

Сравнение присутствия химических и биологических маркеров в поверхностном микрослое воды акваторий курортных зон озера Байкал и в атмосферном аэрозоле этого региона

Сергеев А.Н.¹, Сафатов А.С.¹, Агафонов А.П.¹, Андреева И.С.¹,
Аршинов М.Ю.², Белан Б.Д.², Буряк Г.А.¹, Генералов В.М.¹,
Захарова Ю.Р.³, Лаптева Н.А.¹, Олькин С.Е.¹, Панченко М.В.²,
Парфенова В.В.³, Резникова И.К.¹, Симоненков Д.В.²,
Теплякова Т.В.¹

¹ФГУН ГНЦ ВБ "Вектор", Кольцово, Новосибирская область;

²Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск.

³Лимнологический институт СО РАН, Иркутск.



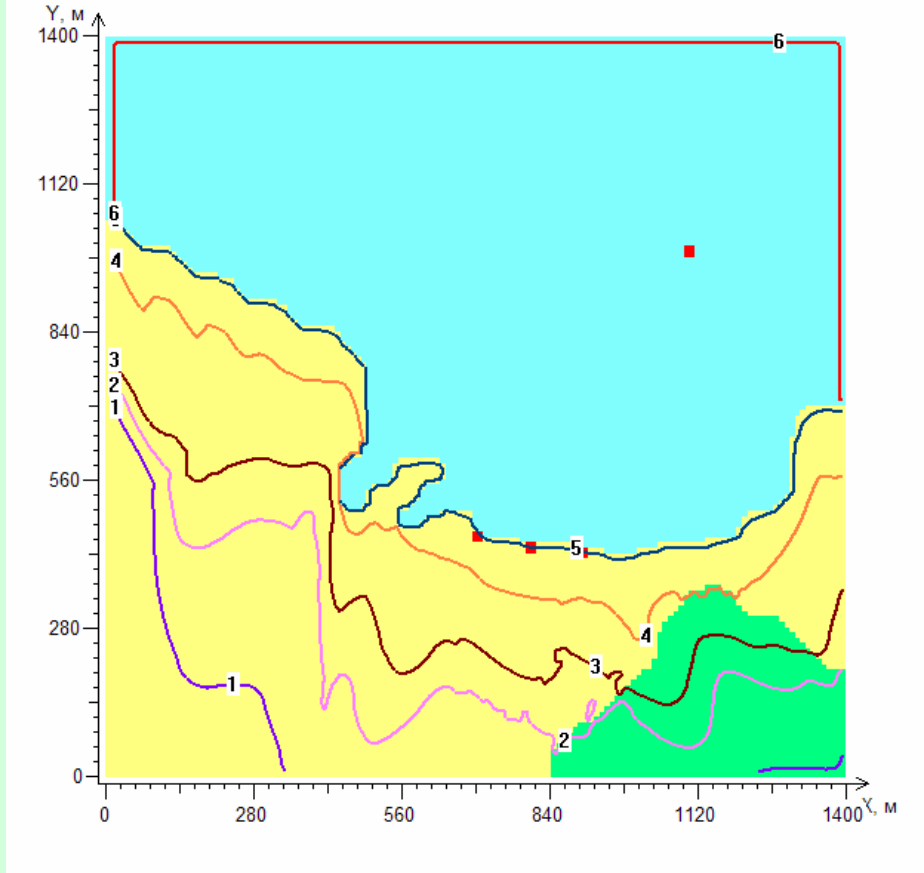
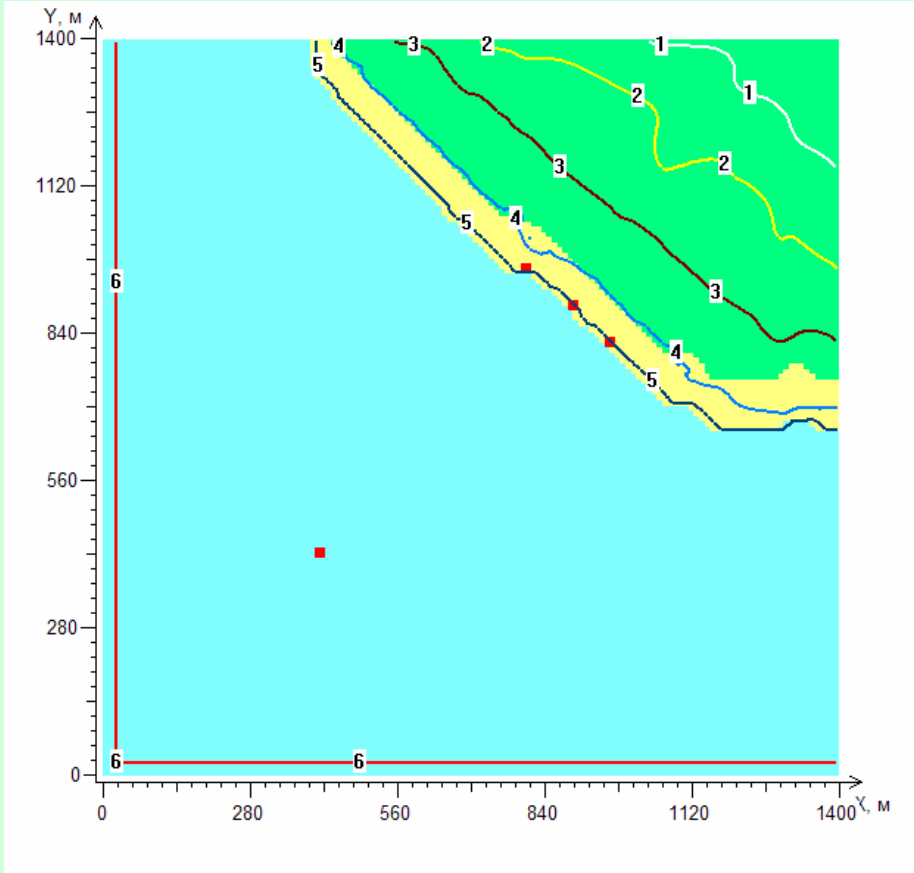
Цель работы:

