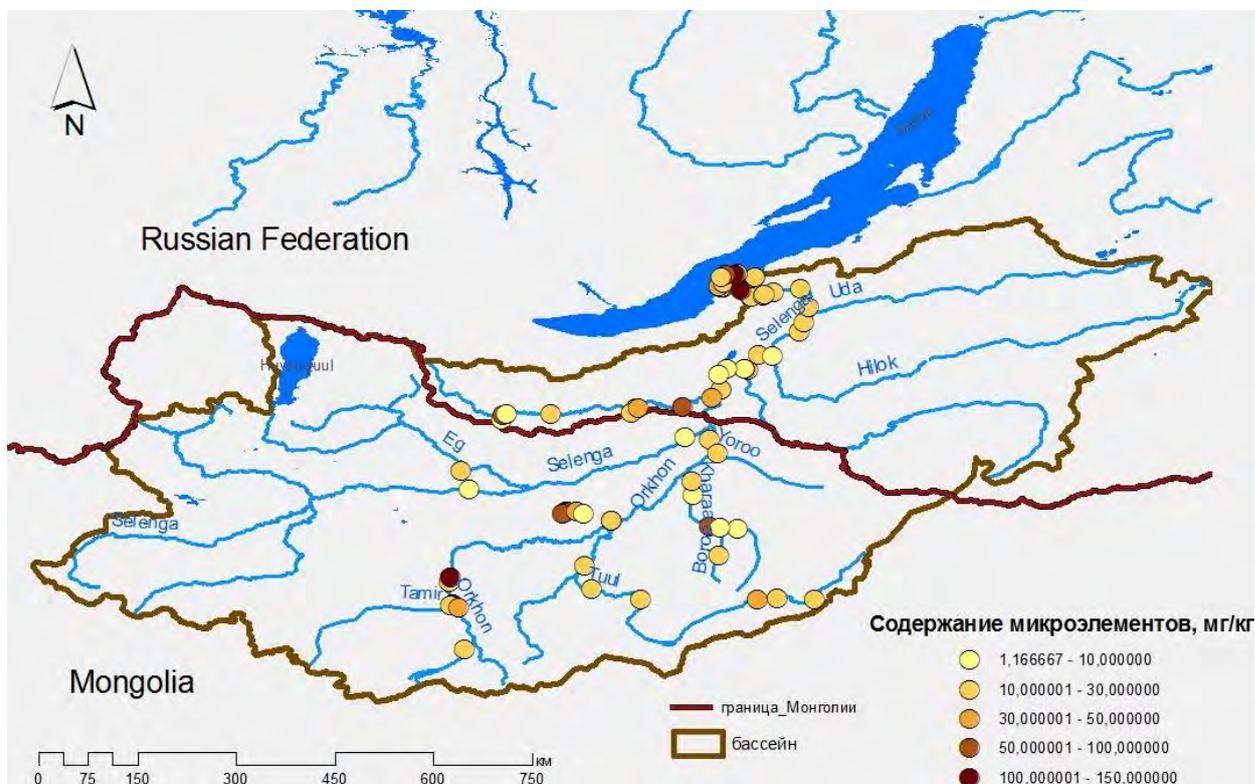


Рис. 6. Содержание AS во взвешенных наносах рек бассейна Селенги в июле-августе 2011 года

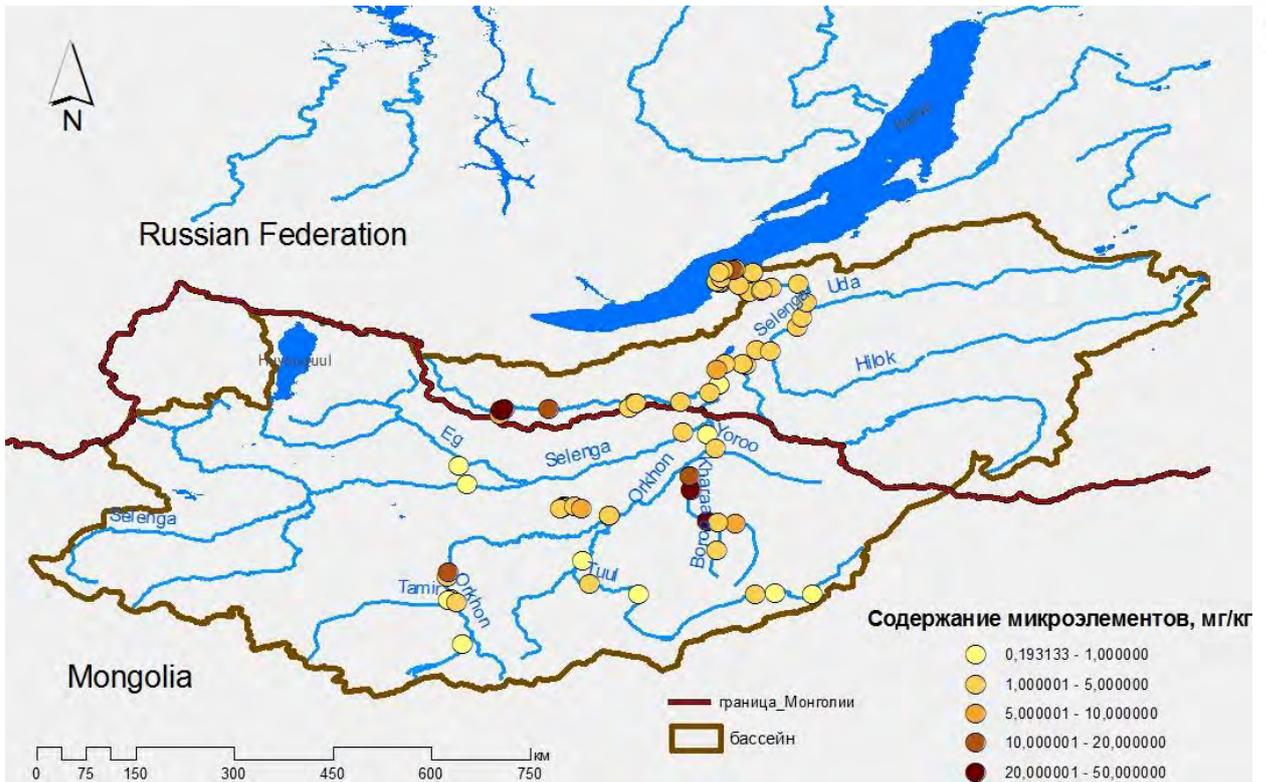


Рис. 7. Содержание Мо во взвешенных наносах рек бассейна Селенги в июле-августе 2011 года

