

1.3. Природно-антропогенные объекты

1.3.1. Район Байкальского ЦБК

(Институт экологической токсикологии им. А.М. Бейма МПР России, г. Байкальск)

Краткая характеристика Байкальского ЦБК

Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат (БЦБК) был построен для производства целлюлозы класса “супер-супер”, которая предназначалась для армирования шин советских высокоскоростных, в том числе военных, самолетов сверхпрочным вискозным кордом. Главными аргументами в пользу возведения целлюлозно-бумажного предприятия на Южном берегу озера Байкал послужили:

- Доступность воды с минимальным содержанием солей и постоянством химического состава в течение круглого года;
- Наличие в Байкальском регионе сырья для возможного обеспечения производства хвойной древесиной (позже этот аргумент был признан ошибочным по ряду причин);
- Близость транссибирских транспортных путей.

Байкальский ЦБК был рассчитан на выработку сульфатной кордной целлюлозы в количестве 200 тыс. тонн в год. Первая очередь завода была принята в эксплуатацию в 1966-м, вторая очередь – в 1974 году. Товарный продукт выпускался в виде листа плотностью 600 г/м², упакованного в кипы. Дополнительно комбинат вырабатывал 18 тыс. т/год целлюлозы «санитарных» сортов, а кроме того, тоже в небольших количествах – кормовые дрожжи, сульфатный скипидар, метилсернистые соединения в метаноле и талловое масло. В технологическом процессе использовалась хлорная отбелка целлюлозы. Для тепло- и электроснабжения комбината и города Байкальска была построена ТЭЦ, работавшая на каменном угле. Для обеспечения производства комбинату поставлялись отходы хвойных пиломатериалов, а также сульфат натрия, известняк, каустик, жидкий хлор, серная кислота, каменный уголь и т.п.

Для очистки производственных сточных вод БЦБК и одновременно – хозяйственно-бытовых стоков города были построены уникальные для своего времени по эффективности, сложные и дорогостоящие очистные сооружения. Проходя их, стоки подвергались многоступенчатой механической, химической и биологической очистке. При выпуске в озеро, в количестве 240 тыс. м³/сут, они разбавлялись байкальской водой в 20 раз.

Уплотненный осадок от химической очистки сточных вод (шлам-лигнин) направлялся на временное складирование в «пруды» или «карты»-осадконакопители, рассчитанные на заполнение в течение 10 лет, вплоть до решения проблемы его промышленной утилизации. После заполнения осадконакопителей, их засыпали твердыми, в т. ч. хозяйственными отходами и грунтом. В настоящее время шлам-лигнин утилизируется методом сушки и сжигания. Однако его значительные количества продолжают храниться в «картах», в расчете на решение проблемы в будущем.

С целью обеспечения рассеивания дымовых выбросов в высоких слоях атмосферы, были построены дымовые трубы высотой 120 м для энергетических и содорегенерационных котлов ТЭЦ. Очистка и дезодорация дымовых и газовых выбросов осуществлялись на специальных локальных установках.

За время эксплуатации БЦБК, с 1966 по 2003 год, коренных изменений в технологии производства продукции и очистки его сбросов и выбросов не происходило. Тем не менее, вводились многочисленные усовершенствования, которые неоднозначно сказывались на качестве продукции, но в большинстве случаев улучшали качество очистки выбросов и сбросов комбината. Постепенно снижалось количество сточных вод. В 2002 году их объем составил 110-120 тыс. м³ в сутки, при ограничении производства целлюлозы до 170 тыс. тонн (2000 г.).

В то же время, некоторые мероприятия наносили ущерб окружающей природной среде. Например, при строительстве бабхинского шламонакопителя был вырублен обширный массив смешанного леса с плодоносящими ягодниками вблизи поселка Утулик.

В целях улучшения экологической обстановки в районе озера Байкал, 02.12.1992 года Правительство Российской Федерации приняло постановление № 995 «О перепрофилировании Байкальского целлюлозно-бумажного комбината и создании компенсирующих мощностей по производству целлюлозы». За период действия постановления проведен ряд мероприятий по сокращению воздействия сбросов и выбросов БЦБК на озеро Байкал. К 2007 году планируется перестроить технологию производства комбинатом беленой целлюлозы на бесхлорный способ отбелки, перевести его водопотребление на замкнутый цикл и повысить качество его атмосферных выбросов до безвредных уровней.

Схема экологического мониторинга в районе Байкальского ЦБК

Основа экологического мониторинга озера Байкал в районе расположения БЦБК была заложена детальными системными исследованиями М.М. Кожова в 60-е годы XX века. Позже эта работа была продолжена, расширена и детализирована коллективами Байкальской биологической станции, НИИ биологии ИГУ, Лимнологического института СО РАН, Лаборатории мониторинга природной среды и климата Госкомгидромета и АН СССР, Института экологической токсикологии им. А.М. Бейма (ИЭТ) МПР России, Гидрохимического института Росгидромета.

Настоящий раздел имеет следующую структуру:

1) химическое и санитарно-микробиологическое качество очищенных сточных и грунтовых вод БЦБК, их токсические свойства для гидробионтов (ИЭТ);

2) выбросы загрязняющих веществ БЦБК в атмосферу; отходы его производства (ВостСибНИИГГиМС);

3) состояние экосистемы в прибрежной мелководной зоне озера в районе влияния БЦБК:

- химическое и санитарно-микробиологическое качество природных вод Байкала;*
- параметры зообентоса (ИЭТ);*

4) состояние экосистемы в пелагической зоне озера в районе влияния БЦБК:

- химическое качество природной байкальской воды (ИЭТ, ВостСибНИИГГиМС);*
- параметры бактерио-, фито-, зоопланктона; бактерио- и зообентоса (ГХИ);*

Наблюдения выполнены в пунктах пробоотбора, которые представлены на рисунке 1.3.1.1. При этом контролировались параметры, указанные в таблице 1.3.1.1.

Результаты экологического мониторинга в районе Байкальского ЦБК

Очищенные сточные и грунтовые воды БЦБК. *Байкальский ЦБК вносит существенный вклад в антропогенное влияние на прибрежные байкальские акватории – по объемам сбрасываемых сточных вод (рис. 1.3.1.2). Однако химический состав его стоков близок к комплексу веществ, образующихся в процессе естественного разрушения древесины, а уровни содержания в его стоках некоторых химических компонентов сопоставимы с их содержанием в природных пресных водах.*



Пелагические полигоны:

- П1** Полигон в районе водозабора БЦБК. Расположен над глубиной 55 м. Отбор проб на горизонтах: 0 м, 10 м, 25 м, 50 м.
- П5** Полигон в районе сброса ОСВ БЦБК. Расположен над глубиной 50 м. Отбор проб на горизонтах: 0 м, 10 м, 25 м, 50 м.
- П7** Полигон на траверзе сброса ОСВ БЦБК. Удаленность от берега - 7 км. Расположен над глубиной 900 м. Отбор проб на горизонтах: 0 м, 10 м, 25 м, 50 м и 100 м.

Точки отбора проб в прибрежной (мелководной) зоне

- Ф1** - устье р. Красный ручей;
- Ф2** - устье р. Харлахта;
- Ф3** - район водозабора БЦБК, насосной станции 1-го подъема;
- ОП1** - участок мелководья напротив сушильного цеха;
- ОП2** - участок мелководья напротив отбельного цеха;
- ОП3** - участок мелководья напротив лесной биржи;
- ОП4** - участок мелководья напротив эстакад лесной биржи;
- ЗШО1** - участок мелководья напротив 1-го золошламоотвала;
- ЗШО2** - участок мелководья напротив 2-го золошламоотвала;
- ПО** - участок мелководья напротив прудов-отстойников;
- ПА** - участок мелководья в районе выпуска ОСВ.

Рис. 1.3.1.1. Карта-схема расположения пунктов пробоотбора в районе Байкальского ЦБК

Таблица 1.3.1.1

Контролируемые параметры водных экосистем в районе БЦБК

Пункты пробоотбора			Объект наблюдения	Контролируемые параметры	
Название	Кол-во	Местоположение		Название	Кол-во
1	2	3	4	5	6
Пруд-аэратор Байкальского ЦБК	1	К востоку от БЦБК, за юго-восточной границей пос. Солзан, на левом берегу р. Осиновка	Очищенные сточные воды	Химическое качество	30
				Санитарно-микробиологическое качество	2
				Токсические свойства для гидробионтов	7
Наблюдательные гидрогеологические скважины № 3, 4, 5, 6, 52 (нумерация принята на БЦБК)	5	Между промплощадкой БЦБК и берегом Байкала	Грунтовые воды	Химическое качество	29
				Санитарно-микробиологическое качество	2
				Токсические свойства для гидробионтов	7
Прибрежные мелководные точки: западный отрезок мелководья – 3 «условно-фоновых»; центральный отрезок – 6 точек; восточный отрезок – 2 точки	11	12-км полоса мелководья, к восточной и центральной частям которой примыкает промплощадка комбината	Природная байкальская вода, на глуб. 0,25 и 5-7 м	Химическое качество	28
			Сообщество донных беспозвоночных (зообентос)	Санитарно-микробиологическое качество	2
Пелагический полигон П1	1	Траверз станции водозабора БЦБК, 300 м от берега, над глуб. 50 м	Природная байкальская вода, на глуб. 0; 25, 50 м	Таксономическое разнообразие, численность и биомасса отдельных таксонов	33
Пелагический полигон П5	1	В непосредственной близости от точки сброса ОСВ БЦБК, над глуб. 50 м	Природная байкальская вода, на глуб. 0; 25, 50 м	Химическое качество	30
Пелагический полигон П7	1	Траверз инжектора сброса ОСВ БЦБК, 7 км от берега, над глуб. 900 м	Природная байкальская вода, на глуб. 0; 25, 50, 100 м	Химическое качество	30
Большой (220 км ²) и малый (30 км ²) пелагические полигоны	2 полигона, 61 станция		Бактерио-, фито-, зоопланктон; бактерио- и зообентос	Таксономическое разнообразие; численность и биомасса: суммарные и – отдельных групп	

Химическое качество очищенных сточных вод БЦБК. Очищенные сточные воды (ОСВ) БЦБК – это сложные многокомпонентные смеси. По степени минерализации они относятся к пресным водам, а по ионному составу – к сульфатно-хлоридным натриевым водам. В 2003 г., по сравнению с 2002 г., в ОСВ увеличились значения таких показателей и компонентов, как Eh (на 22%, до 287 мВ), общая жесткость (на 12%, до 1,237 мг-экв/дм³), магний (на 26%, до 3,87 мг/дм³) и хлориды (на 28%, до 84,50 мг/дм³), а также на 46% возросла цветность ОСВ (до 69,5 град. ХКШ) на фоне увеличения цветности забираемой для производственных нужд воды. В то же время, уменьшилось содержание взвешенных веществ (на 59%, до 2,0 мг/дм³), нитратов (на 27%, до 0,26 мг/дм³), минерального фосфора (на 87%, до 0,00027 мг/дм³), СПАВ (на 21%, до 0,034 мг/дм³), АОХ (на 32%, до 0,63 мг/дм³) (табл. 1.3.1.2).

