

1.1.1.3. Донные отложения

(ФГБУ «Гидрохимический институт» Росгидромета, г. Ростов-на-Дону)

Донные отложения - один из наиболее информативных элементов природной среды. Они накапливают загрязняющие вещества, поступающие в озеро, состав и объем которых характеризуют наличие и развитие негативных геохимических и биогеохимических процессов, происходящих в современном слое отложений.

В 2012 году была проведена только одна съемка состояния донных отложений и грунтовой воды в районе выпуска сточных вод Байкальского ЦБК в октябре месяце. В 2011 году была также выполнена только одна съемка в августе месяце. В 2010 году съемки проводились в июле и сентябре, в 2009 году по техническим причинам мониторинг донных отложений не осуществлялся.

В северной части озера Байкал мониторинг донных отложений не осуществляется с 2008 года по техническим причинам. В авандельте реки Селенга комплексные исследования качественного состояния донных отложений и грунтовой воды с 2000 года были проведены только один раз – в августе 2011 года.

Несоблюдение режима временных шагов мониторинга, а так же сокращение наблюдений на озере сильно осложняют объективную сторону контроля состояния озерной экосистемы.

Состояние донных отложений в районе выпуска сточных вод Байкальского ЦБК

В октябре 2012 года в районе выпуска сточных вод Байкальского ЦБК была проведена одна съемка качественного состояния донных отложений и грунтовой воды на 30 станциях отбора проб на полигоне и на 6 станциях в фоновом участке, расположенном в авандельте р. Безымянная. Запланированные натурные наблюдения на полигоне озера в феврале-марте и июне 2012 года не выполнены.

Площадь исследуемого полигона в октябре 2012 года составила 12,9 км² (в 2011 г. - 15,2 км²). Станции отбора проб в 2012 году находились на глубинах 19-320 м (в 2011 г. - на глубинах 16-300 м). Станции наблюдений донных отложений в 2012 году совпадают по глубинам и географическим координатам, определяемым с помощью навигационной системы GPS, с точками отбора проб 2011 года.

В настоящее время многолетние ряды наблюдений как среднегодовых, так и сезонных данных стали часто прерываться, что, как следствие, снижает объем имеющейся информации в целом по озеру, а выводы по результатам наблюдений становятся необеспеченными.

При сравнении среднего **содержания растворенного кислорода в грунтовой воде** в 2012 году с данными за 2010-2011 годы отчетливо проявляется негативная тенденция усиления влияния сточных вод БЦБК на озеро (таблица 1.1.1.3.1). В среднем, содержание растворенного кислорода уменьшилось с 9,8 мг/л в 2011 году до 8,2 мг/л в 2012 году. В 12 пробах из 23 отобранных (в 2011 году - в 6 пробах) было зафиксировано содержание растворенного кислорода ниже 9,0 мг/л - предельный уровень содержания растворенного кислорода в грунтовой воде южного Байкала воды).

Содержание растворенного кислорода является важнейшим показателем качественного состава грунтовой воды. На глубине более 100 м в зоне развития тонких мелкоалевритовых и глинистых илов содержание растворенного кислорода в грунтовой воде уменьшается приблизительно в 1,1-1,2 раза по сравнению с содержанием в грунтовой воде разнородных песков мелководья. Содержание растворенного кислорода в подледный период в 1,1-1,2 раза больше, чем в осенний период.

Таблица 1.1.1.3.1

**Гидрохимическая характеристика грунтовой воды
в районе выпуска сточных вод БЦБК, мг/дм³**
(числитель - пределы, знаменатель - среднее значение)