сравнение присутствия химических и биологических маркеров в поверхностном микрослое воды акваторий курортных зон озера Байкал и в атмосферном аэрозоле этого региона

Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы» по теме «ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В ПРИМОРСКИХ ГОРОДАХ И КУРОРТНЫХ ЗОНАХ»



Материалы и методы. Пробоотбор

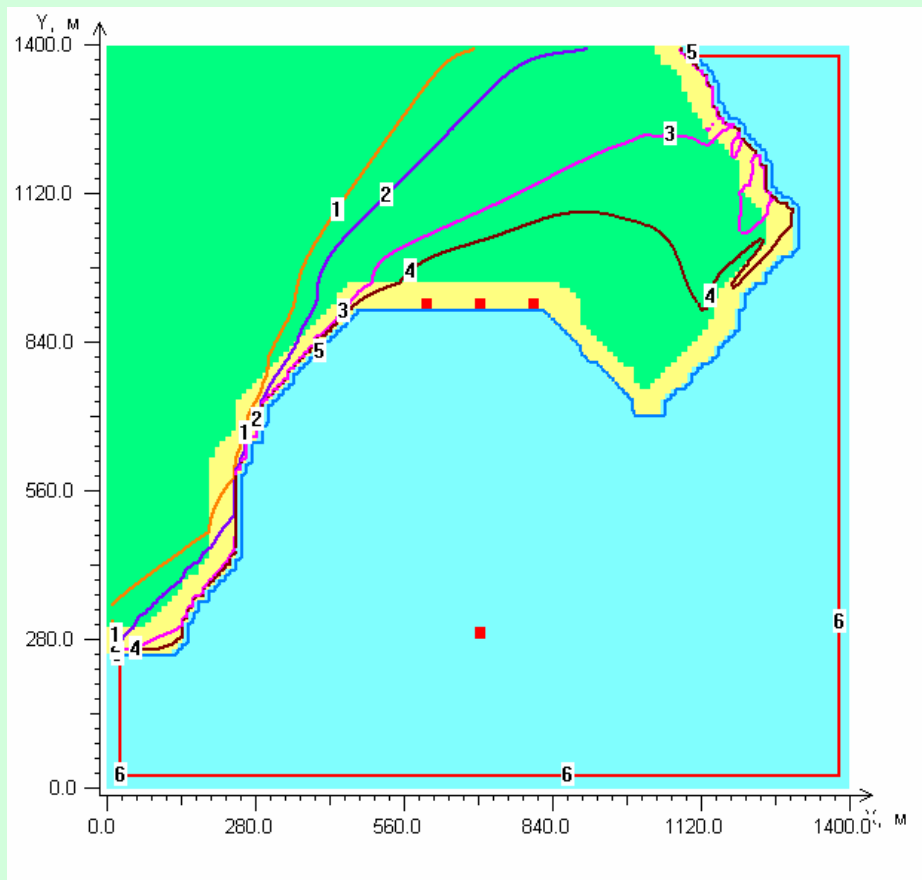


Поселок Листвянка. Изолинии концентрации магния (мкг) на высоте 1 м:
 1 - $5,0 \cdot 10^{-5}$, 2 - $5,0 \cdot 10^{-4}$, 3 - $5,0 \cdot 10^{-3}$, 4 - $5,0 \cdot 10^{-2}$, 5 - $1,0 \cdot 10^{-1}$,
 6 - $1,1 \cdot 10^{-1}$.

Поселок Сахюрта. Изолинии концентрации магния (мкг) на высоте 1 м:
 1 - $1 \cdot 10^{-4}$, 2 - $5 \cdot 10^{-4}$, 3 - $1 \cdot 10^{-3}$, 4 - $5 \cdot 10^{-3}$, 5 - $5 \cdot 10^{-2}$, 6 -
 $2,5 \cdot 10^{-1}$.



Материалы и методы. Пробоотбор



Бухта песчаная. Изолинии концентрации магния (мкг) на высоте 1 м:
 1 - $5 \cdot 10^{-5}$, 2 - $5,0 \cdot 10^{-4}$, 3 - $5,0 \cdot 10^{-3}$, 4 - $1,0 \cdot 10^{-2}$, 5 - $7,5 \cdot 10^{-2}$,
 6 - $7,6 \cdot 10^{-2}$



Траектория полета самолета-лаборатории над акваторией озера Байкал



Материалы и методы. Пробоотбор

- **Атмосферный воздух:**
 - дисперсный состав аэрозоля;
 - элементный состав;
 - ПАУ;
 - суммарный белок;
 - содержание бактериопланктона.
- **ПМС воды:**
 - элементный состав;
 - ПАУ;
 - суммарный белок;
 - содержание бактериопланктона.



Материалы и методы. Аналитика

- **Гидрометеорологическая и гидрохимическая обстановка**
 - давление, температура, относительная влажность;
 - направление и скорость ветра;
 - газовый состав, интенсивность солнечного излучения;
 - концентрация частиц в широком диапазоне их размеров;
 - температура воды.



Материалы и методы. Аналитика

- **Химический состав проб**

- концентрация тяжелых металлов – атомноабсорбционный метод с пламенным и электротермическими атомизаторами;
- ПАУ - ВЭЖХ;
- суммарный белок – с использованием флуоресцентного красителя.



Материалы и методы. Аналитика

- **Биологический анализ проб**

- содержание бактериопланктона – ПЦР с использованием специального маркера на протеобактерии;
- жизнеспособные микроорганизмы – культуральные методы;
- для выделенных чистых линий – ПЦР с дальнейшим сиквенсом и определением рода (штамма) по GeneBank.