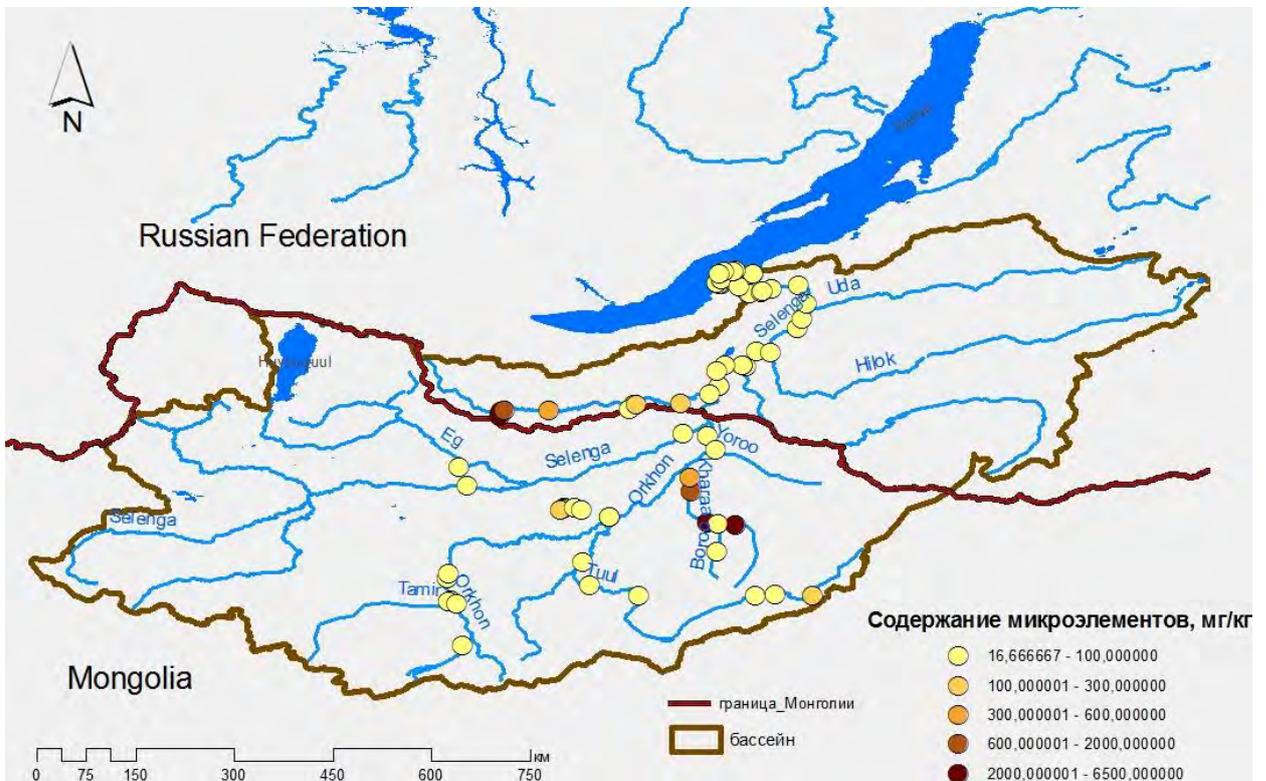


Рис. 8. Содержание Си во взвешенных наносах рек бассейна Селенги в июле-августе 2011 года

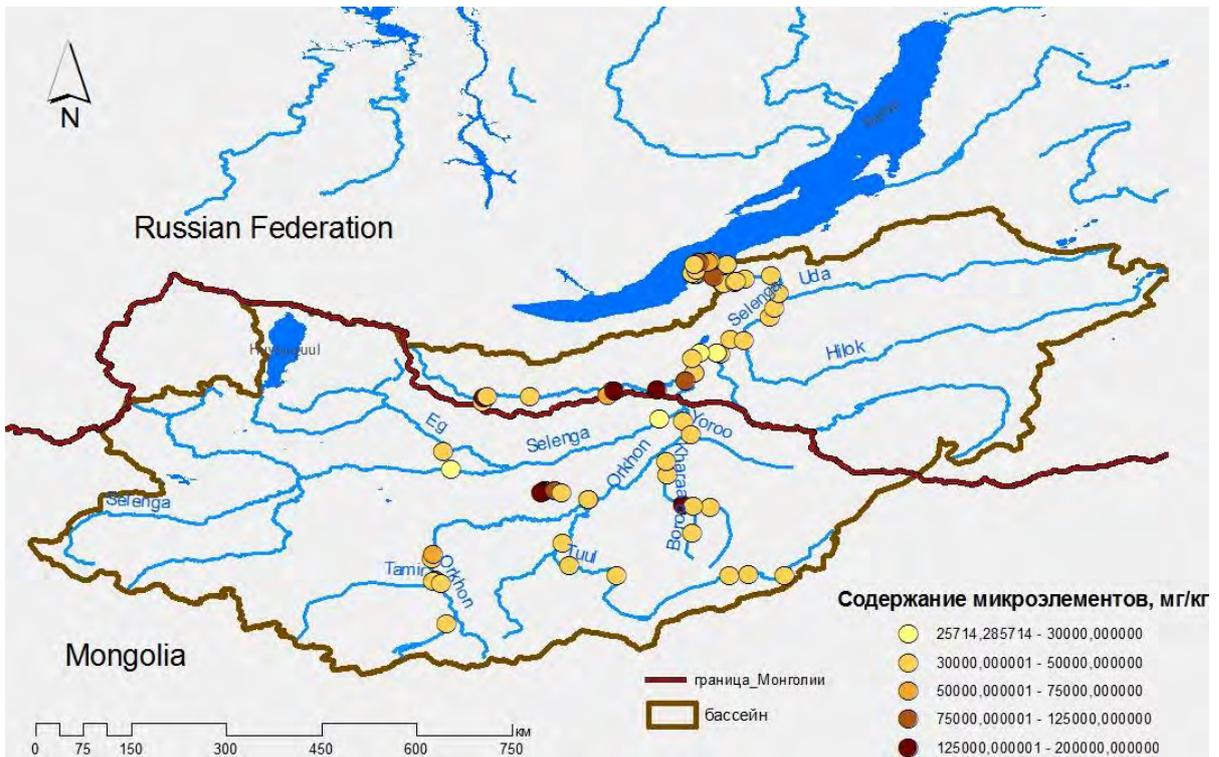


Рис. 9. Содержание Fe во взвешенных наносах рек бассейна Селенги в июле-августе 2011 года

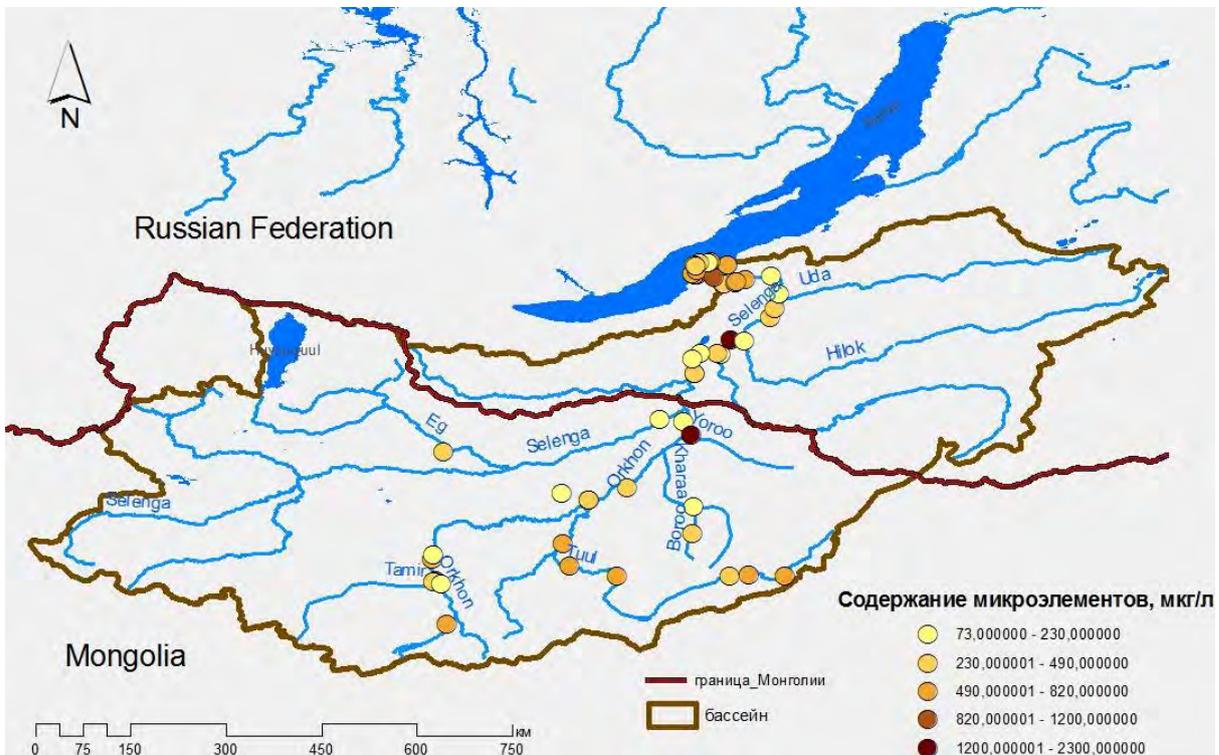


Рис. 10. Содержание Fe в растворенной форме в реках бассейна Селенги в июле-августе 2011 года