Показатели	2010 г.		2011 г.	2012 г.	Изменение по средним за год (%)
	июль	октябрь	август	октябрь	октябрь 2012 г./ август 2011 г.
Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³	<u>10,5-11,8</u> 11,3	<u>8,11-11,4</u> 10,6	<u>3,6-11,4</u> 9,8	<u>4,9-10,2</u> 8,2	-16,3 ¹⁾
Минеральный азот	<u>0-0,22</u> 0,04	<u>0,003-0,022</u> 0,04	<u>0,003-0,17</u> 0,02	<u>0,006-0,0677</u> 0,02	-
Фосфатный фосфор	<u>0-0,032</u> 0,005	<u>0,002-0,028</u> 0,008	<u>0-0,039</u> 0,009	<u>0-0,042</u> 0,009	-
Органические кислоты летучие	<u>0,41-3,13</u> 1,58	<u>0,36-4,14</u> 1,91	<u>0-7,2</u> 2,8	<u>0,29-4,7</u> 1,7	-39,3
Органические кислоты нелетучие	<u>0,20-2,86</u> 1,45	<u>0,24-2,69</u> 0,95	<u>0,20-4,00</u> 1,5	<u>0-6,65</u> 1,4	-6,7
Летучие фенолы	<u>0-0,003</u> 0,001	<u>0-0,002</u> <0,001	<u>0-0,003</u> 0,001	<u>0-0,007</u> 0,001	-

Загрязнение донных отложений в районе комбината серой сульфидной стабилизировалось, однако, рост по-прежнему остается значительным при сравнении с результатами, полученными в 2010 г., когда комбинат фактически не работал (таблица 1.1.1.3.2). Содержание серы сульфидной 0,005 % является фоновым содержанием для донных отложений южного Байкала. В 2012 году из 26 проб, отобранных на геохимический анализ, в 14 пробах было зафиксировано содержание серы сульфидной больше фоновой величины со средним содержанием 0,011 % (в 2011 году - в 18 пробах из 30, со средним содержанием 0,010 %). На фоновом участке полигона в 2012 году содержание серы сульфидной составило 0,002 % (в 2011 году - 0,006 %).

Все другие геохимические и гидрохимические характеристики качественного состояния донных отложений и грунтовой воды в целом не превышали их среднемноголетних значений.

Таблица 1.1.1.3.2

**Геохимическая характеристика донных отложений
в районе выпуска сточных вод БЦБК, %**
(числитель - пределы, знаменатель - среднее значение)

Показатели	2010 г.		2011 г.	2012 г.	Изменение по средним за год (%)
	июль	октябрь	август	октябрь	октябрь 2012 г./ август 2011 г.
Органический азот	<u>0,04-0,31</u> 0,16	<u>0,02-0,27</u> 0,12	<u>0,10-0,26</u> 0,14	<u>0,04-0,31</u> 0,17	21,4
Органический углерод	<u>0,3-3,4</u> 1,6	<u>0,2-2,6</u> 1,3	<u>0,2-2,73</u> 1,6	<u>0,3-3,0</u> 1,7	6,3
Сульфидная сера	<u>0,001-0,017</u> 0,004	<u>0-0,010</u> 0,003	<u>0,002-0,015</u> 0,007	<u>0,001-0,020</u> 0,007	-
Легкогидролизующие углеводы (ЛГУ)	<u>0,11-0,93</u> 0,52	<u>0,09-0,58</u> 0,36	<u>0,14-1,03</u> 0,62	<u>0,03-0,65</u> 0,32	-48,4
Трудногидролизующие углеводы (ТГУ)	<u>0,07-0,71</u> 0,35	<u>0,09-0,65</u> 0,34	<u>0,09-0,91</u> 0,44	<u>0,06-0,85</u> 0,47	6,8

¹⁾ Снижение содержания растворенного кислорода свидетельствует об ухудшении качества грунтовой воды

Показатели	2010 г.		2011 г.	2012 г.	Изменение по средним за год (%)
	июль	октябрь	август	октябрь	октябрь 2012 г./август 2011 г.
Лигнино-гумусовый комплекс (ЛГК)	<u>0,58-1,29</u> 1,0	<u>0,12-1,17</u> 0,71	<u>0,53-1,81</u> 0,96	<u>0,32-1,58</u> 0,81	-15,6
ТГУ+ЛГК / Общая сумма органических веществ	<u>15-38</u> 23	<u>9-48</u> 24	<u>99-63</u> 31	<u>18-36</u> 27	-12,9