Результаты

Характеристики условий наземного пробоотбора

Место отбора проб	Относительная влажность, %	Температура воздуха, °С	Среднее направление ветра	Скорость ветра, м/с	Атмосферное давление, мм рт. ст.	Температура воды, °С	Температура над поверхностью воды, °С
п. Листвянка	57 ± 4	14,8 ± 0,7	Ю.З.	2,8 ± 1,0	720	15	13
п. Сахюрта	57 ± 3	14,4 ± 1,5	С.	1,3 ± 0,4	718	14,5	16
Бухта Песчаная	51 ± 5	14,0 ± 1,7	С.З.	4,9 ± 1,1	712	12	11

Высотные пробы брались над акваторией Байкала на высотах 600 – 1000 м



Результаты

Характеристики дисперсного состава и концентрации аэрозолей с диаметром более 0,3 мкм

Место отбора проб	D_{50} , мкм	σ_g	Концентрация аэрозоля, штук/см ³	Концентрация аэрозоля, мкг/м ³
п. Листвянка	0,3*	1,3*	8 - 13	1,5
п. Сахюрта	0,3*	1,3*	38 - 67	2,5
бухта Песчаная	0,3*	1,3*	32 - 40	3,2
Высотные пробы (600 – 1000 м)	0,6	2,0 – 2,9	5 - 13	0,01 – 0,12

Примечание: * - оценка характеристики при учете частиц диаметром менее 0,3 мкм



Результаты

Характеристики загрязнения атмосферного воздуха и акваторий исследуемых зон озера Байкал ПАУ

Химическое соединение	Содержание ПАУ в воздухе, мкг/м ³	Содержание ПАУ в воде, мкг/л
нафталин	< 0,0022	< 0,248
аценафтен	< 0,0016	< 0,179
аценафтилен	< 0,0026	< 0,294
флуорен	< 0,0023	< 0,262
фенентрен	< 0,0004	< 0,045
антрацен	< 0,0023	< 0,261
флуорантен	< 0,0010	< 0,118
пирен	< 0,0010	< 0,114
бенз(а)антрацен	< 0,0005	< 0,053
перилен	< 0,0021	< 0,239
бенз(в)флуорантен	< 0,0012	< 0,131
бенз(а)пирен	< 0,0013	< 0,142
бенз(ghi)перилен	< 0,0006	< 0,063
1,2,5,6-дибензантрацен	< 0,0006	< 0,065



Результаты

Характеристики присутствия в ПМС акваторий исследуемых зон озера Байкал различных химических элементов

Точка взятия проб	Содержание элементов, мг/л												
	Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn	Al	Ba	Pb	Cd	As
п. Лист- вянка	16,7	3,0	3,5	1,1	0,5	0,18	0,05	0,0002	0,02	0,017	0,29	0,0001	0,00004
п. Сахюрта	16,2	3,3	3,0	1,1	0,5	0,17	0,05	0,0001	0,02	0,018	0,26	0,0001	0,00004
Бухта Песчаная	15,4	3,1	3,1	1,0	0,4	0,16	0,04	0,0001	0,01	0,015	0,25	0,0002	0,00004



Результаты

Характеристики присутствия в атмосферном воздухе исследуемых зон озера Байкал различных химических элементов

Точка взятия пробы		Содержание элементов, мкг/м ³												
		Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn	Al	Ba	Pb	Cd	As
Лист- вянка	Корабль	0,23	0,07	0,16	0,17	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
	Правая точка	0,00	0,06	0,13	0,12	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
	Центр	0,22	0,06	0,14	0,12	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
	Левая точка	0,65	0,07	0,27	0,21	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
Сахюр- та	Корабль	0,24	0,08	0,17	0,15	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
	Правая точка	0,19	0,07	0,12	0,10	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
	Центр	0,24	0,06	0,12	0,13	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
	Левая точка	0,41	0,05	0,21	0,15	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
Бухта Песчаная	Корабль	0,07	0,04	0,13	0,13	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
	Правая точка	0,21	0,05	0,18	0,23	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
	Центр	0,21	0,04	0,44	0,45	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
	Левая точка	1,02	0,11	0,20	0,40	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
0,01 ПДК		10	100	2*	10	10	1*	100	10	20	15*	0,5	0,5	0,4

Примечание: * - величина приведена для наиболее токсичных соединений данного металла.



