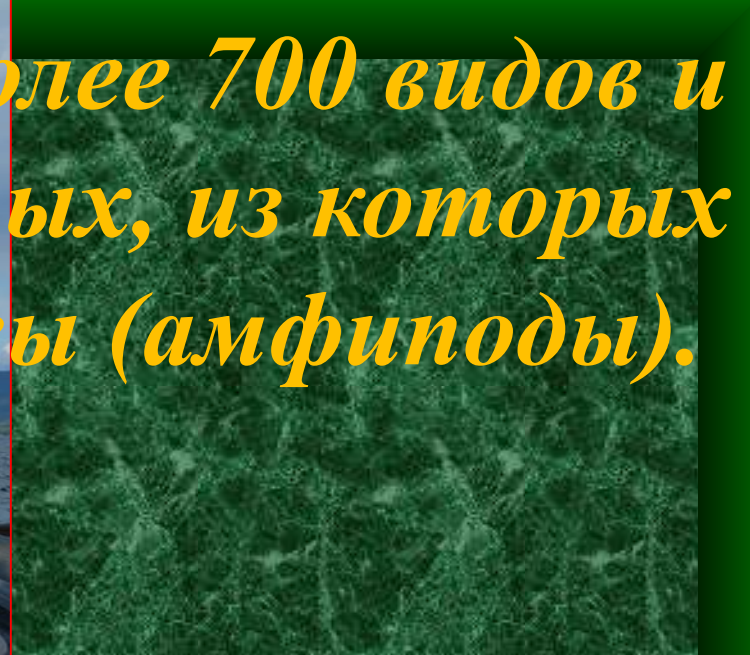


**Амфиподы (Crustacea,  
Amphipoda) в составе  
ночного миграционного  
комплекса в озере Байкал**

---

**В.В. Тахтеев, Е.Б. Говорухина,  
Д.А. Батрагин, И.О. Еропова**  
*Иркутский государственный  
университет*

*В Байкале обитает более 700 видов и подвидов ракообразных, из которых 354 – бокоплавцы (амфиподы).*



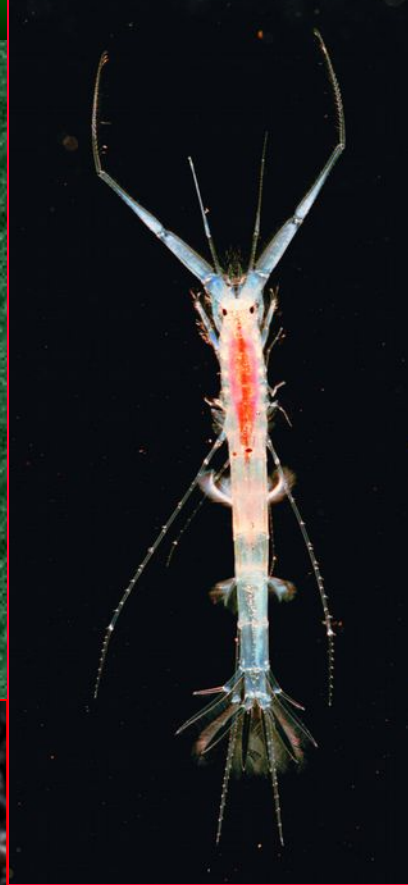
*Brandtia parasitica*



*Acanthogammarus reichertii*



- В Байкале сосредоточено:
- 4,3 % всей мировой фауны амфипод;
- 28,5 % всех известных пресноводных амфипод;
- 45,3 % амфипод поверхностных континентальных вод;
- 61,0% амфипод континентальных вод России.