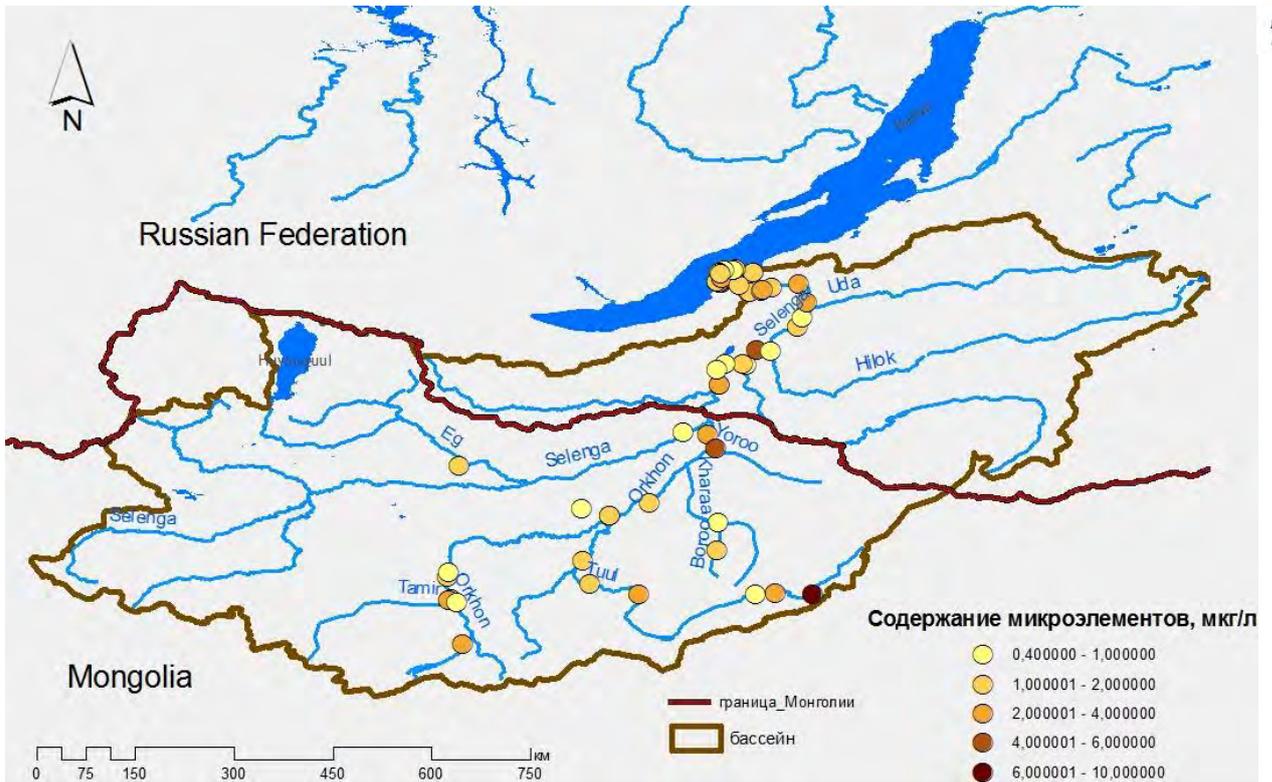


Рис. 11. Содержание CU в растворенной форме в реках бассейна Селенги в июле-августе 2011 года

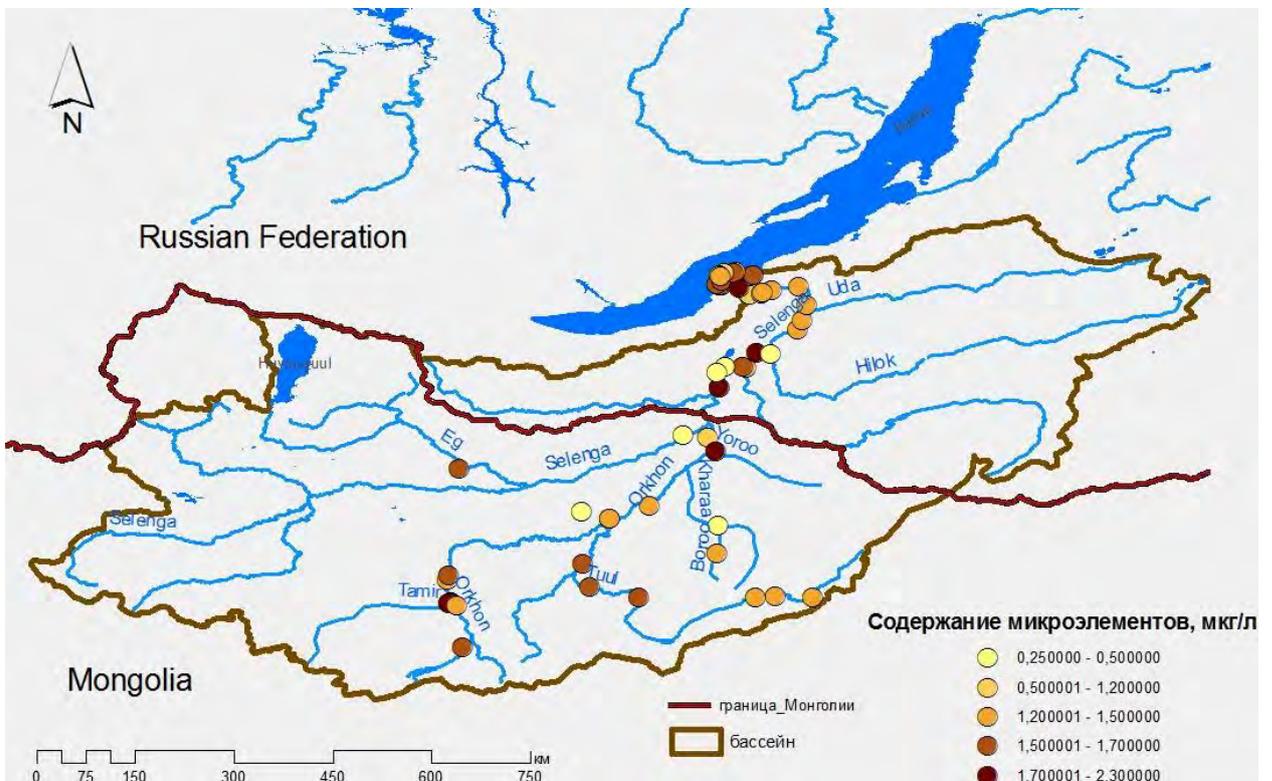


Рис. 12. Содержание As в растворенной форме в реках бассейна Селенги в июле-августе 2011 год