В течение 2003 г. (май-ноябрь) химический состав ОСВ БЦБК оставался постоянным по сравнению со средними уровнями за 36-летний период наблюдений. Однако за этот период происходило постоянное существенное снижение содержания в стоках приоритетных компонентов (сульфаты, хлориды, натрий и т.д. – табл. 1.3.1.3).

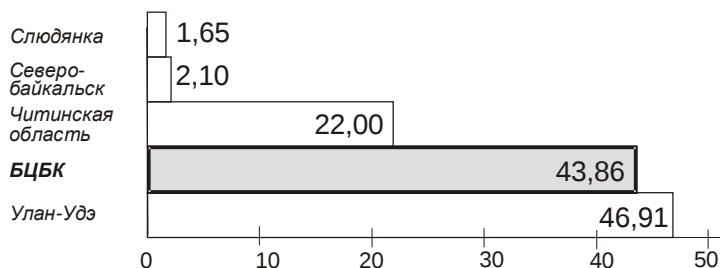


Рис. 1.3.1.2 Сброс сточных вод в 2003г., млн. м³

Таблица 1.3.1.2
Изменение усредненных (май-ноябрь) химических показателей ОСВ БЦБК,
2002 – 2003 гг.

Показатели	Ед. измер.	2002 г.	2003 г.	% отклонения
Цветность	град. ХКШ	47,5	69,5	46,2
Хлор-ион	мг/дм³	65,84	84,50	28,3
Магний	мг/дм³	3,07	3,87	26,1
Еh	мВ	234	287	22,3
Гидрокарбонаты	мг/дм³	20,59	25,03	21,6
Общая жесткость	мг-экв/дм³	1,101	1,237	12,3
Кальций	мг/дм³	16,84	18,27	8,5
Калий	мг/дм³	5,2	5,5	4,5
Натрий	мг/дм³	100,8	103,7	2,9
рН	ед. рН	6,69	6,88	2,9
Раствор. кислород	мг О₂/дм³	6,96	7,15	2,7
Железо общ. раств.	мг/дм³	0,06	0,06	1,6
Фенолы	мг/дм³	0,009	0,009	-2,2
Сульфаты	мг/дм³	146,9	139,6	-5,0
ХПК	мг О/дм³	46,11	42,99	-6,8
Окисляемость перм.	мг О/дм³	13,62	12,57	-7,7
Фосфор органический	мг/дм³	0,014	0,012	-11,7
Азот органический	мг/дм³	0,25	0,22	-12,9
СПАВ	мг/дм³	0,043	0,034	-21,1
БПК₅	мг О₂/дм³	1,93	1,43	-25,9
Нитрат-ион	мг/дм³	0,36	0,26	-27,1
Кремний	мг/дм³	0,70	0,49	-30,4
АОХ	мг/дм³	0,93	0,63	-31,7
Сумма УВС	мг/дм³	0,265	0,144	-45,6
Взвешенные в-ва	мг/дм³	4,8	2,0	-58,8
Сумма УВ	мг/дм³	0,182	0,047	-74,0
Фосфор минеральный	мг/дм³	0,002	0,000	-86,7

Примечание:

- возрастание более, чем на 10%
- изменение в пределах 10%
- снижение более, чем на 10%

Таблица 1.3.1.3

**Содержание некоторых приоритетных компонентов
в очищенных сточных водах БЦБК (усредненные данные), мг/дм³**

Ингредиент	1980-е гг.	1990-е гг.	2003 г.
Взвешенные вещества	8,7	3,0	2,0
Натрий	120	110	103,7
Хлориды	110	101	84,5
Сульфаты	258	170	139,6
Фенолы	0,014	0,010	0,009
Сумма УВ	0,05	0,07	0,047
АОХ	5,50	1,15	0,63

Химическое качество грунтовых вод БЦБК. Грунтовые воды, которые фильтруются под промплощадкой комбината в сторону Байкала, в 2003 г. были загрязнены минеральными и органическими веществами. Постоянно и максимально загрязненными были грунтовые воды под отбельным и сушильным цехами БЦБК. Характерными загрязнителями грунтовых вод были: хлориды (до 103,6 мг/дм³), натрий (до 112,0 мг/дм³), взвешенные вещества (до 35,6 мг/дм³). Отмечалось высокое, против фонового, содержание гидрокарбонат-иона (до 405,8 мг/дм³).

В 2003 г., по сравнению с 2002 г., соотношение химических компонентов в грунтовых водах претерпело некоторые изменения. Например, в скважине № 5, расположенной между отбельным и сушильным цехами, возросли показатели: ХПК (на 52%, до 27,21 мг О/дм³), хлориды (на 679%, до 62,85 мг/дм³), аммоний (на 104%, до 0,57 мг/дм³), нитриты (на 233%, до 0,890 мг/дм³), органический фосфор (на 89%, до 0,017 мг/дм³). Сократилось содержание взвешенных веществ (на 58%, до 17,35 мг/дм³), растворенного кислорода (на 91%, до 0,12 мг О₂/дм³), перманганатной окисляемости (на 51%, до 8,00 мг О/дм³), натрия (на 75%, до 54,7 мг/дм³), сульфатов (на 85%, до 15,3 мг/дм³), фосфора минерального и СПАВ (на 100% – до порога обнаружения).

Сведения о составе грунтовых вод между промплощадкой БЦБК и берегом Байкала и динамике их изменений в 2003 году показаны на рисунке 1.3.1.3.

Санитарно-микробиологическое качество очищенных сточных и грунтовых вод БЦБК. В ОСВ БЦБК и в грунтовых водах под ним, в 2003 г., как и в 2002-м, постоянно регистрировалось наличие сапрофитных бактерий (СБ) и бактерий группы кишечных палочек (БГКП). Однако их уровни в 2003 г. были ниже, чем в 2002 г. Причем средняя численность СБ в сточных и, одновременно, грунтовых водах сократилась на 72%, или в 3,5 раза, до 12165 и 2055 кл/см³, а коли-индекс в сточных, так же, как и в грунтовых водах, снизился ≈ на 83%, или в 6 раз, до 9715 и 1213 кл/дм³ соответственно.

По показателю численности СБ грунтовые воды БЦБК в 2003 г. находились между категориям "загрязненных" и "умеренно загрязненных" – по санитарно-микробиологической классификации природных вод. В течение ряда последних лет наблюдается снижение загрязненности ОСВ по микробиологическим показателям.

Токсичность очищенных сточных и грунтовых вод БЦБК для гидробионтов. В 2003 г. (май–ноябрь), за исключением одной, все пробы неразбавленных стоков БЦБК и грунтовых вод не оказывали токсического действия на рачков дафний и водоросль сценедесмус. Лишь в одной из 18 проб ОСВ выживаемость рачков составила 62%, но ее разбавление байкальской водой 1:1 полностью снимало токсический эффект. Стимулирующее действие на водоросль отмечалось в трети

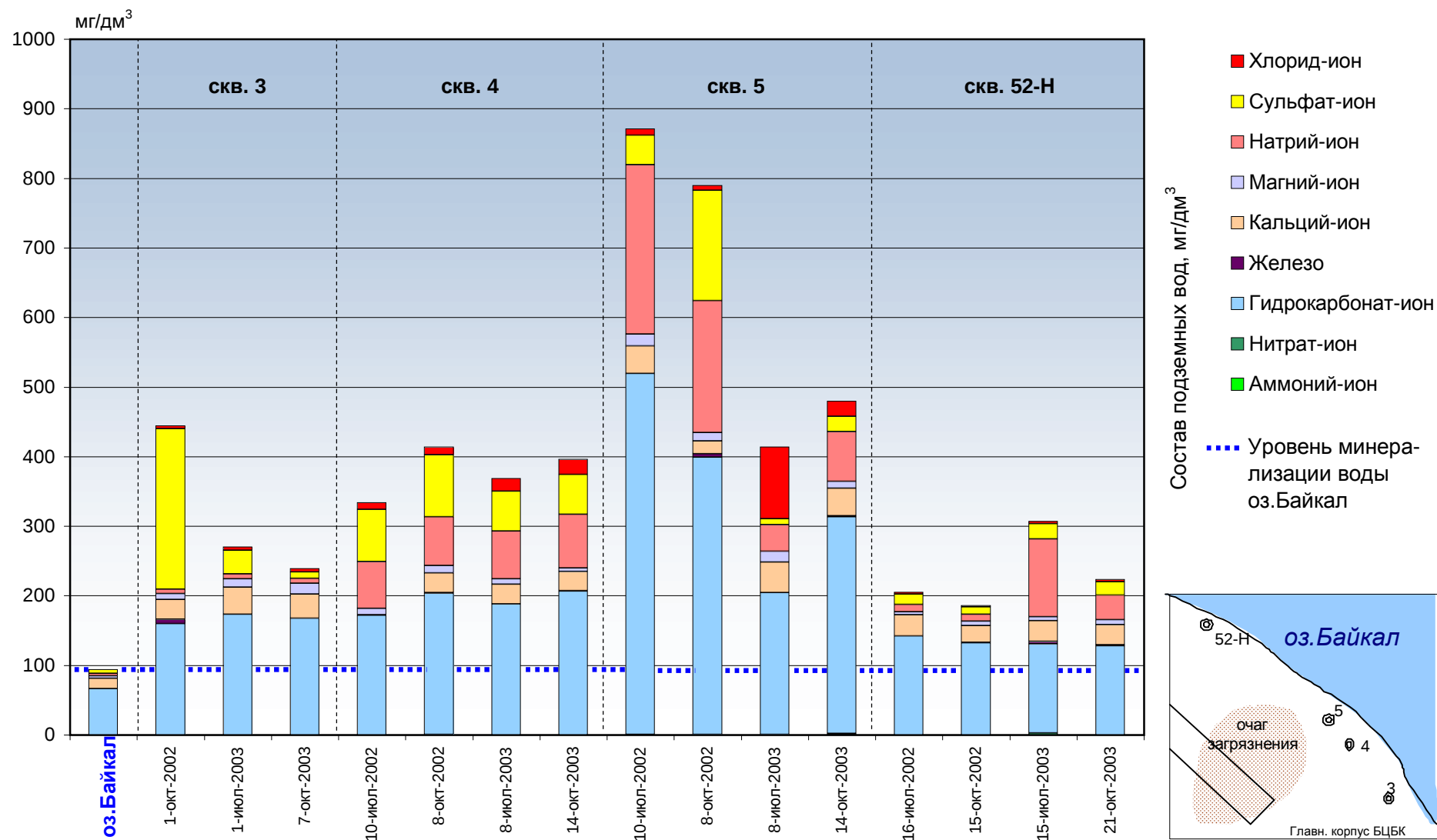


Рис. 1.3.1.3. Химический состав грунтовых вод по основным компонентам на территории БЦБК между промплощадкой и берегом Байкала в 2002-2003 гг., мг/дм³ (наблюдения ИЭТ им. А.М.Бейма)

неразбавленных проб ОСВ и в половине – из неразбавленных проб грунтовых вод. В их разбавлениях до 1:4 стимулирующий эффект сокращался, или полностью исчезал.