Размеры зоны загрязнения, определенной по суммарному показателю - превышение средних содержаний ингредиентов контроля грунтовой воды и донных отложений на глубинах до 350 м, составляли: в 2010 г. – 4,3 км², в 2011 г. – 5,4 км², в 2012 г. – 5,5 км². Размер зоны загрязнения в течение последних трех лет увеличивается под воздействием сточных вод комбината. В настоящее время процесс деструкции загрязняющих веществ в донных отложениях полигона происходит медленнее, чем поступление последних на этот участок озера.

В 2012 году было продолжено **наблюдение за содержанием хлорорганических пестицидов (ХОП)** в донных отложениях на полигоне в районе воздействия БЦБК.

ХОП относятся к стойким органическим соединениям. ХОП легко сорбируются глинистыми частицами, поэтому концентрирование пестицидов интенсивнее происходит в дисперсных донных отложениях, чем в грубозернистых.

Основная масса пестицидов поступает в литоральную часть озера в результате сноса с прибрежной территории, с дальнейшим разносом в составе взвешенного вещества по акватории озера и седиментацией на глубинах. Пестициды накапливаются не только в поверхностном слое, но и в толще донных отложений, где могут находиться многие десятки лет, что обусловлено их медленным разложением.

В 2012 году ХОП в донных отложениях полигона были представлены ПХБ, альфа-, бета-, гамма ГХЦГ, ГХБ, метаболитами ДДТ. Альдрин, дегидрогептахлор, диэлдрин в донных отложениях озера в 2012 году и 2011 году не обнаружены (таблица 1.1.1.3.3)

Таблица 1.1.1.3.3

Содержание хлорорганических пестицидов в донных отложениях озера Байкал в районе сброса сточных вод БЦБК в 2011-2012 гг., мг/кг сухого остатка
(числитель - пределы, знаменатель - среднее значение)

Показатели	2011 г.	2012 г.	Изменение по средним за год (%)
ПХБ	<u><0,0001-0,0526</u> 0,0072	<u>0,0008-0,0076</u> 0,0026	-63,9
ГХБ	<u>0,0001-0,0042</u> 0,0005	<u><0,0001-0,0002</u> 0,0001	-80,0
Альфа-ГХЦГ	<u>0,0001-0,0003</u> 0,001	<u><0,0001-0,0002</u> 0,001	-
Бета-ГХЦГ	<0,0001	<u><0,0001-0,0002</u> <0,0001	-
Гамма-ГХЦГ	<0,0001	<u><0,0001-0,0009</u> 0,0001	-
ДДЕ	<u><0,0001-0,0017</u> 0,0004	<u><0,0001-0,00014</u> 0,0003	-25,0
ДДД	<u><0,0001-0,0007</u> 0,0001	<u><0,0001-0,0003</u> 0,0001	-
ДДТ	<u><0,0001-0,0024</u> 0,0006	<u><0,0001-0,0052</u> 0,0008	33,3

Суммарное содержание гексахлорциклогексана (ГХЦГ) в донных отложениях в районе сброса сточных вод комбината в 2012 году варьировало от 0,0001 до 0,0011 мг/кг с.о., при среднем содержании 0,0002 мг/кг с.о. (в 2011 г. – от 0,0001 до 0,0009 мг/кг с.о., при среднем содержании 0,0001 мг/кг с.о.). Отмеченное увеличение средних содержаний пестицида связано с ростом содержания в донных отложениях гамма-ГХЦГ, так данный изомер в 2011 году был обнаружен только в одной пробе, в 2012 году - уже в 54% отобранных проб. Увеличение содержания в донных отложениях озера изомера гамма-ГХЦГ по сравнению с альфа-ГХЦГ, свидетельствует о недавнем поступлении пестицида в озеро, поскольку гамма-ГХЦГ относительно быстро трансформируется в альфа-ГХЦГ.