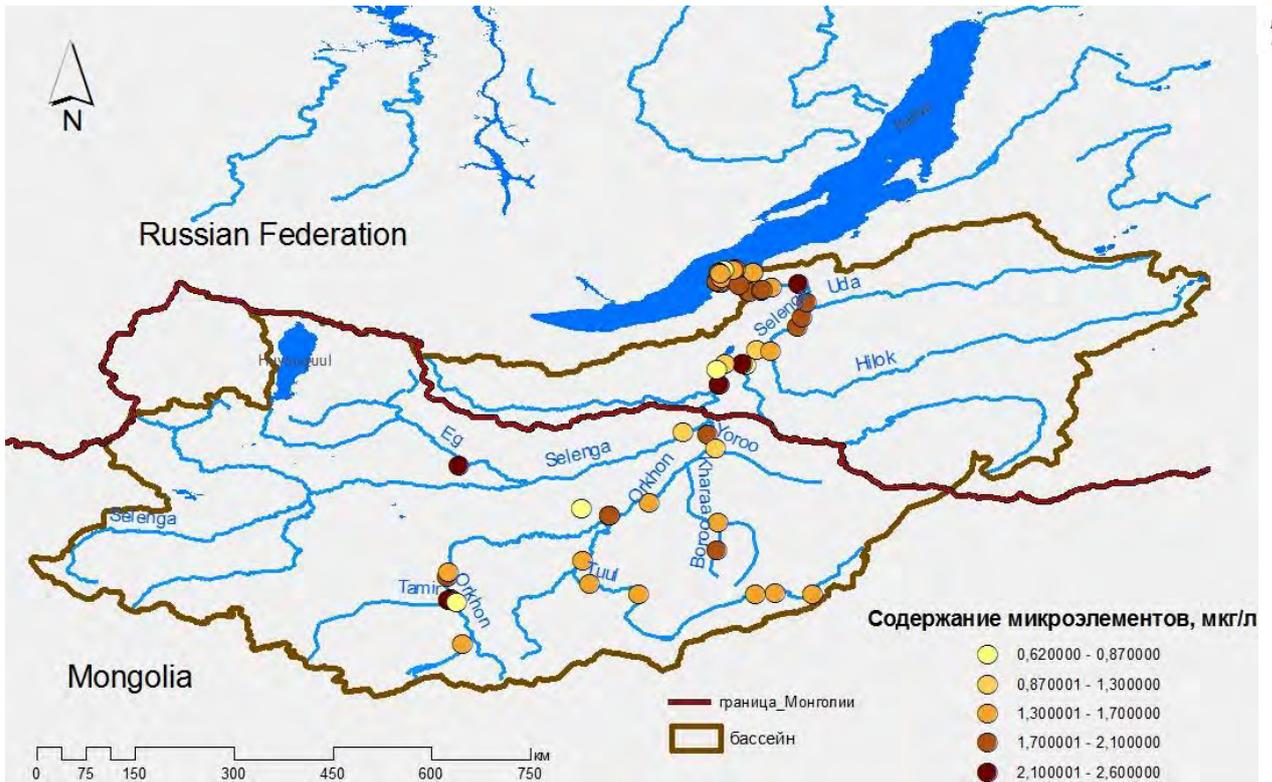


Рис. 13. Содержание Mo в растворенной форме в реках бассейна Селенги в июле-августе 2011 года

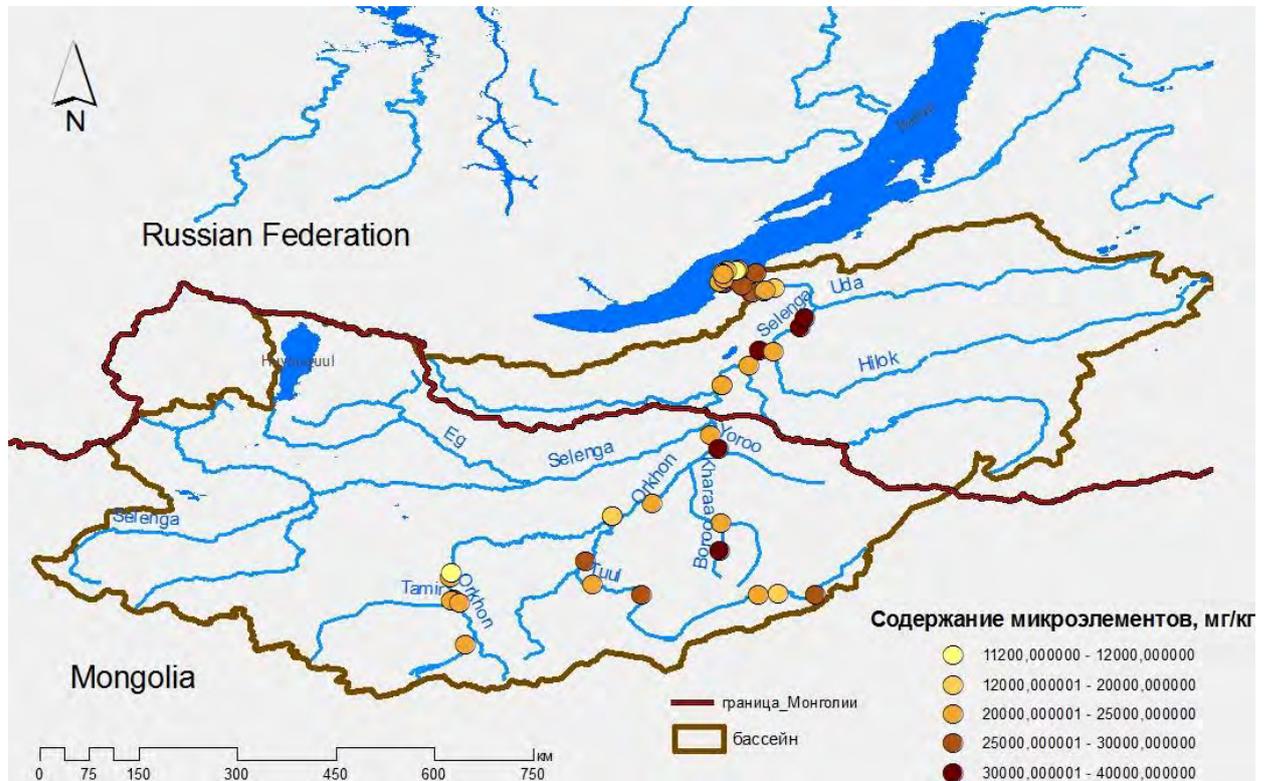


Рис. 14. Содержание Fe в донных отложениях рек бассейна Селенги в июле-августе 2011 года