В период с 2000 по 2002 гг. токсичность ОСВ комбината была близка к уровню 2003 г. Однако в 2002 г. их острая токсичность для дафний была зафиксирована четырежды. Т.о., в 2003 г., по сравнению с 2002-м, токсические свойства ОСВ снизились.

С начала наблюдений до 2003 г. токсичность стоков комбината постепенно убывала. Так, в период до 1980 г. безопасными для гидробионтов были разбавления ОСВ от 20 до 50 крат. В 1981 – 1984 гг. уже 5-кратные разбавления не оказывали негативного влияния на гидробионтов. В последние же годы от 80 до 100% неразбавленных проб сточной воды не вызывали острых токсических эффектов у тест-объектов. В этой связи можно ожидать, что в ближайшие годы токсичность ОСВ продолжит снижаться. Однако необходимо иметь в виду, что с началом работ по переводу БЦБК на замкнутый цикл водопотребления могут снизиться объемы сточных вод, но – существенно возрасти концентрации в них загрязняющих веществ и, соответственно, их токсичность.

При поступлении в Байкал стоки комбината многократно разбавляются. Поступающие в мелководье загрязненные грунтовые воды, за счет прибойных волн, интенсивно перемешиваются с байкальской водой. Учитывая это, можно предполагать, что их попадание в озеро не вызывало токсических эффектов у гидробионтов. В ближайшем будущем, при сохранении прежнего качества ОСВ и грунтовых вод, проявление таких эффектов также не предполагается.

Выбросы загрязняющих веществ БЦБК в атмосферу. *Количества атмосферных выбросов Байкальского ЦБК сравнительно невелики (рис. 1.3.1.4). Источниками поступления загрязняющих веществ БЦБК в атмосферу являются энергетические, содорегенерационные и корьевые котлоагрегаты, снабженные трубами высотой 120 метров, а также около сотни других, более мелких источников.*

Основными ингредиентами аэропромвыбросов БЦБК являются следующие вещества: пыль (в т. ч. сульфат натрия и щелочь), сернистый ангидрид, соединения восстановленной серы (сероводород, соединения метилмеркаптанового ряда), терпеновые углеводороды, окислы азота, углерода и хлора, фенолы, метанол.

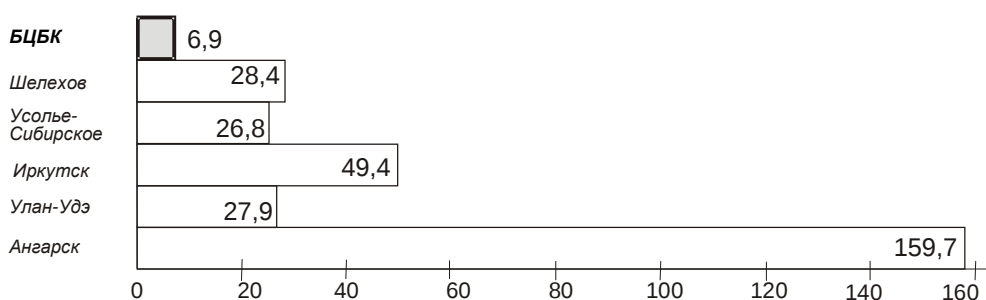


Рис. 1.3.1.4 Выбросы загрязняющих веществ в 2003 г., тыс. тонн

В таблице 1.3.1.4 приведены данные о величине выбросов в атмосферу приоритетных для БЦБК загрязняющих веществ в длительной временной перспективе. Эти данные свидетельствуют о существенном снижении объемов выбросов, которое обусловлено как проведением мероприятий по охране воздушного бассейна, так и снижением объемов производственной деятельности.

В 2003 году, по сравнению с 2002-м, произошло сокращение суммарных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по причине снижения выработки беленой и небеленой целлюлозы, а также в связи с оптимизацией работы печей ИРП и уменьшением времени эксплуатации энергетических котлов с немодернизированным электрофильтром.

Увеличились выбросы угольной золы в связи с ухудшением качества (зольности) угля. Увеличение в выбросах метилмеркаптана и фенола произошло по причине увеличения выработки вискозной целлюлозы.

Таблица 1.3.1.4

Величины выбросов загрязняющих веществ БЦБК в атмосферу

Загрязняющее вещество	Выброс, т/год			
	1981 г.	1995 г.	2002 г.	2003 г.
Взвешенные вещества	15 269	4 551	2 757	2 791
Газообразные вещества, в т. ч.:	-	-	4 462	4 083
Диоксид серы	5 327	3 500	2 031	2 058
Оксиды азота	-	-	1 689	1 355
Сероводород	1 098	189	55	55
Метилмеркаптан	-	70	43	53
Метанол	-	-	4	1
Фенол	0,37	0,37	0,033	0,053
Суммарный выброс	-	-	7 220	6 875

Примечание: прочерк означает отсутствие данных

Отходы производства БЦБК. На территории комбината вблизи берега Байкала с 1968 года существует склад древесной коры. Необходимость ее временного складирования возникла из-за неудовлетворительной работы корьевого утилизационного котла. Несмотря на ввод в 1974 году второго корьевого котла и сжигание части накопленной ранее коры, на этом складе продолжает храниться несколько сотен тысяч кубометров влажных древесных отходов. Они подвергаются биологическому разложению, промываются атмосферными осадками, образующиеся сточные воды просачиваются через грунт в озеро.

В настоящее время шлам-лигнин – осадок, образующийся при химической очистке сточных вод комбината, утилизируется методом сушки и сжигания. До внедрения этого метода шлам-лигнин складировался в специально оборудованных «картах»-шламонакопителях. На протяжении почти 30 лет карты остаются в прежнем виде. С целью возвращения занятых ими площадей в хозяйственный оборот и улучшения экологической ситуации, на территории шламонакопителей № 1, 4, 5 проводится техническая рекультивация. Для захоронения шламонакопителей частично используется масса из склада древесной коры.

В восточной части промплощадки БЦБК на берегу озера Байкал организован золошламоотвал для хранения твердых отходов энергетических, корьевых, содорегенерационных котлов. В 1989 году выполнена рекультивация золошламоотвала. Он был засыпан местным грунтом, а его дамба укреплена со стороны озера. Однако при этом не была предусмотрена система для сбора и отвода дождевых и талых вод. Эти воды могут проникать сквозь насыпной грунт в захороненную массу золы и известкового шлама, выщелачивать их и затем просачиваться в подземных водоносных слоях в сторону берега, вызывая загрязнение байкальской воды в прибрежной зоне озера.

За 2003 год на БЦБК образовалось в сумме 152323,2 т отходов. Из них было использовано и обезврежено 98432,543 т, захоронено (с учетом ранее накопленных отходов) 70263,81 т.

Состояние экосистемы в прибрежной мелководной зоне озера в районе влияния БЦБК

Химическое качество природных вод мелководья. Дренажное грунтовых вод с промплощадки БЦБК в 2003 г., как и в предыдущий период наблюдений, приводило к загрязнению воды прибрежной полосы, расположенной вдоль основных цехов комбината, по сравнению с "фоновыми" пунктами, – натрием (в 5 раз, до 15,2 мг/дм³), хлоридами (в

2,6 раза, до 2,3 мг/дм³), сульфат-ионами (в 1,8 раза, до 13,3 мг/дм³), хлорорганическими веществами (в 3 раза, до 8,2 мкг/дм³), нефтепродуктами (в 1,5 раза, до 0,079 мг/дм³), а также лигнинными и гумусными соединениями, которые обуславливают цветность воды.

По сравнению с 2002 г., в 2003 г. уровни загрязнения мелководья (литорали) по ряду параметров заметно возросли. Так, увеличился показатель цветности (более, чем на 100%, до 32,1-35,2 град ХКШ), общее железо (на 90-144%, до 0,04-0,08 мг/дм³), фосфор минеральный (напротив отбельного цеха БЦБК – почти в 2 раза, до 0,035 мг/дм³). Другие показатели в 2003 г. понижались: взвешенные вещества (на 55-69%, до 3,3-5,5 мг/дм³), азот нитритный (на 62-77%, до 0,001 мг/дм³), СПАВ (на одной из фоновых точек на 100% – ниже порога обнаружения).

Некоторые факты увеличения концентраций загрязняющих веществ в литорали могут быть объяснены особенностями летних ветров 2003 г. Эти ветры могли вызвать кратковременный снос шлейфа ОСВ БЦБК на запад и, вероятно, даже в прибрежную часть озера.

В целом, в 2003 г., по сравнению с более ранним периодом наблюдений, значимых изменений в уровнях загрязнения вод прибрежной зоны Байкала не произошло.

Санитарно-микробиологическое качество природных вод мелководья. В воде полосы мелководья, испытывающей влияние загрязненных грунтовых вод БЦБК, а также в воде фоновых пунктов мелководья в течение всего периода наблюдений 2003 г. регистрировались довольно высокие уровни СБ и БГКП (до 24208 кл/см³ и 3333 кл/дм³ соответственно). Содержание СБ было максимальным в прибойной зоне и снижалось в 2,5 – 40 раз (87 – 382 кл/см³) на глубине 5-7 м.