Результаты

Характеристики присутствия в атмосферном воздухе над акваторией озера Байкал различных химических элементов

Номер пробы	Содержание элементов в атмосферном воздухе, мкг/м ³												
	Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn	Al	Ba	Pb	Cd	As
2	0,26	0,09	0,07	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
4	0,23	0,08	0,10	0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
6	0,41	0,12	0,10	0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
8	0,29	0,11	0,09	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
10	0,45	0,13	0,12	0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
12	0,41	0,12	0,10	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
14	0,37	0,12	0,09	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
16	0,36	0,11	0,10	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
18	0,40	0,08	0,10	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
20	0,43	0,10	0,03	0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
22	< 0,01	0,03	0,04	0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05

Примечание: *- величина приведена для наиболее токсичных соединений данного металла.



Результаты

Характеристики присутствия в атмосферном воздухе над акваторией озера Байкал различных химических элементов, продолжение

Номер пробы	Содержание элементов в атмосферном воздухе, мкг/м ³												
	Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn	Al	Ba	Pb	Cd	As
24	0,09	0,04	0,05	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
26	0,01	0,03	0,05	0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
28	< 0,01	0,01	0,04	0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
30	< 0,01	0,03	0,08	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
32	0,05	0,02	0,04	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
34	< 0,01	0,03	0,04	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
36	0,33	0,05	0,06	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
42	0,21	0,04	0,05	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
44	0,45	0,03	0,03	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
46	0,15	0,02	0,03	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
48	< 0,01	0,01	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,005	< 0,05
0,01 ПДК	10	100	2*	10	10	1*	100	10	20	15*	0,5	0,5	0,4

Примечание: *- величина приведена для наиболее токсичных соединений данного металла.



Результаты

Содержание суммарного белка в поверхностном микрослое воды (до 1000 мкм) акваторий исследуемых зонах озера Байкал. Пробы взяты на расстоянии более 700 м от берега

Точка взятия	Содержание суммарного белка, мг/м ³
п. Листвянка	2985
п. Сахюрта	2093
Бухта песчаная	2487



Результаты

Содержание суммарного белка в атмосферном воздухе, взятом в исследуемых зонах озера Байкал