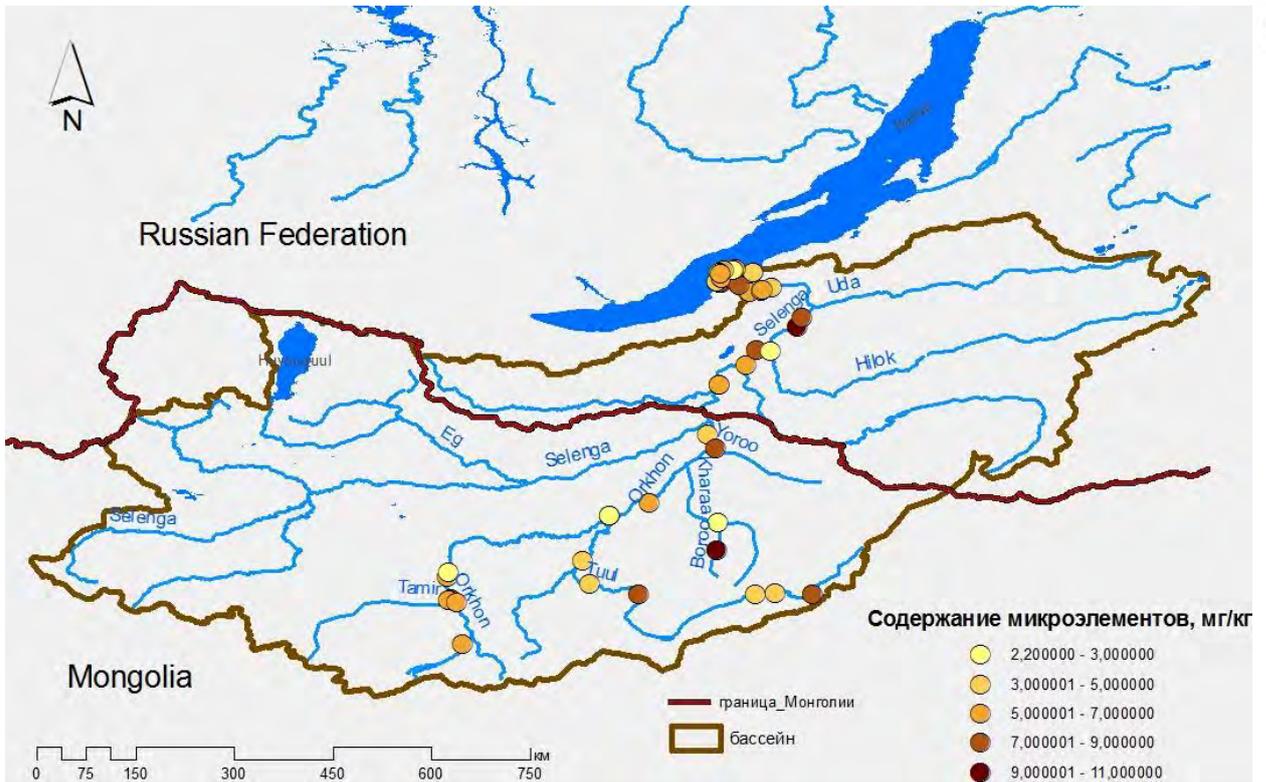


Рис. 15. Содержание As в донных отложениях рек бассейна Селенги в июле-августе 2011 года

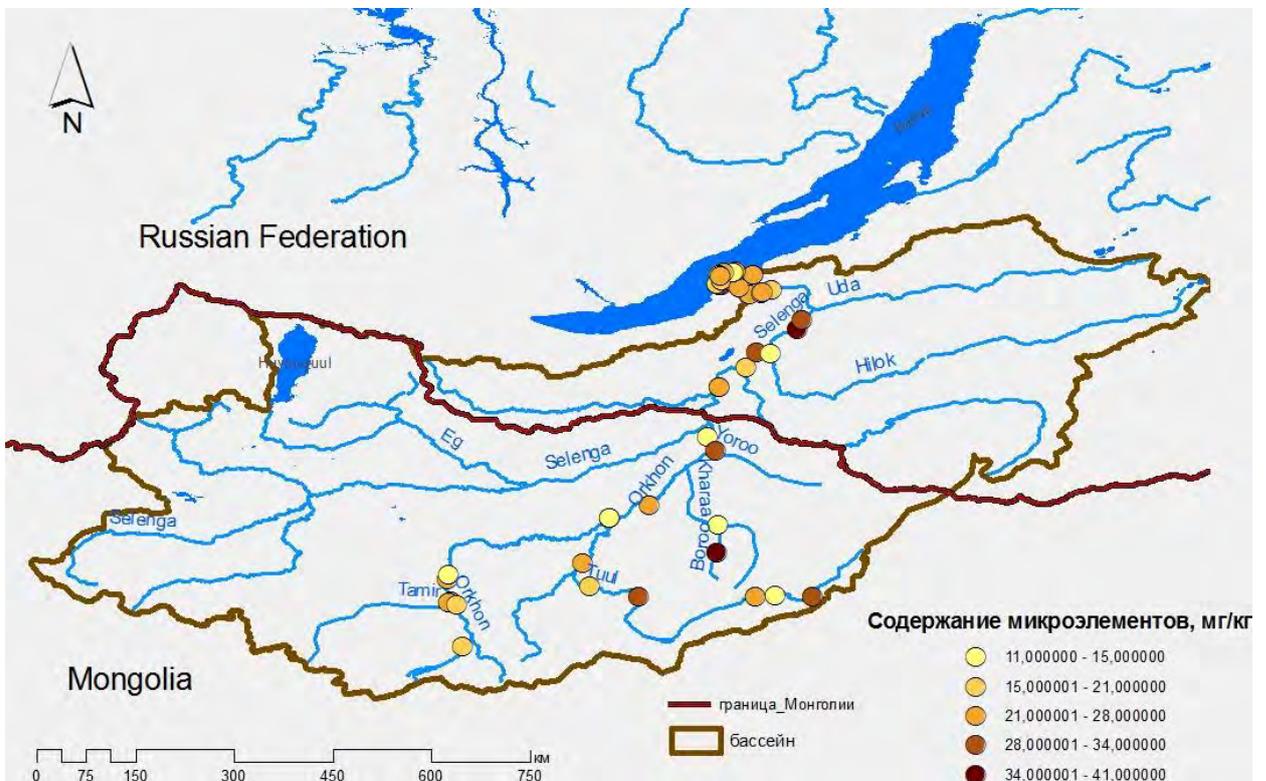


Рис. 16. Содержание Si в донных отложениях рек бассейна Селенги в июле-августе 2011 года

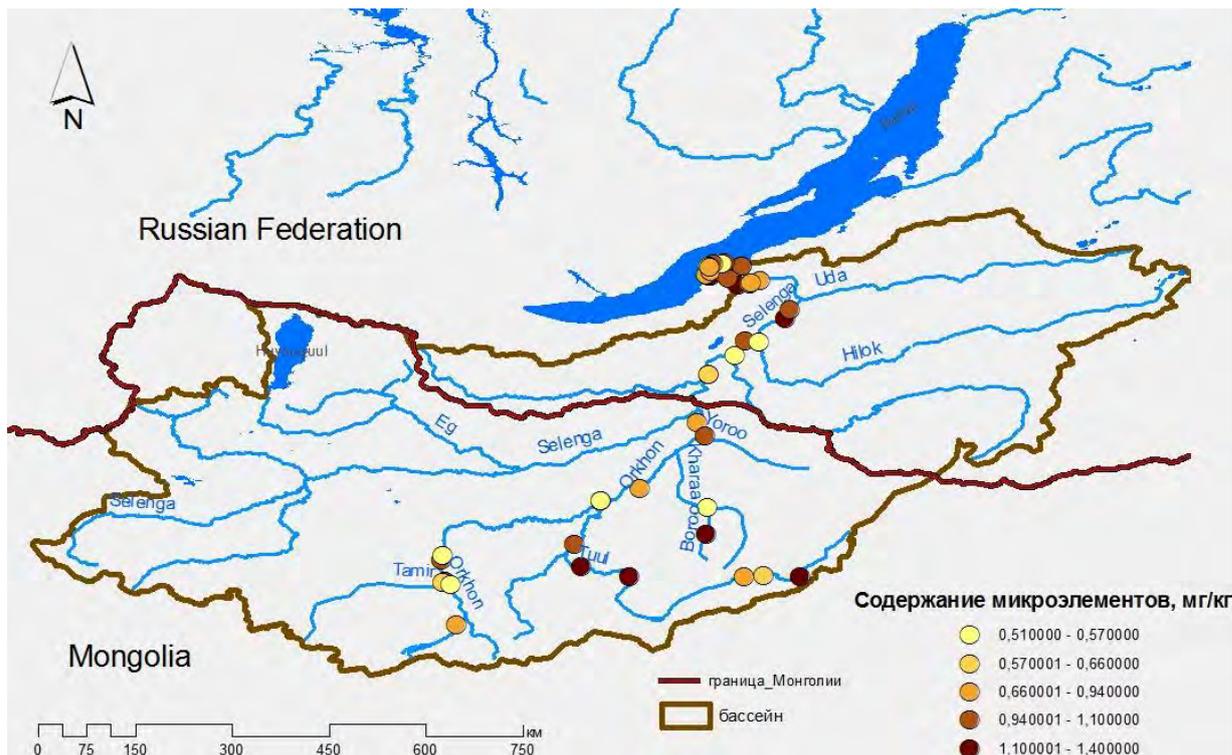


Рис. 17. Содержание Мо в донных отложениях рек бассейна Селенги в июле-августе 2011 года