В 2003 г. микробное загрязнение приурезных биоценозов было в среднем на том же уровне, что и в 2002 г. Этот уровень можно отнести к категории «загрязненные воды» по санитарно-микробиологической классификации поверхностных вод. В 2003 г. на глубине 5-7 м санитарно-микробиологическое состояние воды колебалось между категориями "чистые" и "умеренно загрязненные воды".

Выявлена тенденция повышения численности СБ на мелководье, испытывающем влияние загрязненных грунтовых вод БЦБК, сравнительно с фоновыми точками (рис.1.3.1.5). Эта тенденция объясняется поступлением в литораль загрязненных грунтовых вод.

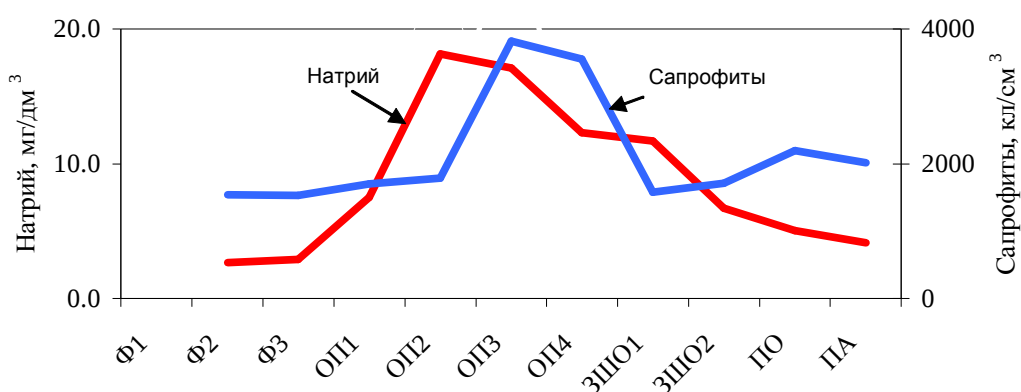


Рис.1.3.1.5. Содержание натрия и сапрофитных бактерий на мелководных точках пробоотбора в районе расположения БЦБК (глубина 0,25 м), 2003 г.

Микробное загрязнение "фоновых" пунктов, очевидно, обусловлено их рекреационным использованием. Различия между наблюдаемыми точками по микробиологическим показателям весьма незначительны. Поэтому можно предполагать,

что воздействие на литоральные микробные сообщества загрязненных грунтовых вод БЦБК сопоставимо с рекреационной нагрузкой.

Параметры зообентоса мелководья. На полосе приуездной зоны, испытывающей максимальное влияние загрязненных грунтовых вод, по сравнению с «фоновым» отрезком, в 2003 г. в населении донных животных (зообентосе) наблюдались:

- Снижение таксономического разнообразия донных сообществ беспозвоночных на уровне высоких таксонов (на 2-3 таксона, до 6 таксонов);
- Повышение суммарных показателей зообентоса: численности (в среднем в 2,6 раза, до 1687,5 тыс. экз/м²) и биомассы (в среднем в 2,8 раза, до 67122 мг/м²);
- Возрастание количественных характеристик олигохет: численности (в среднем в 3,7 раза, до 991,6 тыс. экз/м²) и биомассы (в среднем в 4,4 раза, до 34730 мг/м²) (рис. 1.3.1.6);
- Возрастание численности (в среднем в 2,3 раза, до 6,8 тыс. экз/м²) и биомассы (в среднем в 2,7 раза, до 25259 мг/м²) гаммарид рода *Micruropus*.

На глубине 5-7 м в бентосном сообществе, прилегающем к промплощадке БЦБК, по сравнению с «фоновыми» пунктами, устойчивых различий не зарегистрировано.

Тенденции, установленные для зообентоса приуездной зоны, согласуются с литературными данными¹⁾. Поэтому они могут объясняться как результат влияния загрязненных грунтовых вод БЦБК.

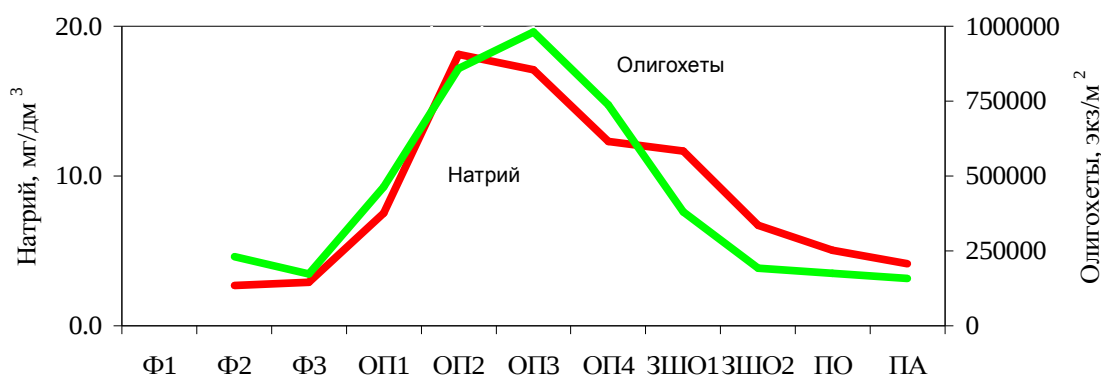


Рис. 1.3.1.6. Содержание натрия (средние значения за летнее-осенний период) и численность олигохет на мелководных точках пробоотбора в районе расположения БЦБК (глубина 0,25 м), 2003 г.

Состояние экосистемы в пелагической зоне озера в районе влияния БЦБК

Химическое качество природных вод пелагической зоны. В 2003 г. на полигоне, который расположен в районе сброса ОСВ БЦБК, по сравнению с двумя более удаленными полигонами, на глубине 50 м были повышены концентрации углеводов (соответственно на 75 и 1300%, до 0,062 мг/дм³). Других существенных отклонений в химических параметрах водной толщи на этом полигоне не обнаружено. К отклонениям, которые не так велики, можно отнести возрастание здесь, на глубине 50 м, содержания АОХ (соответственно на 7 и 34%, до 9,2 мкг/дм³).

Необходимо отметить, что в 2002 г. в районе сброса ОСВ фиксировались более разнообразные отклонения химических показателей водной толщи. На глубине 50 м этого пункта, по сравнению с двумя более удаленными, было отмечено возрастание содержания

1) Кожова О.М., Козлова А.Я., Каплина Г.С. Материалы по макрозообентосу и состоянию грунтов в Южном Байкале (1972 – 1973 гг.) / Гидробиологические и ихтиологические исследования в Восточной Сибири. Чтения памяти проф. Кожова М.М., вып. 2. Изд-во ИГУ, 1978 г., С. 160 – 179.

хлоридов (на 35 и 37%, до 0,85 мг/дм³), аммония (на 33 и 67%, до 0,008 мг/дм³), нитратов (на 39 и 16%, до 0,043 мг/дм³), УВС (на 22 и 57%, до 0,033 мг/дм³) и АОХ (на 36 и 97%, до 7,9 мкг/дм³).

В июле и сентябре-октябре 2003 г. проведены наблюдения за основными гидрохимическими параметрами байкальской воды в районе БЦБК с использованием судового комплекса «Акватория-Байкал» (ВостСибНИИГГиМС). Результаты этих наблюдений показаны на рисунках 1.3.1.7 – 1.3.1.10.

Сравнение результатов гидрохимических наблюдений 2003 г. с многолетними данными свидетельствует о том, что в водной тоще района сброса ОСВ БЦБК на протяжении последних 25 лет устойчиво наблюдается локальное пятно повышенных концентраций загрязняющих веществ – приоритетных компонентов ОСВ. Такая стабильность обусловлена прежде всего отсутствием значимых изменений в составе сточных вод комбината, практически с начала его работы.

Гидробиологические показатели пелагической зоны (Гидрохимический институт Росгидромета, Ростов-на-Дону). Контроль за состоянием гидробионтов в пелагической зоне озера осуществлялся в марте, июне и сентябре. Обобщенные количественные характеристики гидробиологических показателей и размеры площади зон загрязнения в 2003 году в сравнении с данными 2002 года представлены в таблице 1.3.1.3.

Бактериопланктон. Определение зоны влияния БЦБК проводилось по изменению численности сапрофитных (гетеротрофных) бактерий. Отдельно оценивалась численность фенол-, углеводородокисляющих и целлюлозоразрушающих бактерий. В 2002 году зимняя съемка не проводилась, поэтому сравнение сделано с соответствующими данными 2001 года.

В период наблюдений 2003 года (март, июнь, сентябрь) в районе выпуска сточных вод комбината отмечено пятно загрязнения, площадью 12,0 – 13,4 км² (в 2002 г. – 15,8 – 21,5 км²), со средней численностью СБ 102 – 1445 кл/см³ (в 2002 г. – 196 – 249 кл/см³), расположенное в северо-восточном (март), западном (июнь) направлении от места выпуска сточных вод комбината, либо в нем и вокруг него (сентябрь). По сравнению с прошлым годом, численность сапрофитов в зоне влияния БЦБК возросла, а площадь зоны загрязнения по этому показателю сократилась. Вне зоны сильного влияния комбината фоновая средняя численность гетеротрофов в водной толще колебалась в интервале 15 – 224 кл/см³ и была выше, чем в 2001-2002 гг. (26 – 44 кл/см³).

Интервалы численности фенол-, и углеводородокисляющих бактерий в 2003 году были близкими к определенным в 2001/2002 году. Целлюлозоразрушающие бактерии были обнаружены на 24 (март), 14 станциях (июнь) из 36 отобранных, или повсеместно (сентябрь).

Фитопланктон. Контроль осуществлялся по общей численности, биомассе и видовому составу. Зоны загрязнения определялись по показателю общей численности фитопланктона.