Суммарное содержание метаболитов ДДТ в донных отложениях полигона в 2012 году варьировало от 0,0001 до 0,0052 мг/кг с.о. при среднем содержании 0,0011 мг/кг с.о. Отношение содержаний изомеров ДДТ/ДДЕ > 1 указывает на недавнее поступление ДДТ в водоем. Изомер ДДТ в 2012 году обнаружен в 92 % анализируемых проб, изомер ДДЕ - в 77 % проб. В 2011 году ДДТ был практически не обнаружен, ДДЕ - в 77 % проб.

Содержание пестицида гексахлорбензол (ГХБ) в 2012 году в донных отложениях озера на полигоне изменялось от <0,0001 до 0,0002 мг/кг с.о., при этом ГХБ был обнаружен в 38 % отобранных на анализ проб. В 2011 году ГХБ был обнаружен в 87 % проб со средним содержанием пестицида 0,0005 мг/кг с.о. (в условном фоновом районе ГХБ был найден в 2 пробах из 6 с концентрацией - 0,0001 мг/кг с.о.).

При сравнении содержаний ХОП в донных отложениях полигона в 2012 году с 2011 г. следует отметить резкий рост содержаний изомера ДДТ. В целом на исследуемом полигоне ХОП распределяются относительно равномерно по площади дна с максимальными содержаниями в дисперсных отложениях на глубинах более 100 м.

ПХБ были обнаружены во всех 26 пробах донных отложений (в 2011 г. - в 29 из 31 проб). Как и в 2011 году, были рассмотрены восемь конгенеров (таблица 1.1.1.3.4). Доминируют пестициды с большим числом атомов хлора, что свидетельствует о наличии локальных источников загрязнения ПХБ и незначительной роли атмосферного переноса.

Таблица 1.1.1.3.4

Содержание индикаторных полихлорированных бифенилов в донных отложениях озера Байкал в районе сброса сточных БЦБК в 2011-2012 гг., мг/кг с.о.
(числитель - пределы, знаменатель - среднее значение)

Конгенер ПБХ	2011 г.	2012 г.	Изменение по средним за год (%)
ПХБ 18	<u><0,0001-0,0013</u> 0,0002	<u><0,0001-0,0027</u> 0,0003	50,0
ПХБ 28+31	<u><0,0001-0,0024</u> 0,0007	<u><0,0001-0,0015</u> 0,0005	-28,6
ПХБ 52	<u><0,0001-0,0007</u> 0,0002	<u><0,0001-0,0006</u> <0,0001	-50,0
ПХБ 84+101	<u><0,0001-0,0134</u> 0,0015	<u><0,0001-0,0016</u> 0,0003	-80,0
ПХБ 118	<u><0,0001-0,0179</u> 0,0020	<u><0,0001-0,0019</u> 0,0006	-70,0
ПХБ 138	<u><0,0001-0,0113</u> 0,0014	<u><0,0001-0,0023</u> 0,0006	-57,1
ПХБ 153	<u><0,0001-0,0062</u> 0,0008	<u><0,0001-0,0008</u> 0,0002	-75,0
ПХБ 180	<u><0,0001-0,0016</u> 0,0002	<u><0,0001-0,0011</u> 0,0001	-50,0
Сумма	<u><0,0001-0,0526</u> 0,0072	<u>0,0008-0,0076</u> 0,0026	-63,9

Суммарное содержание пестицида в 2012 году находилось в пределах 0,0008-0,0076 мг/кг с.о., при среднем содержании 0,0026 мг/кг с.о. Среднее содержание ПХБ в донных отложениях в 2012 году уменьшилось в 2,7 раза по сравнению с 2011 годом.

В 2011 году максимальное содержание ПХБ 0,0526 мг/кг с.о. было обнаружено в юго-западной прибрежной части полигона на глубине 18 м в разнотерристых песках. Данный участок полигона представляет собой место гидрогеологической разгрузки подземного техногенного водного купола загрязненных вод. По всей видимости, в 2012 году соединения ПХБ были вынесены в более глубоководные части полигона. Как в 2011 году, так в 2012 году повышенные содержание пестицида были отмечены в 10 пробах на глубинах в пределах изобаты 100 м в восточной части полигона.