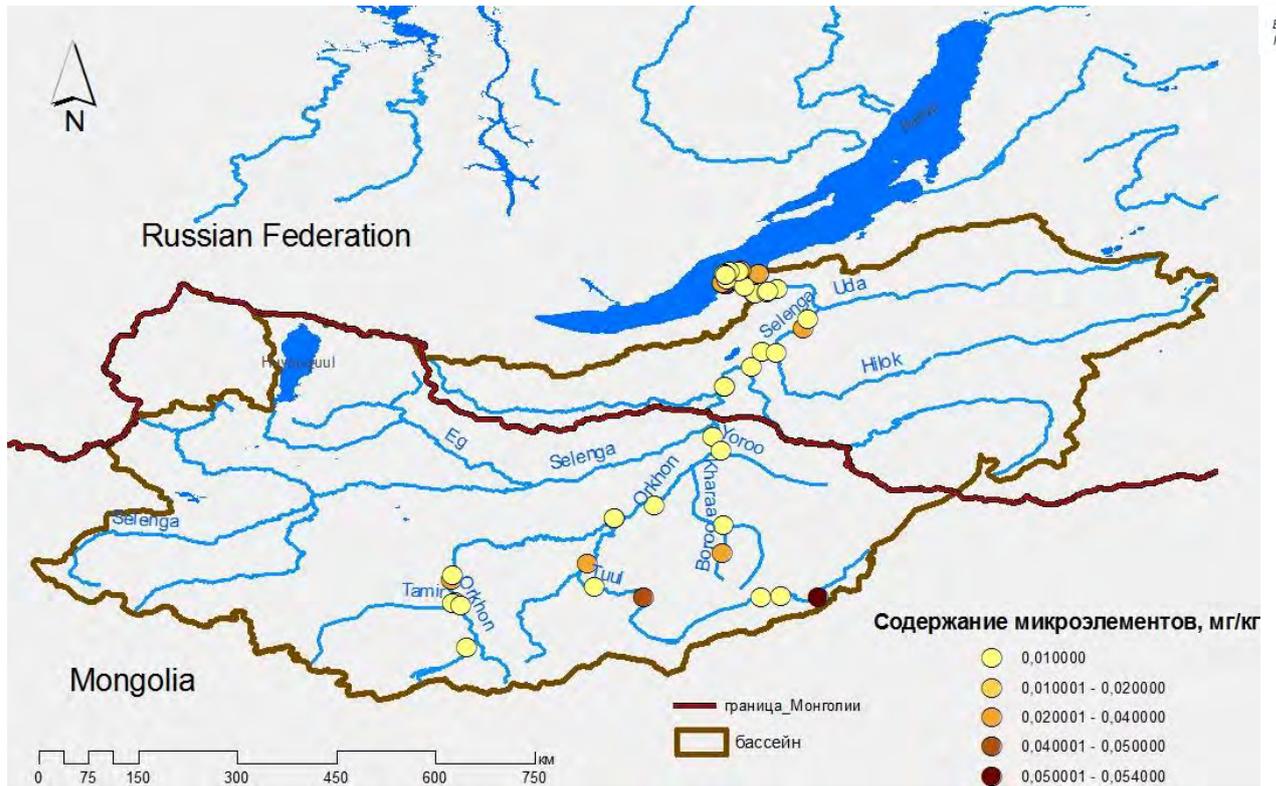


Рис. 18. Содержание ртути в донных отложениях рек бассейна Селенги в июле-августе 2011 года

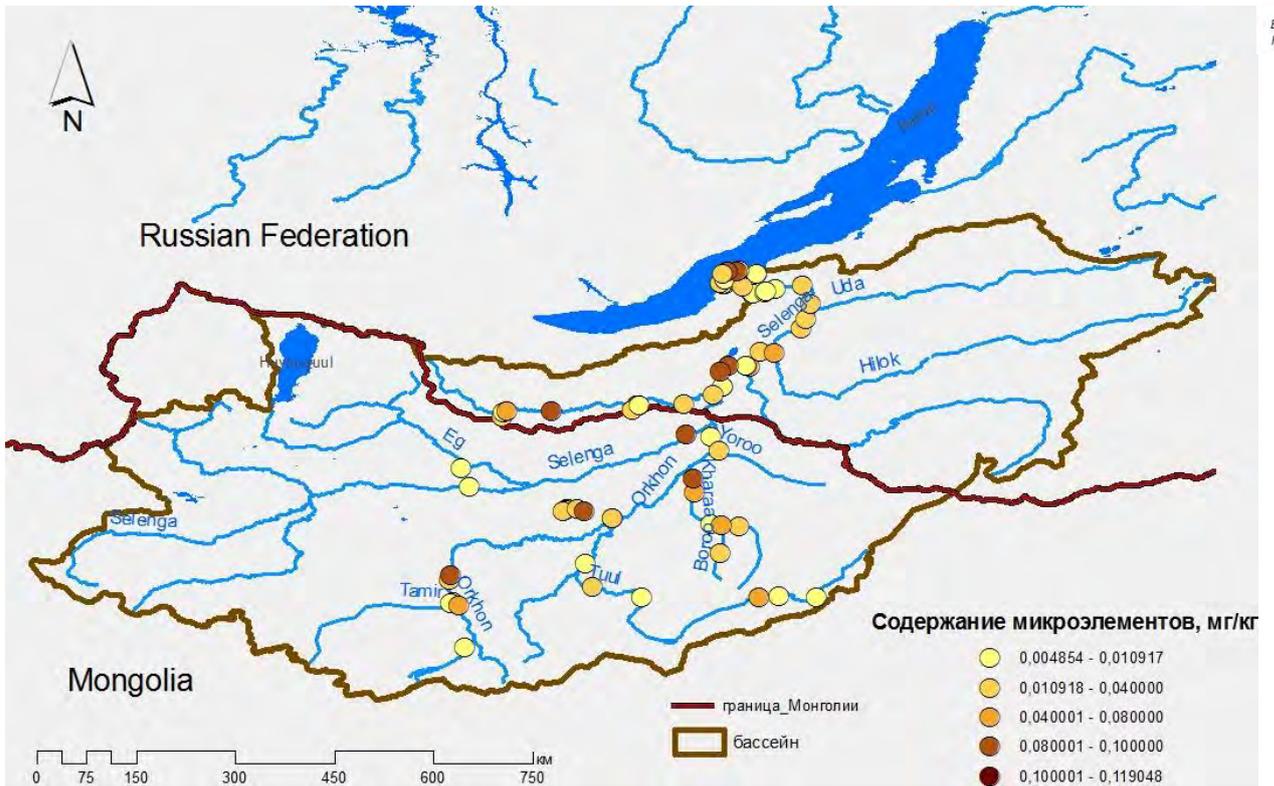


Рис. 19. Содержание ртути во взвешенных наносах рек бассейна Селенги в июле-августе 2011 года