**Количественные характеристики и площади загрязнения
по различным группам гидробионтов
в районе БЦБК (числитель-пределы, знаменатель среднее значение)**

группы гидробионтов	месяц пробо-отбора	2002 г.				2003 г.			
		численность			площадь зоны загрязнения, км ² .	численность			площадь зоны загрязнения, км ² .
		в целом за съемку	фон	зона загрязнен.		в целом за съемку	фон	зона загрязнен.	
Бактериопланктон, кл/см ³	II-III	съемки не было	–	–	–	4 – 395	6 – 21	50 – 395	12,0
	VI	9 – 620	9 – 37	104 – 620	15,8	35	15	102	13,4
		108	26	249		12 – 5310	12 – 104	172 – 5310	
	IX-X	22 – 500	22 – 54	98 – 500	21,5	293	75	647	12,9
		114	44	196		147 – 2947	147 – 302	611 – 2376	
						691	224	1445	
Фитопланктон, тыс. кл/дм ³	III	съемки не было	–	–	–	10 – 99	10 – 16	24 – 39	10,9
	VI	399 – 4578	399 – 492	614 – 4578	23,6	23	14	32	11,2
		963	468	1220		173 – 925	258 – 520	661 – 925	
	IX-X	40 – 565	40 – 234	338 – 565	10,9	547	423	771	11,3
		263	164	434		193 – 1096	223 – 325	685 – 1096	
						557	283	795	
Зоопланктон, мг/м ³	II-III	съемки не было	–	–	–	2 – 114	68 – 114	2 – 22	9,2
	VI	6 – 162	6 – 33	73 – 162	11,6	42	84	15	18,9
		52	22	102		0,3 – 128	36 – 128	0,3 – 18	
	IX-X	0,6 – 134	0,6 – 37	99 – 134	9,7	28	64	9	18,1
		65	27	112		14 – 336	222 – 336	14 – 144	
						153	267	103	
Бактериобентос, тыс. кл/г влажн. ила	II-III	съемки не было	–	–	–	6 – 41	8 – 10	19 – 41	6,5
	VI	6 – 56	6 – 9	14 – 56	7,3	17	9	24	–
		17	8	25		съемки не было	–	–	
	IX-X	5 – 65	5 – 15	31 – 65	5,8	6 – 55	6 – 8	18 – 55	4,7
		28	11	43		18	7	32	
Зообентос, г/м ²	VI-2002	1 – 28	–	–	–	0,5 – 30	–	–	–
	IX-2003	9				13			

Примечание: прочерк означает отсутствие данных.

В марте доминантный комплекс включал в себя представителей типа *Chlorophyta* – *Monoraphidium griffithii*, доля которого доходила до 38% и *Koliella longiseta* – до 35%, *Chroomonas acuta* (тип *Cryptophyta*) – до 35%, *Glenodinium sp.* (тип *Dinophyta*) – до 24%. Эпизодически к ним присоединялись мелкие центрические водоросли (тип *Bacillariophyta*).

Площадь зоны сильного загрязнения достигала 10,9 км² и простиралась вдоль береговой линии на запад и восток от места выпуска стоков комбината. В пределах большого полигона зона загрязнения в западной части озера составляла 26 км², в восточной – находилась в районе Хара-Муринской банки и равнялась 13 км².

В июне лидером в доминантной структуре фитопланктона была водоросль *Synedra acus* (тип *Bacillariophyta*), ее процентное содержание доходило до 88%. Содоминантом являлся *Chrysidalis peritaphnera* (тип *Chrysophyta*) – до 49%. На реперных станциях к доминантному комплексу присоединялся *Chroomonas acuta* – до 44%. Площадь зоны

сильного загрязнения составляла 11,2 км² и состояла из трех пятен: одно располагалось вдоль береговой линии непосредственно у места выпуска сточных вод комбината, два других располагались в глубоководной части озера на запад и северо-восток. В 2003 году, в сравнении с июнем 2002 года, площадь зоны загрязнения и численность фитопланктона сократились в 2 раза. В фоновом районе численность фитопланктона осталась на уровне прошлого года и составила 423 тыс. кл/дм³. В пределах большого полигона зона загрязнения, площадью 7,5 км², располагалась на запад от места выпуска сточных вод комбината. На востоке зона загрязнения, как и в марте, находилась в районе Харамуринской банки и равнялась 11,3 км².

В сентябре доминировали *Chroomonas acuta*, доля которого доходила до 63% и *Chrysoidalis peritaphnera* – до 56%. В сравнении с сентябрем 2002 года, площадь зоны сильного загрязнения не изменилась, однако, численность фитопланктона в зоне загрязнения и в фоновом районе увеличилась в 1,8 раза. Зона загрязнения располагалась на северо-восток от места выпуска стоков комбината. В пределах большого полигона в глубоководной части озера на север от места выпуска стоков находилась зона загрязнения площадью 15 км². В 18 км от места выпуска стоков между устьями рек Безымянная и Бабха располагалась зона загрязнения площадью 22 км².

Зоопланктон. В 2003 году проведено 3 пробоотбора: в марте, июне и сентябре. Контроль осуществлялся по показателям численности и биомассы возрастных стадий эндемичного веслоногого рачка эпишуры (*Epischura baikalensis*). Размеры зоны загрязнения определялись по показателю общей биомассы эпишуры.

В подледный период зона загрязнения верхнего 50-метрового водного слоя озера имела форму двух пятен. Одно из них располагалось в районе выпуска стоков в прибрежной полосе. Размеры этого пятна загрязнения составляли 9,2 км², при средней биомассе в нем эпишуры 15 мг/м³, что в 7,5 раз ниже фоновых значений. Другое пятно с такой же низкой биомассой отмечалось в западном направлении от места выпуска. Общая площадь загрязненных участков в подледный период составляла 48 км².

В начале лета отмечалось сохранение пятнистости загрязнения наблюдаемой акватории. В районе выпуска сточных вод размеры пятна, расположенного в прибрежной полосе на восток и запад от выпуска, были равны 19 км², при средней биомассе эпишуры 9 мг/м³ – в 7 раз ниже, чем в фоновом районе. Отдельно расположенное пятно с низкой биомассой, размерами около 29 км² было зарегистрировано в западном направлении от места выпуска сточных вод.

В начале осени сохранялись два пятна загрязнения: площадью 11,6 км² и 6,4 км², располагавшихся, соответственно, в северо-восточном и западном направлениях вблизи от выпуска стоков. Средняя биомасса эпишуры здесь была 103 мг/м³ – в 21 раз ниже, чем в фоновом районе озера. Кроме этих двух, на удалении 9 км к западу от места выпуска отмечено третье пятно низкой биомассы рачка, площадью более 19 км². Оно не было оконтурено со стороны глубоководной части озера, т.к. выходило за границы контролируемого полигона.

Бактериобентос. В 2003 году проведены две съемки: подледная (март) и осенняя (сентябрь). Ввиду отсутствия подледной съемки в 2002 году, проведено сравнение результатов с аналогичной съемкой 2001 года.

В марте площадь зоны сильного загрязнения, определенная по численности гетеротрофов, составила 6,5 км², при средней численности СБ 24 тыс. кл/г вл. ила, что в 2,8 раза выше, чем в фоновом районе. Зона состояла из 2-х пятен: одно, площадью 5,6 км², располагалось непосредственно у места выпуска сточных вод комбината и было вытянуто вдоль береговой линии в восточном направлении, другое, площадью 0,9 км² находилось на расстоянии 1,5 км на запад от пункта сброса стоков. Численность фенолоксиляющих бактерий равнялась 200 кл/г влажного ила. Средняя численность углеводородоксиляющих

бактерий составляла 10 тыс. кл/г вл. ила, что на порядок выше, чем в 2001 году. Целлюлозоразрушающие бактерии обнаружены повсеместно.

В сравнении с мартом 2001 года площадь зоны загрязнения возросла в 1,3 раза, однако, численность гетеротрофов, как в зоне загрязнения, так и в фоновом районе была ниже.

В сентябре площадь зоны сильного загрязнения составила 4,7 км², при средней численности гетеротрофов 31,8 тыс. кл/г вл. ила. В фоновом районе численность гетеротрофов составила 6,7 тыс. кл/г вл. ила. В сравнении с 2002 годом произошло небольшое сокращение площади зоны загрязнения и среднего значения численности гетеротрофов. Фенолоксиляющие бактерии были обнаружены только на 5 станциях из 29 отобранных. Средняя численность углеводородокисляющих бактерий составляла 10 тыс. кл/г вл. ила, как и в 2002 году. Целлюлозоразрушающие бактерии обнаружены на всех исследованных станциях.

Зообентос. Пробы отбирали в сентябре, на глубинах 20-148 м. На контролируемом участке, у выпуска стоков комбината, донные отложения представлены илито-песчаными, реже песчаными осадками с примесью детрита.

В отобранных пробах обнаружено 9 таксономических групп беспозвоночных. Доминирующее положение, как и в предыдущие годы, занимали олигохеты – 58% от общей численности зообентоса. Субдоминировали амфиподы – 18%. Численность олигохет в 2003 году составляла 2602 экз/м², при средней биомассе 6,9 г/м². Олигохетный индекс изменялся от 32 до 82% и составлял в среднем 56%, что свидетельствует о загрязнении данного участка озера. По сравнению с прошлым годом, на контролируемой территории возросла частота встречаемости моллюсков. Они были обнаружены на 28 станциях из 35 отобранных (в 2002 году – на 25 станциях). Такая тенденция сохраняется на протяжении 2-х последних лет. Самыми многочисленными, как и прежде, были двустворчатые (*Bivalvia*) со средней численностью 139 экз/м² и брюхоногие моллюски *Liobaicalia steidae* – 45 экз/м².

Анализ гидробиологических характеристик пелагической зоны озера Байкал в районе Байкальского ЦБК свидетельствует о сохранении в 2003 году, как и в предыдущие годы, антропогенной нагрузки в пункте сброса сточных вод комбината. Здесь продолжает наблюдаться локальное возрастание численности планктонных сапрофитных бактерий, угнетение развития фито- и зоопланктона, а также повышение численности сапрофитных бактерий и доли олигохет в бентосном сообществе. Акватории с измененными таким образом гидробиологическими параметрами располагаются непосредственно в точке выпуска в озеро очищенных стоков комбината, вокруг и на небольшом удалении от нее. Эти зоны, в количестве от одной до трех, имеют форму неправильных пятен. Установленные по гидробиологическим показателям площади зон сильного загрязнения достигают 11,2 км², а зон загрязнения – 48 км². Эти площади, а также степень изменения гидробиоценозов сопоставимы с таковыми 2002 года и предыдущих лет наблюдений.