В 2012 году в районе сброса сточных вод БЦБК определено содержание **полициклических ароматических углеводородов (ПАУ)** в донных отложениях и в зообентосе.

Для донных отложений основным индикаторным показателем загрязнения ПАУ остается бенз(а)пирен (БП).

Определение ПАУ и БП в экосистеме озера Байкал (в воде озера, сточных водах комбината, донных отложениях) было начато Госкомгидрометом СССР в 1981 г. в районе сброса сточных вод БЦБК и продолжалось до 1988 г., затем мониторинг был прерван. Вновь изучение накопления ПАУ в донных отложениях озера Байкал было возобновлено Росгидрометом в 2010 году.

Согласно разработанной в Институте химии АН Эстонии шкале сравнительной оценки загрязненности донных отложений внутриконтинентальных водоемов бенз(а)пиреном, его фоновая концентрация для песков не должна превышать 2 мкг/кг с.о., для глинистых илов – 5 мкг/кг с.о.; умеренная концентрация – 2-5 и 5-30 мкг/кг с.о.; на сильно загрязненных участках – более 5 и более 30 мкг/кг с. о., соответственно.

Исследования накопления бенз(а)пирена в донных отложениях, проведенные в 1981-2012 годах, показали, что его распределение по дну полигона носит неоднородный характер. Максимальные содержание БП было обнаружено в районе глубин 50-100 м, а не в зоне распространения илистых отложений, что фактически совпадает с аналогичным механизмом накопления углеводородов в области лавинной седиментации в геохимических барьерных зонах. По шкале оценок донные отложения на этом участке полигона в 2012 году, как и в 2011 году, относятся к «сильно загрязненным» (рисунок 1.1.1.3.1).

В 2012 году, как и в 2011 году, пробы с повышенной концентрацией БП были сконцентрированы в восточной части полигона, что указывает на основное направление в динамике переноса и депонирования БП в донных отложениях на полигоне.

В 2012 году, в сравнении с 2011 годом, среднее содержание бенз(а)пирена в донных отложениях на полигоне БЦБК увеличилось в 1,3 раза с 8,2 мкг/кг с.о. до 10,3 мкг/кг с.о. (таблица 1.1.1.3.5).

В 2010 году в сравнении с 1988 годом максимальные и средние величины содержания БП в донных отложениях уменьшились в 3,7 раза и в 3,5 раза, соответственно, что связано с приостановкой деятельности БЦБК. С 2010 года по 2012 год наблюдался рост максимальных (с 16 до 24,2 мкг/кг с.о.) и средних (с 5,3 до 10,3 мкг/кг с.о.) концентраций БП.

**Концентрация бенз(а)пирена в донных отложениях
в районе сброса сточных вод БЦБК**

Характеристики	1988 г. сентябрь	2010 г. июль	2011 г. Август	2012 г. октябрь
Площадь полигона, км ²	20,1	15,5	16	12,9
Количество проб	40	30	30	26
Интервал значений/ средние значения, мкг/кг с.о.	<u>3,0-59,7</u> 18,6	<u>1-16</u> 5,3	<u>0,3-17,1</u> 8,2	<u>0,4-24,2</u> 10,3

Оценка антропогенной нагрузки на зообентос с помощью биогеохимической методики исследований в современном мониторинге озера в районе сброса сточных вод комбината впервые было выполнена в августе 2011 года.