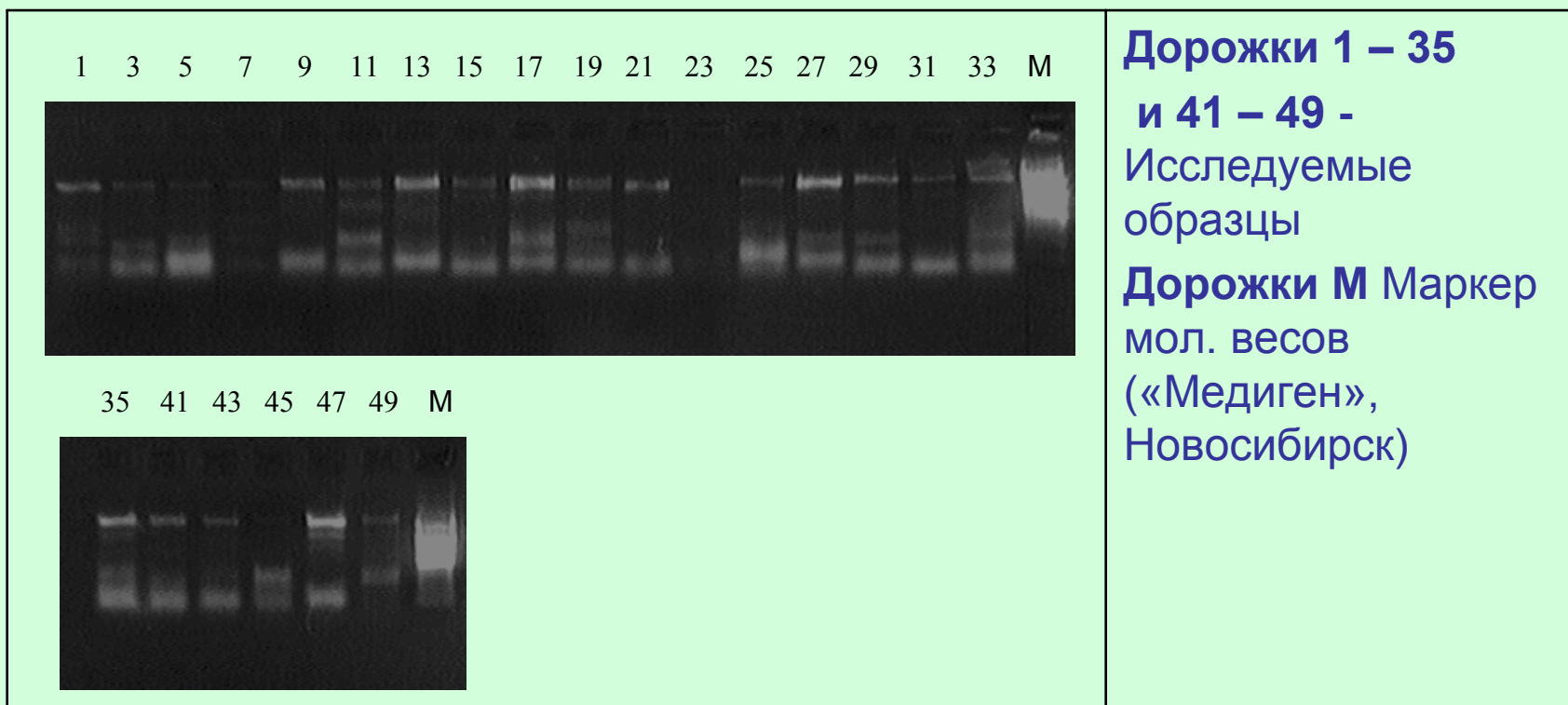
Точка взятия пробы		Содержание белка, нг/м ³	Точка взятия пробы		Содержание белка, нг/м ³	Точка взятия пробы		Содержание белка, нг/м ³
Лист-вянка	Корабль	463	Сах-юрта	Корабль	497	Бухта Песчаная	Корабль	425
	Правая точка	441		Правая точка	154		Правая точка	232
	Центр	473		Центр	309		Центр	451
	Левая точка	398		Левая точка	232		Левая точка	387

Содержание суммарного белка в атмосферном воздухе, взятом над акваторией озера Байкал составляло от 97 до 2650 нг/м³



Результаты

Электрофореграммы продуктов амплификации в высотных пробах атмосферного воздуха, взятого над акваторией озера Байкал.



Результаты

Электрофореграммы продуктов амплификации проб поверхностного микрослоя воды (до 1000 мкм) акваторий в различных зонах озера Байкал. Пробы взяты на расстоянии более 700 м от берега

М1 К1 М2 К2 М3 К3 М.в.