Выводы

- 1. Содержание основных химических компонентов в очищенных сточных водах (ОСВ) БЦБК и в грунтовых водах под ним в 2003 г., по сравнению с 2002 г., снижалось и колебалось около минимальных многолетних значений.**
- 2. Токсические свойства ОСВ для гидробионтов также снижались. В 2003 г. 96% протестированных проб ОСВ и грунтовых вод были витальными для подопытных организмов.**
- 3. В 2003 г., как и в 2002-м, установлено слабое стимулирующее действие ОСВ и грунтовых вод на водоросль сценедесмус. Это означает, что при поступлении таких вод в байкальское мелководье в нем может развиваться локальный процесс эвтрофикации. Он выражался бы прежде всего в усилении**

продукционных показателей водорослей. Однако натурными наблюдениями эвтрофикация не была зарегистрирована.

4. На 7-километровой полосе байкальского мелководья в 2003 г., как и в 2002-м, отмечались повышенные концентрации компонентов загрязненных грунтовых вод (гидрокарбонаты, сульфаты, натрия и др.), которые поступают в литораль. С ними в мелководье положительно коррелировали концентрации сапрофитных бактерий. Это свидетельствует о высокой микробальной активности наблюдаемых прибрежных биоценозов и, в свою очередь, отражает активность происходивших там процессов самоочищения.
5. На этой приурезной полосе в 2003 г. также отмечались пониженное таксономическое разнообразие зообентосного сообщества и его повышенные численность и биомасса – за счет сапротрофных и незндемичных групп. Эта перестройка является откликом мелководных биоценозов на воздействие загрязненных грунтовых вод БЦБК.
6. В будущем загрязнение байкальских мелководий грунтовыми водами БЦБК может и должно быть сокращено за счет продуманной системы откачки и очистки вод подземного купола и, прежде всего, – путем сокращения и предотвращения миграции загрязнителей с промплощадки комбината в подземные водоносные горизонты.
7. В открытом Байкале, в районе выпуска ОСВ химический состав вод озера определяется не только поступлением в него сточных и загрязненных грунтовых вод как таковым, но и – гидрологическим режимом водоема. Так, смена основного направления ветров и, как следствие, кратковременное изменение направления прибрежных течений, – способны поворачивать и даже, возможно, направлять к берегу шлейф ОСВ. Тем самым, естественные гидрологические процессы могут эпизодически заметно влиять на состав воды открытого Байкала и даже – на прибрежные воды.
8. В 2003 г., как и в 2002-м, в пункте сброса ОСВ комбината, на площади до 48 км², возрастала численность планктонных сапрофитных бактерий, происходило угнетение развития фито- и зоопланктона, а также повышение численности бентосных сапрофитных бактерий и доли олигохет в зообентосе.
9. В ближайшие годы, когда на БЦБК развернутся работы по переводу технологического процесса на замкнутый цикл водопотребления, программа мониторинга оз. Байкал в зоне влияния БЦБК должна быть откорректирована.

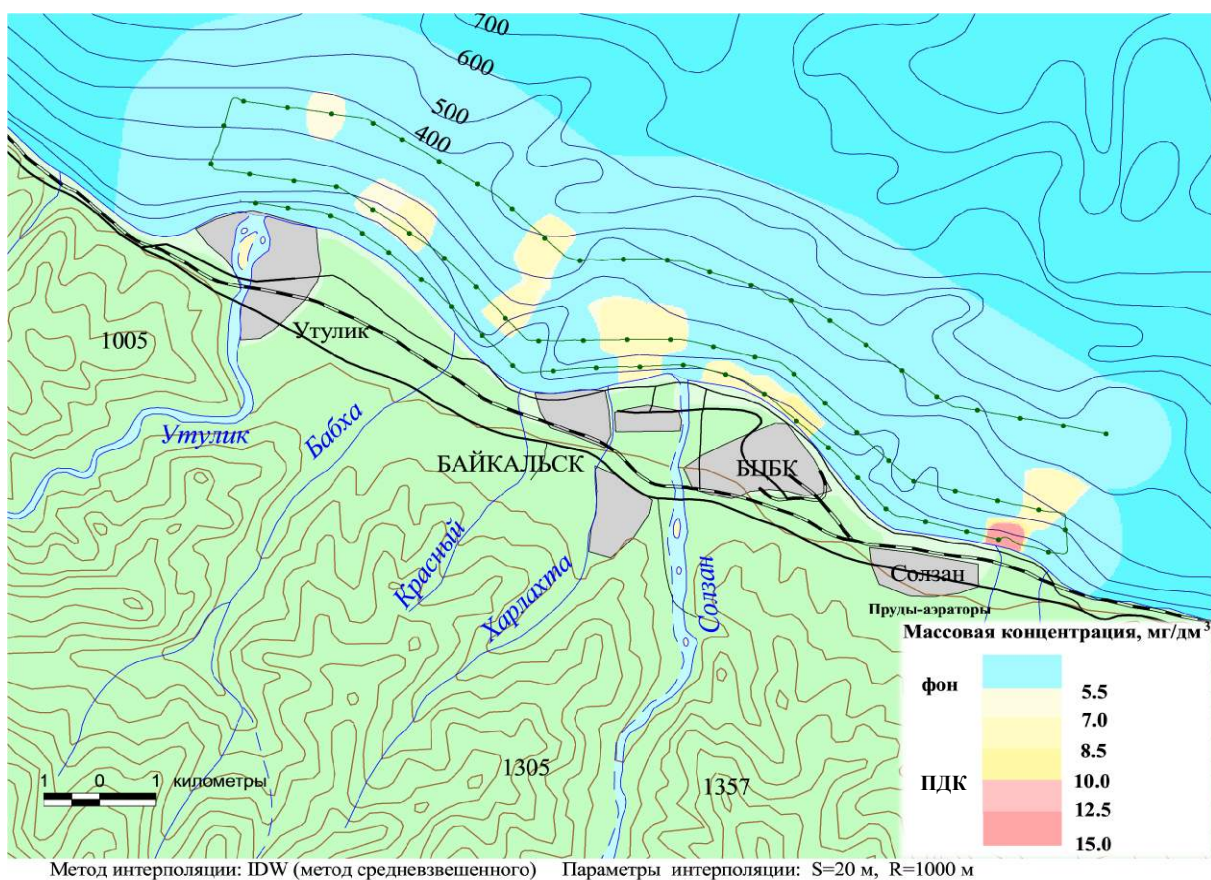
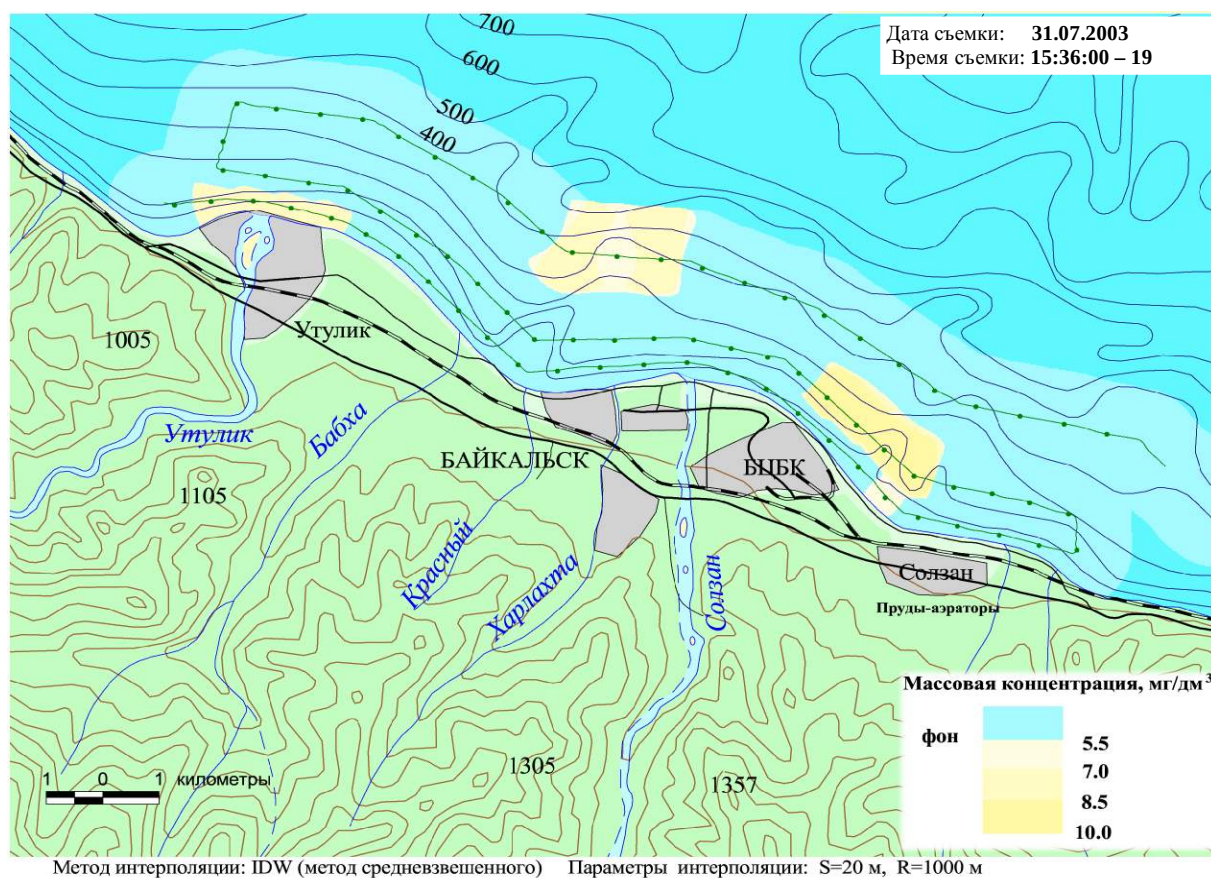