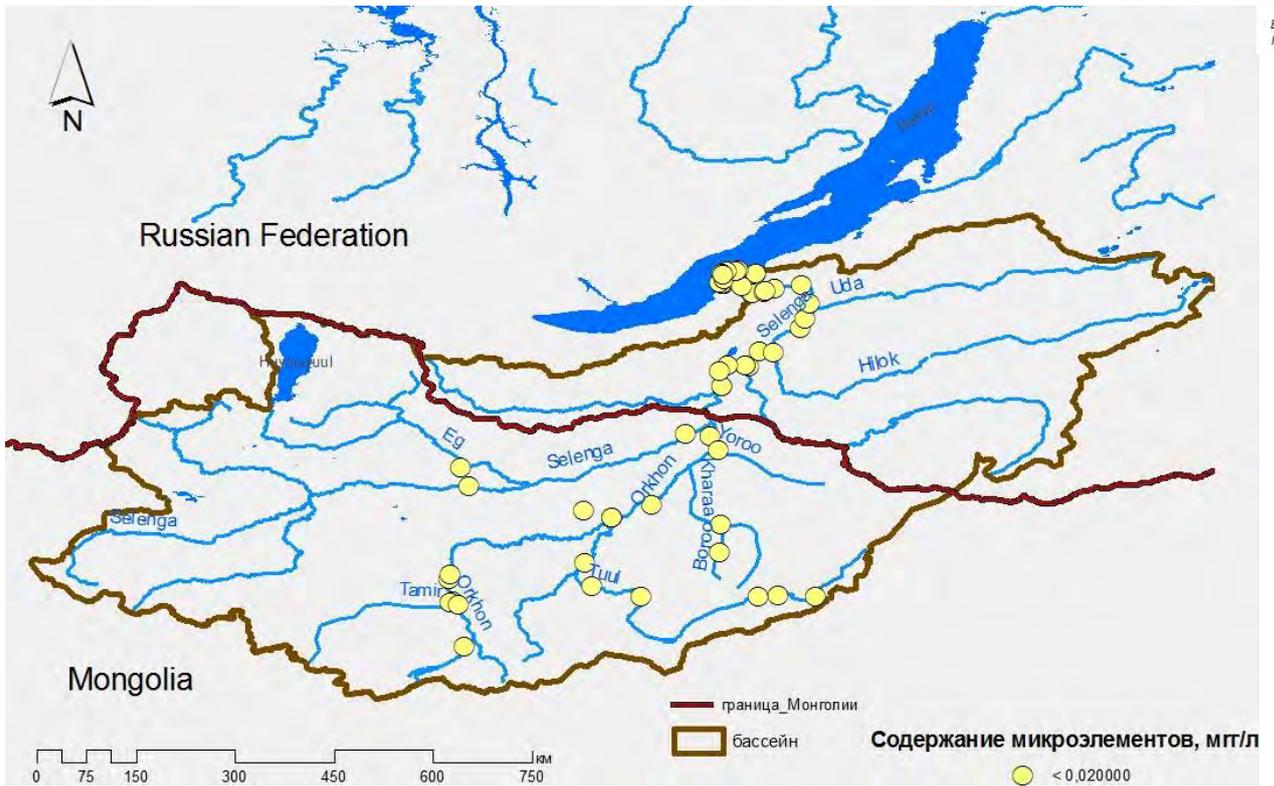


Рис. 20. Содержание ртути в растворенной форме рек бассейна Селенги в июле-августе 2011 года

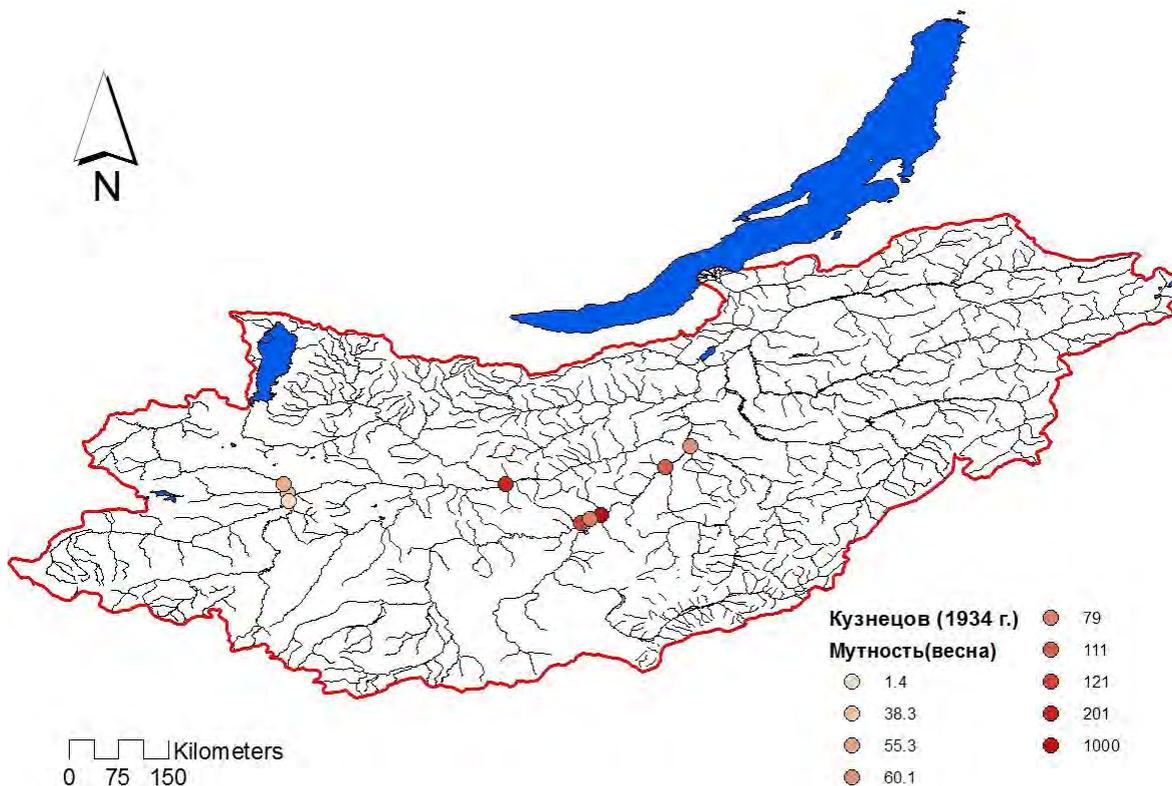


Рис.21. Измерения мутности в бассейне во время гидрографической экспедиции 1934-1935 гг. (Кузнецов, весна 1934).