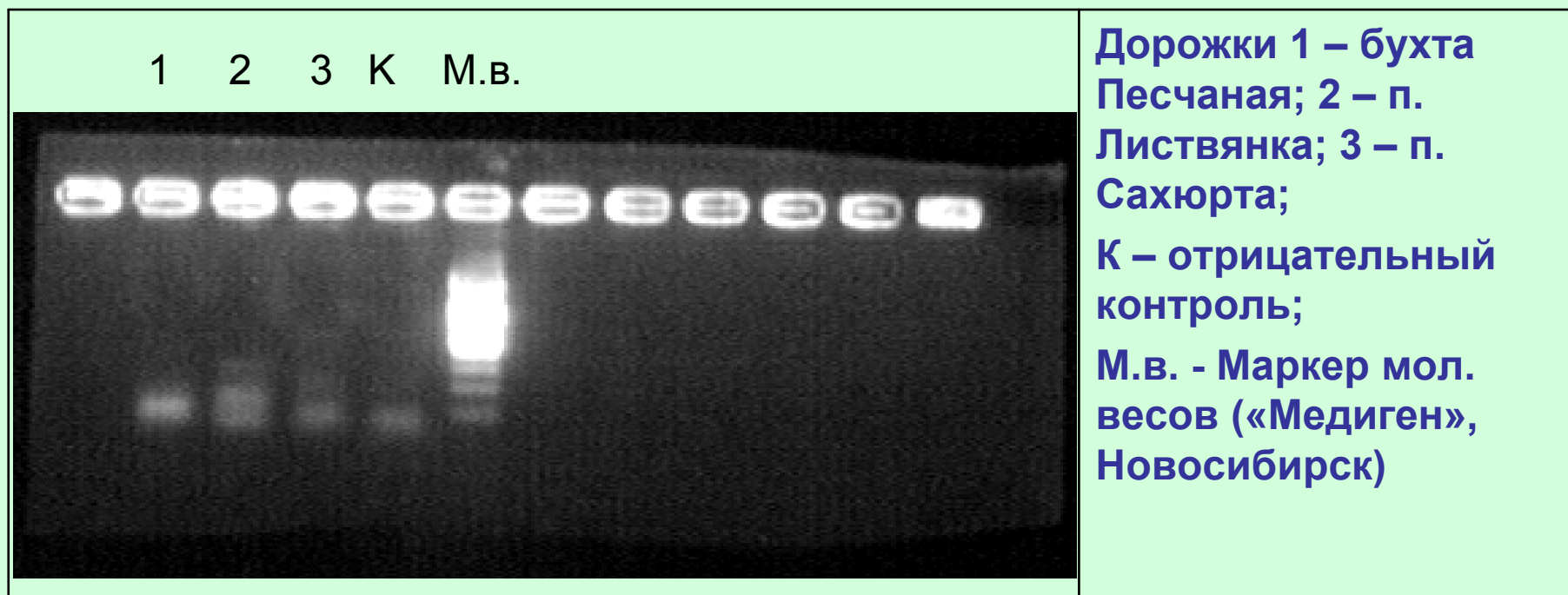
Дорожки 1-6: Исследуемые образцы. 1 – район п. Листвянка; 2 – район п. Сахюрта, 3 – район бухты Песчаная. Индекс М относится к ПМС толщиной до 200 мкм, индекс К – к ПМС толщиной до 1000 мкм.

Дорожка М.в.: Маркер мол. весов («Медиген», Новосибирск)



Результаты

Электрофореграммы продуктов амплификации наземных проб атмосферного воздуха



Выводы

- Практически во всех пробах аэрозолей и в ПМС воды в максимальных концентрациях присутствуют одни и те же химические элементы. Это свидетельствует о том, что аэрозоль, взятый в исследуемых районах в ходе экспериментальных исследований, и ПМС воды Байкала тесно взаимосвязаны.
- Обнаружение генетического материала обитающих в воде микроорганизмов в большинстве исследованных проб аэрозоля исследованных зон озера Байкал, включая высотные пробы, взятые над акваторией озера свидетельствует о «водном» происхождении аэрозоля.
- В некоторых пробах аэрозоля и водных пробах выявлены жизнеспособные бактерии и низшие грибы.
- Ни в одной из проб в пределах чувствительности метода не обнаружено загрязнений ПАУ.



Перспективы

- Доработка АРМ оперативного контроля качества воздуха в приморских городах и курортных зонах с представлением результатов в виде геоинформационных слоев токсикантов.
- Разработка недостающих частей ПО для прогноза качества атмосферного воздуха этих территорий с учетом массопереноса вода - воздух.
- Испытания макета АРМ с доработанным ПО в условиях приморского региона.



Благодарности

Настоящая работа выполнена по гранту **Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы»** по теме **«ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В ПРИМОРСКИХ ГОРОДАХ И КУРОРТНЫХ ЗОНАХ»**.

Коллектив исполнителей выражает особую благодарность за помощь в организации экспедиции на Байкал **директору Лимнологического института СО РАН М.А. Грачеву**, а также другим сотрудникам этого института



Спасибо

за внимание !