Рис. 1.3.1.7 Площадная съемка комплексом «Акватория-Байкал». Сульфат-ионы

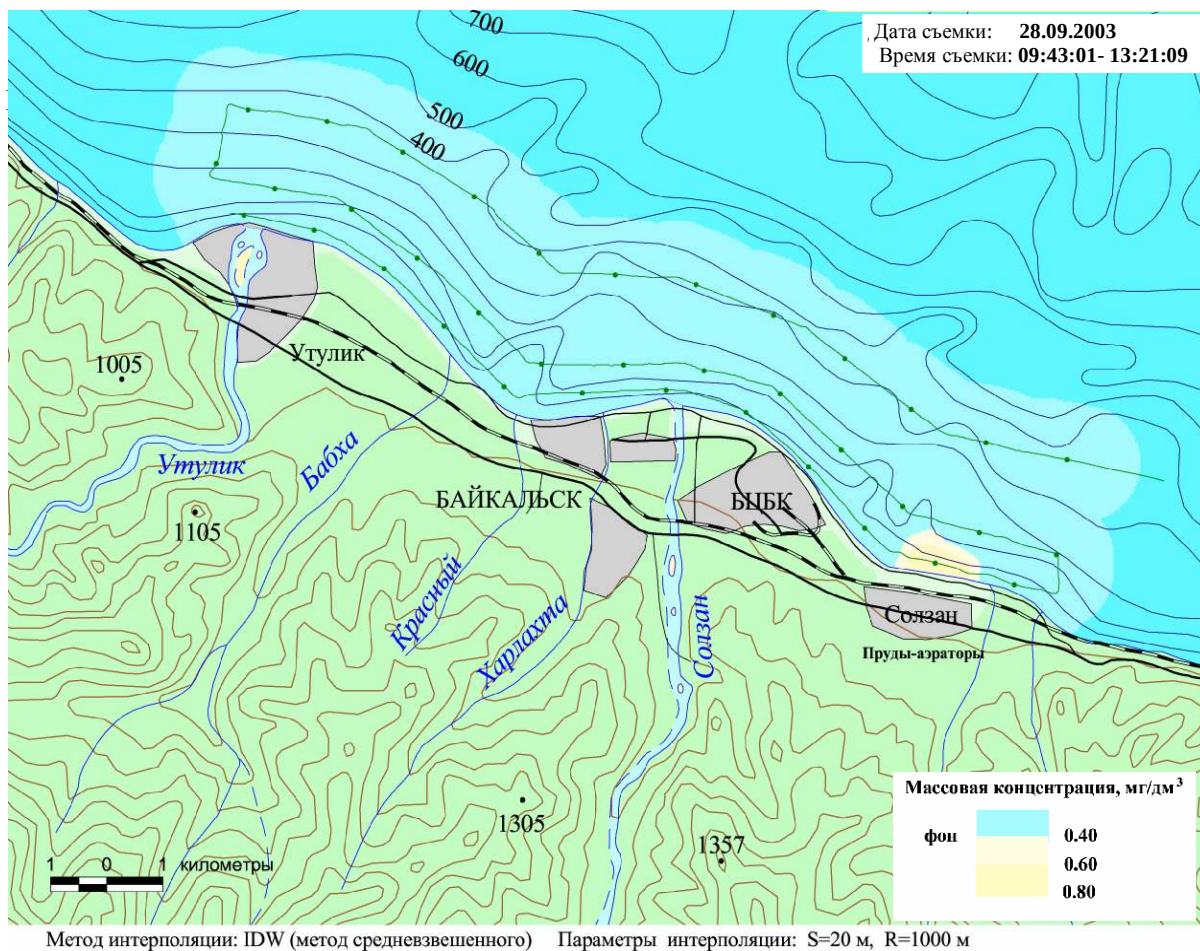
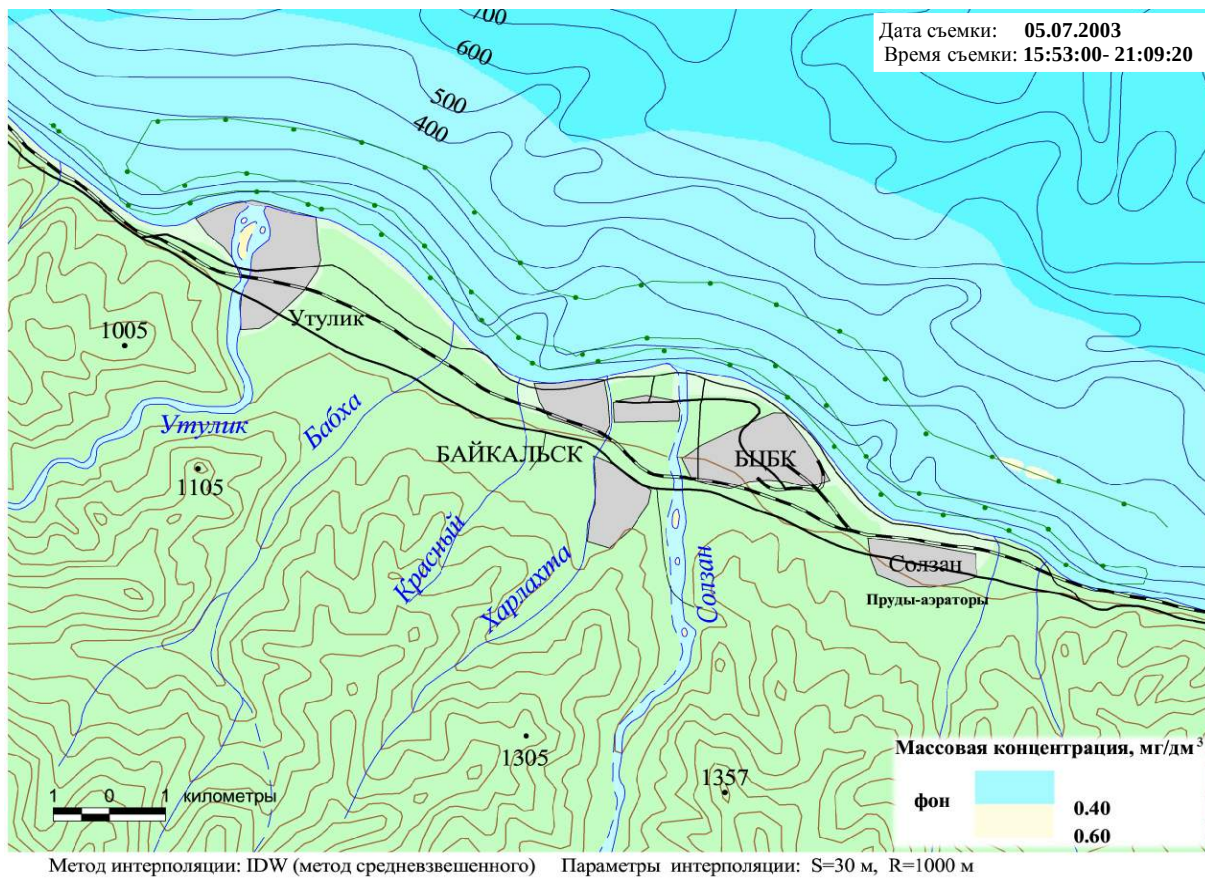


Рис. 1.3.1.8 Площадная съемка комплексом «Акватория-Байкал». Хлорид-ионы

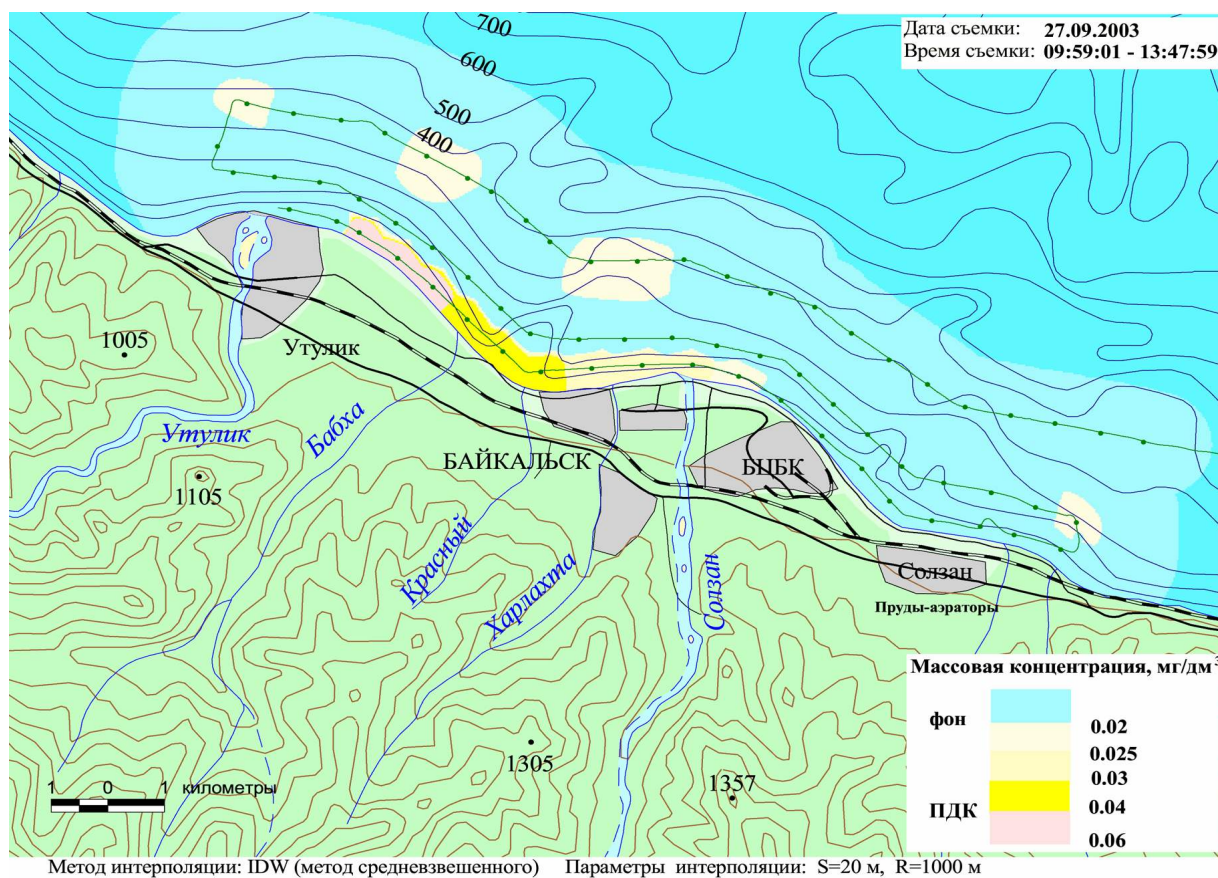
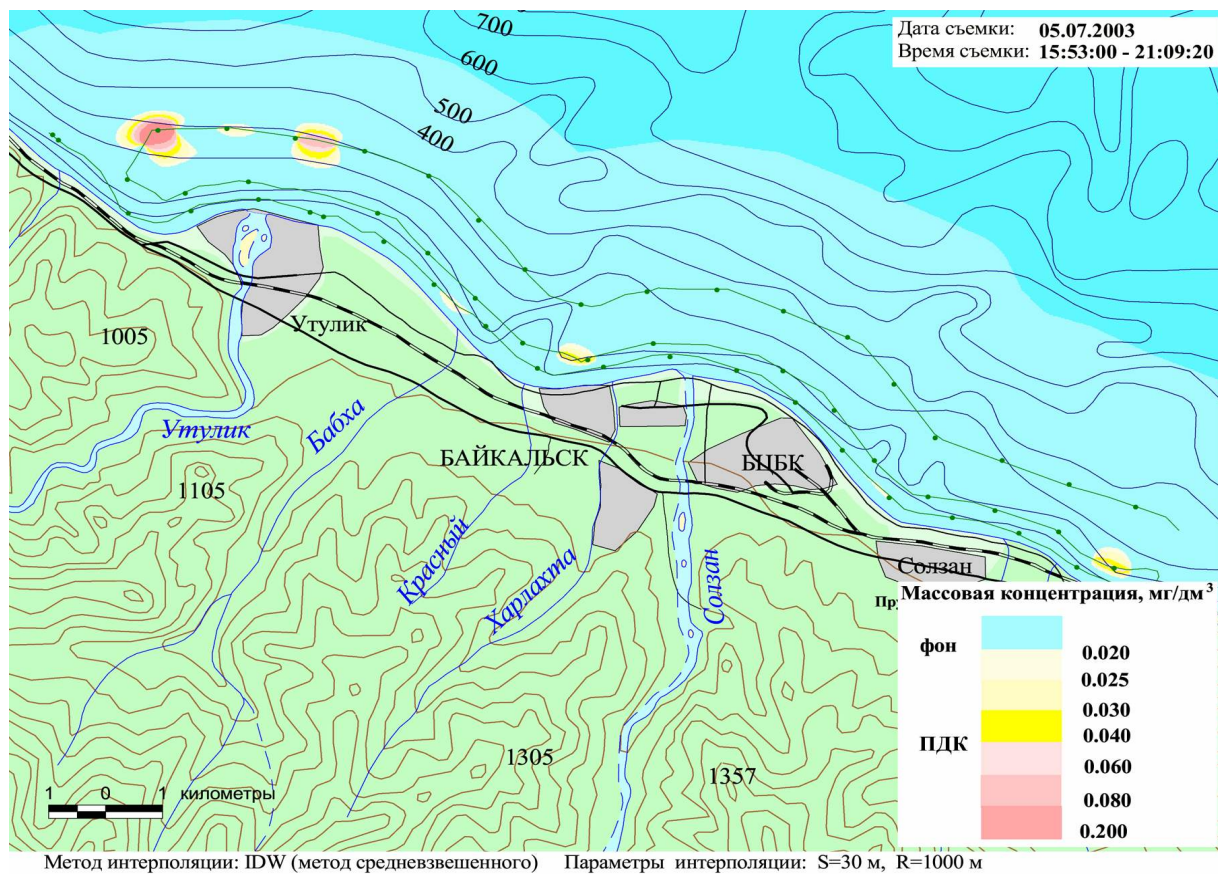