На станциях отбора проб донных отложений в районе БЦБК в 2012 году было отобрано 6 проб зообентоса. Преобладающими группами по численности и биомассе, как и в 2011 году, являлись олигохеты и амфиподы (подробнее о состоянии гидробионтов см. подраздел 1.1.1.4). В 2012 году содержание бенз(а)пирена в образцах зообентоса находилось в пределах 0,02-0,40 мкг/кг с.в. при среднем содержании 0,21 мкг/кг с.в. В 2011 году содержание БП в 9 пробах зообентоса на полигоне находилось в пределах 0,04-0,78 мкг/кг с.о. при среднем содержании 0,23 мкг/кг с.о. Значительно превышающие среднее значение (0,40 мкг/кг с.о.) концентрации бенз(а)пирена были отмечены на двух участках полигона, непосредственно расположенных вблизи выпуска сточных вод.

Расположение станций отбора проб зообентоса, в которых наблюдалось максимальное содержание ПАУ, указано на рисунке 1.1.1.3.2.

В 2012 году, как и в 2011 году среди ПАУ были идентифицированы 17 аренов: нафталин, 1-метилнафталин, аценафтен, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен, бенз(е)пирен, бенз(б)флуорантен, перилен, бенз(к)флуорантен, бенз(а)пирен, дибенз(а, h)антрацен, бенз(г, h, i)перилен, инден[1,2,3-с, d]пирен. Среднее содержание суммы всех ПАУ составило в 2012 году – 162 нг/г с.о. (в 2011 году – 140 нг/г с.о.).

В донных отложениях и зообентосе обнаруживались, как правило, более высокие концентрации хризена, флуорантена, бенз(а)пирена. Процентное содержание указанных аренов от общей суммы ПАУ составило в 2012 году в среднем: хризена – 9 % (в 2011 г. - 8,4 %), флуорантена – 14 % (в 2011 г. - 12%), бенз(а)пирена - 6,1 % (в 2011 г. - 4,6 %).

Проведенные исследования в 2011-2012 гг. показали отсутствие корреляции между концентрациями бенз(а)пирена в зообентосе и в донных отложениях на полигоне в районе БЦБК. Необходима разработка конкретной шкалы оценки экологической опасности накопления бенз(а)пирена в донных отложениях и зообентосе, как это сделано для морских вод.