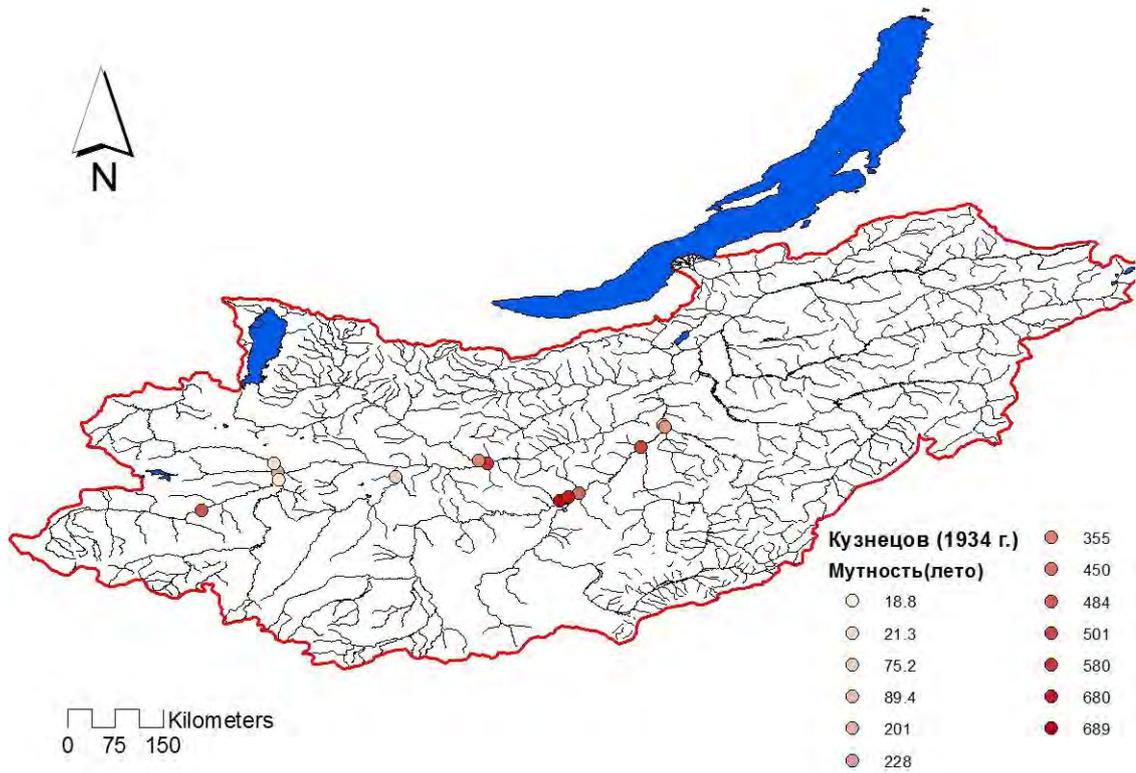


Рис.22. Измерения мутности в бассейне во время экспедиции Курзнецова, лето 1934.

Заклучение

В результате выполненных работ получен ряд результатов в соответствии с ТЗ проекта (ЕМО/2012/011 (IWC-78317) Model). На первом этапе выполнены следующие работы:

1. Обзор и анализ современной научно-технической, нормативной, методической литературы для сравнительного анализа российских и зарубежных разработок в области моделирования перемещения загрязнителей

2. Обзор научных информационных источников: статьи в ведущих зарубежных и российских научных журналах, монографии - не менее 25-ти научно-информационных источников за период 2000 – 2010 гг

На втором этапе проведена разработка комплексной ГИС+БД «Состояние речной системы бассейна р. Селенга» на базе оболочки ARCGIS. Получены следующие картографические материалы:

- Орогидрографическая схема бассейна Селенги (масштаб 1:500 000)
- Цифровая модель рельефа на долины крупнейших рек бассейна Селенги
- Карта зонирования русловых процессов крупнейших рек бассейна
- Карта измеренных содержаний загрязнителей в реках бассейна Селенги за историческое время
- Карт фактического состояния (содержания загрязнителей) речной системы бассейна Селенги за период наблюдений (литературные источники) и по данным экспедиций МГУ 2011-2012 гг. (содержания химических элементов в бассейне Селенги).

По результатам проекта проведено лабораторное изучение отобранных проб экспедициями МГУ и БИП в 2011 и 2012 годах, обработка и интерпретация результатов экспедиционных и лабораторных исследований.

Байкальским Институтом Природопользования в соответствии с ТЗ должны были быть предоставлены следующие материалы:

- зонирование респ. Бурятии по функциональным зонам ((промышленные территории, застройка, с/х т др.)) и основные источники загрязнения (масштаб 1:500 000))
- зонирование бассейна Селенги по природным условиям (растительность, почвы и др.) (масштаб 1:200 000).

Полученные данные сведены в геоинформационную систему, разработанную на базе платформы ARCGIS 9.3. Вся ГИС сведена в виде единого проекта на электронном носителе. В нее вошли оценки содержания элементов в растворенной и взвешенной форме, а также донных отложениях (Li, Be, B, Na, Mg, Al, Si, Робщ., S, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, Hg, In, Sn, Sb, Te, I, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Iu, Pt, Au, Tl, Pb, Bi, Th, U). В настоящем отчете приведены картографические отображения только по элементам

В настоящем отчете приведено картографическое отображение небольшой части единой БД. В целом анализ всех проведенных определений элементного состава позволяет сделать следующие выводы. Микроэлементный состав воды Селенги характеризуется повышенным содержанием Fe (6 ПДКр), Al (14 ПДКр), Mn (4 ПДКр), Zn (9 ПДКр), Cu (2,5 ПДКр), Mo (2 ПДКр) относительно нормативов ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Установлено, что молибден и цинк мигрируют в Селенге в растворенной форме, а более 70% железа, алюминия, марганца переносится в составе взвешенных наносов. Взвешенные наносы Селенги характеризуются повышенным содержанием мышьяка и кадмия относительно кларков литосферы. Относительно фонового уровня содержания металлов для взвеси характерно накопление Mo, Cd, Mn, максимальное содержание которых отмечается в створах ниже г. Улан-Удэ. Содержание микроэлементов в донных отложениях характеризует геохимическую специализацию территории: относительно кларков литосферы в них концентрируются As, Cd, Hf, Sn, Sr, Ba и W. По сравнению с фоновыми содержания металлов в донных отложениях Селенги слабо накапливается Zn, Ni, Co, Cd. Локально отмечается более высокий уровень накопления меди, приуроченный к затонам Селенги, а также вольфрама и молибдена в створе ниже впадения Джиды. Наибольшее влияние на изменение микроэлементного состава воды Селенги оказывают левые притоки – Джиды (цинк, молибден, вольфрам) и Темник (цинк). Взвешенные наносы отличаются повышенным содержанием кадмия за счет его привноса Темником и Хилком. В донных отложениях Селенги отмечено увеличение содержания вольфрама и молибдена в створах ниже впадения Джиды. В водотоках бассейна Селенги отмечены локальные участки с повышенным содержанием ртути в воде и донных отложениях, вероятно, обусловленным влиянием горнопромышленной деятельности, однако эти содержания не выходят за пределы установленных санитарно-гигиенических нормативов.

Выполненная работа имеет перспективы развития в двух направлениях. С одной стороны, разработанная ГИС имеет потенциал для публикации в сетях Интернет спектра

геопространственных данных - электронных карт и информации из Баз Данных (БД). В случае размещения ГИС на базе существующих сетевых ресурсов, например сайта Байкальского Информационного Центра, она будет иметь огромный информационный потенциал как для обеспечения образовательных нужд, так и социально-политических. В частности, такой инструмент представляется важным для сопровождения Совецаний и деятельности Уполномоченных Правительств Российской Федерации и Монголии по выполнению Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Монголии по охране и использованию трансграничных вод.

С другой стороны, представленные материалы расширяют возможности научно-исследовательских проектов. Подготовленная ГИС и БД будет использована в разработке одномерного программного комплекса на бассейн р. Селенга. Впервые обобщены материалы о рельефе территории и речных долин, выполнены районирования территории по физико-географическим параметрам, ранее никогда не изучавшимся в регионе (например, типам русел). Все это позволяет приступить к задаче разработки модели переноса загрязнителей в бассейне оз. Байкал на новом качественном уровне.