Рис. 1.3.1.9 Площадная съемка комплексом «Акватория-Байкал». Ионы аммония

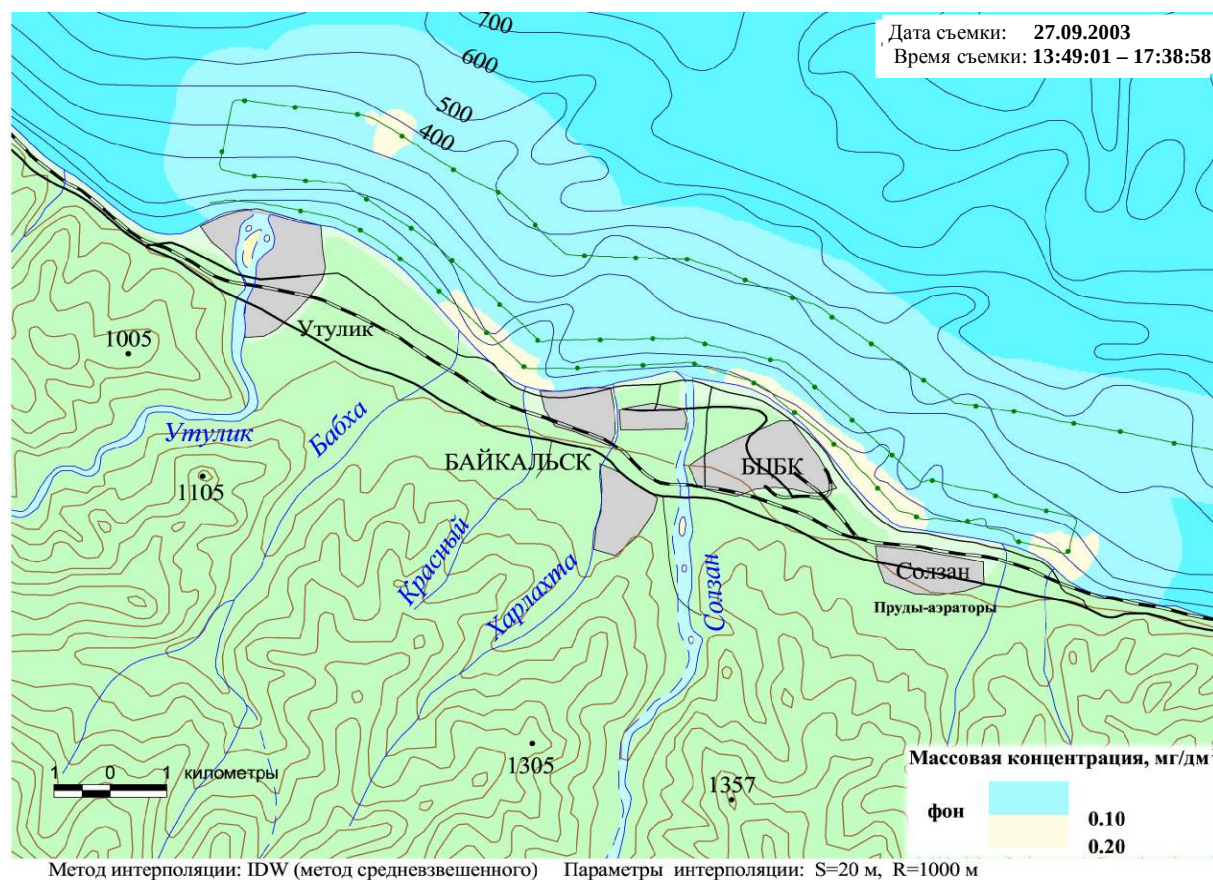
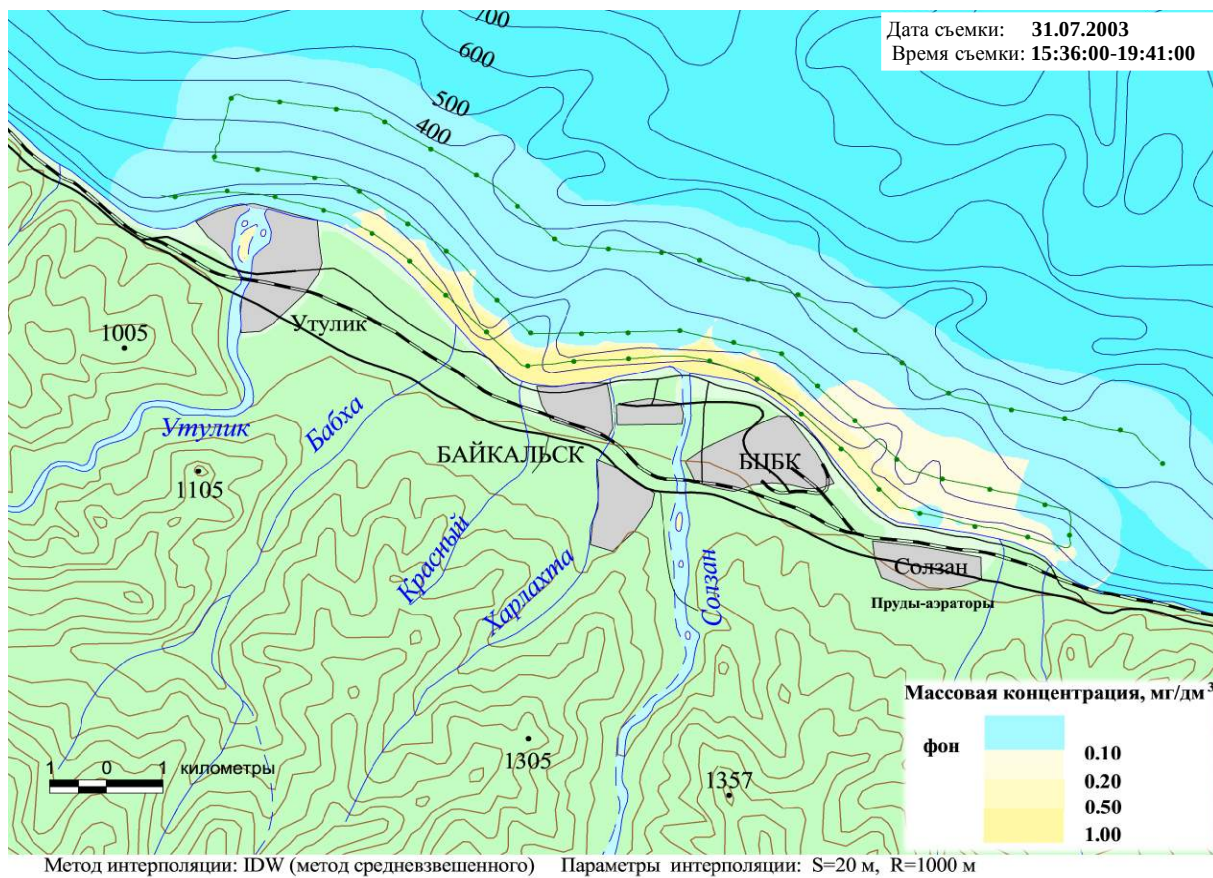


Рис. 1.3.1.10 Площадная съемка комплексом «Акватория-Байкал». Нитрат-ионы