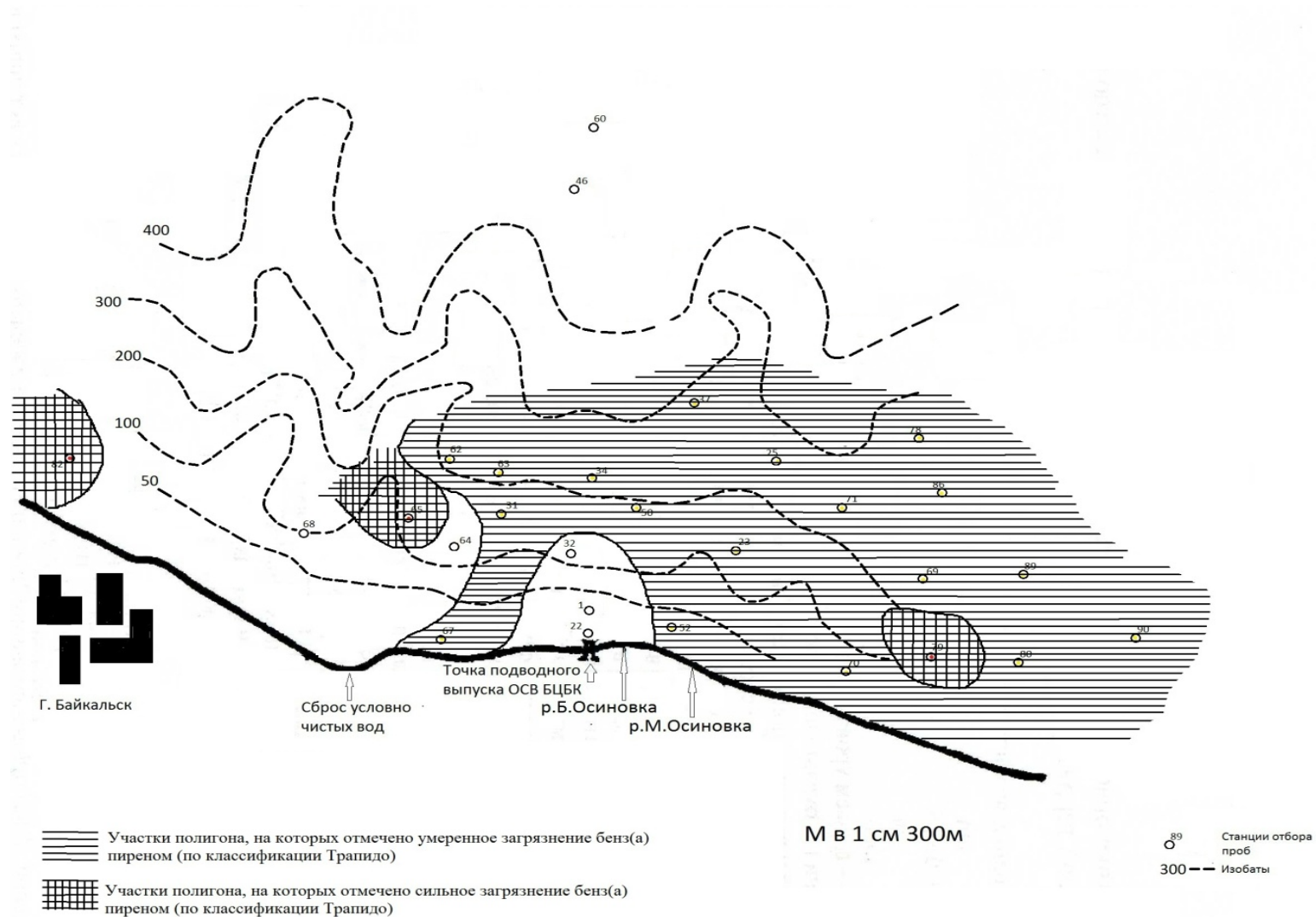


Рисунок 1.1.1.3.1. Загрязнение донных отложений оз. Байкал бенз(а)пиреном в 2012 году по классификации М. А. Трапидо

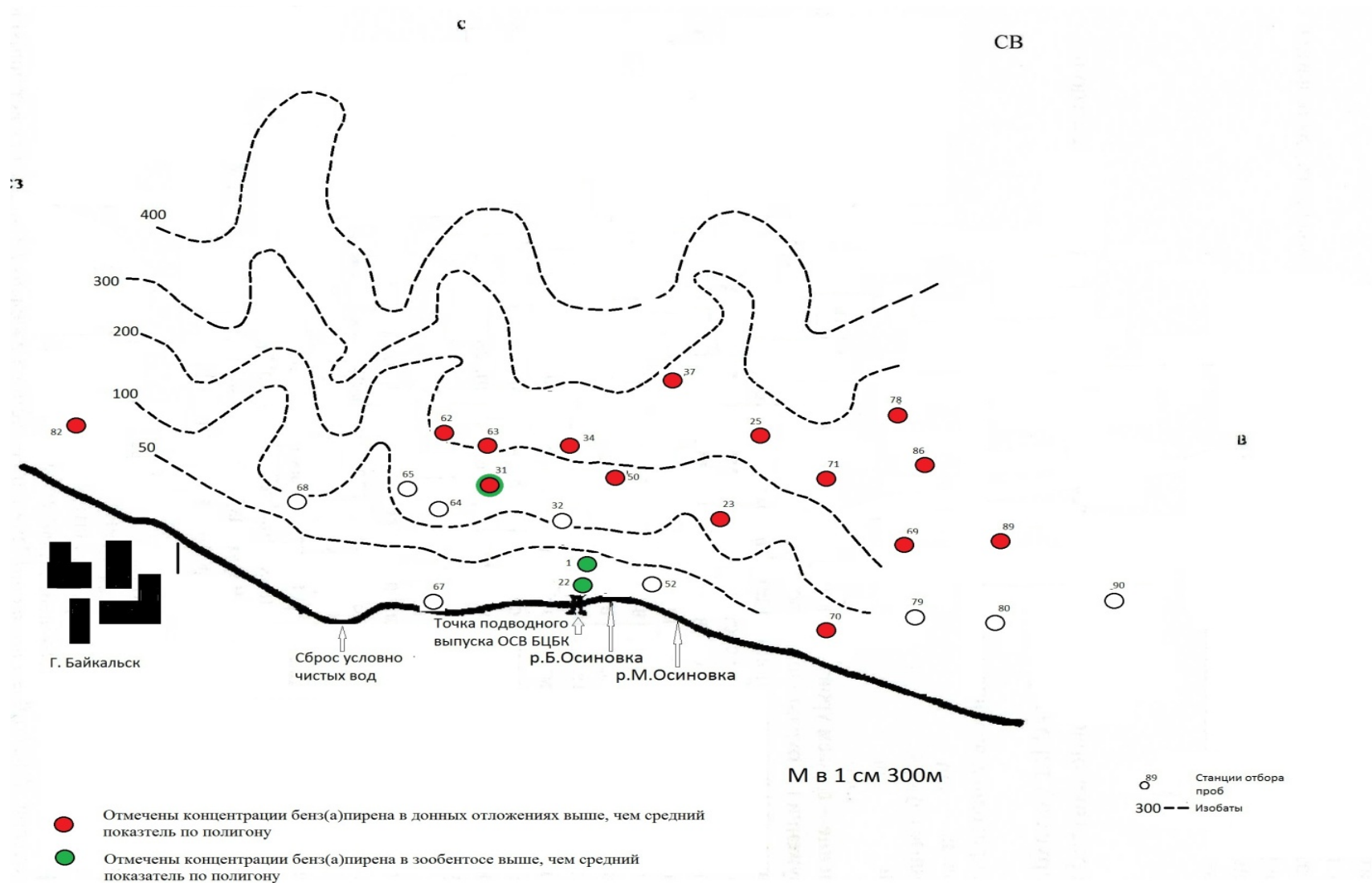


Рисунок 1.1.1.3.2. Станции, на которых отмечены значения БП, превышающие средние значения для всего полигона в донных отложениях и в зообентосе в 2012 году

Выводы

1. Данные гидрохимического и геохимического контроля грунтовой воды и донных отложений, выполненные ФГБУ «Гидрохимический институт» и ФГБУ «Иркутское УГМС» в районе сброса сточных вод комбината в октябре 2012 года, при сравнении с данными полученными в 2011 году свидетельствуют о дальнейшем повышении уровня загрязненности природной среды озера по следующим характерным показателям: растворенному кислороду в грунтовой воде, сульфидной сере в донных отложениях, бенз(а)пирену в донных отложениях (включая накопление бенз(а)пирена в зообентосе).

2. Общая площадь загрязненных донных отложений в районе выпуска сточных вод БЦБК, рассчитанная по комплексным показателям, увеличилась в 1,3 раза по сравнению с данными 2010 года и составила 5,5 км². Площадь зоны загрязнения донных отложений, является заниженной, так как в системе контроля, имеющей место на сегодняшний день, отсутствуют наблюдения на глубинах более 350 м.

3. Несоблюдение сроков и периодичности отбора проб донных отложений снижает качество оценки состояния озерной экосистемы.

4. В 2012 году мониторинг донных отложений в северной части озера Байкал и дельте реки Селенга не осуществлялся по техническим причинам.

Рекомендации

1. Восстановить полную систему мониторинга донных отложений, существовавшую до 1990 года, в том числе ежегодный мониторинг донных отложений в районе воздействия БЦБК, дельте реки Селенга и на Северном Байкале. Охватить наблюдениями за донными отложениями глубины более 300 метров, на которых ранее наблюдались максимальные концентрации загрязняющих веществ.

2. Для получения объективной информации о состоянии и изменениях в донных отложениях озера Байкал соблюдать плановые (сезонные) сроки отбора проб.