**Оказалось, что наиболее активная жизнь начинается в Байкале в прибрежной зоне в ночное время.**



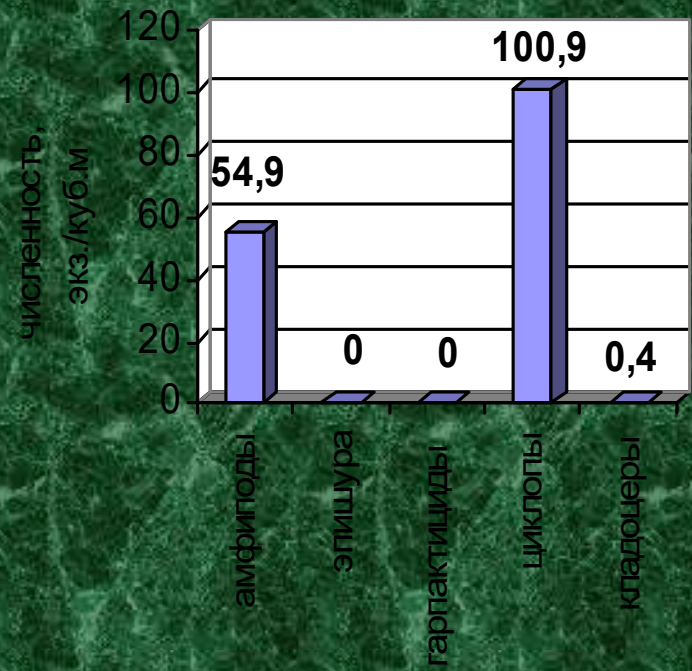
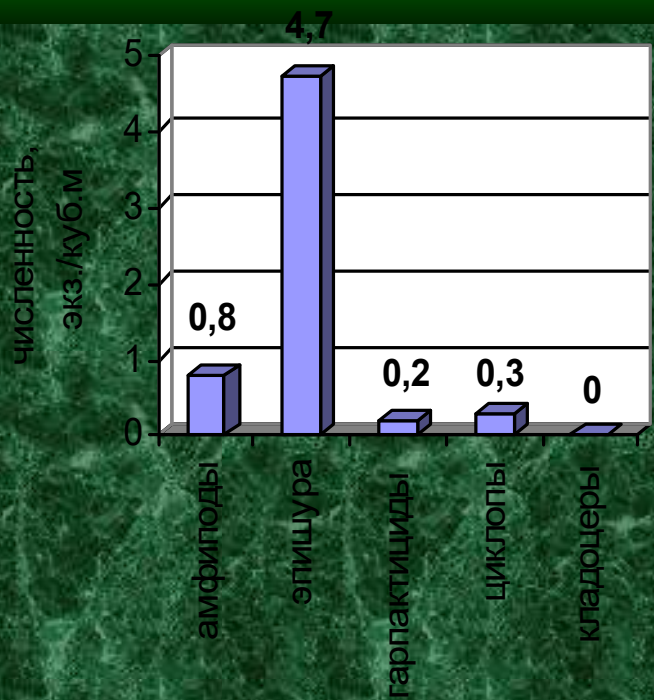
**Часть обитателей дна всплывает в водную толщу и вместе с истинными пелагобионтами формирует ночной миграционный комплекс (НМК).**

Исследования явления суточных вертикальных миграций амфипод регулярно проводятся в ИГУ, начиная с 1996 г.

Первоначально использовались традиционные гидробиологические орудия – планктонная сеть Джеди и дночерпатели.







**Состав ночного миграционного комплекса в прибрежной пелагиали по данным облова сетью Джеди:**

Слева – открытый Байкал, бухта Солонцовая, над глубиной 12 м, 25.06.2006 г.,  $t=3,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

Справа – Чивыркуйский залив, бухта Змеиная, над глубиной 3,5 м, 28.06.2006 г.,  $t=17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Амфиподы – основной  
компонент байкальского  
прибрежного ночного  
миграционного  
комплекса

*Eulimnogammarus cyaneus*



Фото: В. Sket

*Echiuropus macronychus*



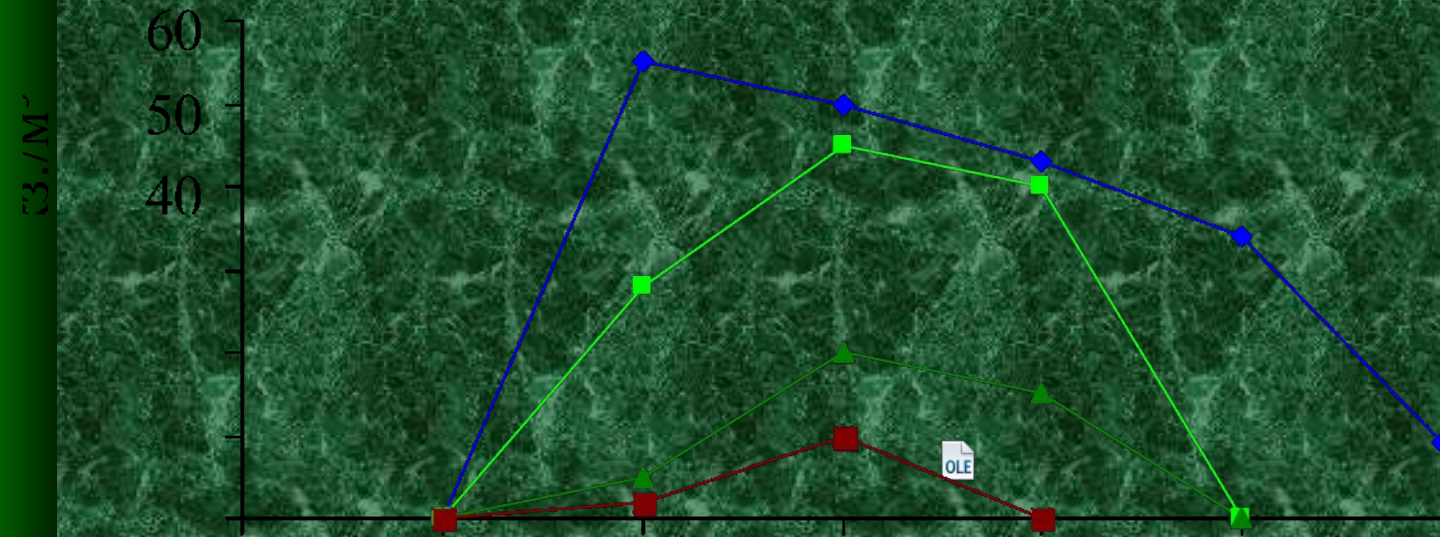
Полупелагические  
амфиподы *Micrurus*  
*wohlii*, *M. w. platycercus*



Мизидоподобный  
пелагический вид  
*Macrohectopus branickii*  
(Dybowski, 1874)

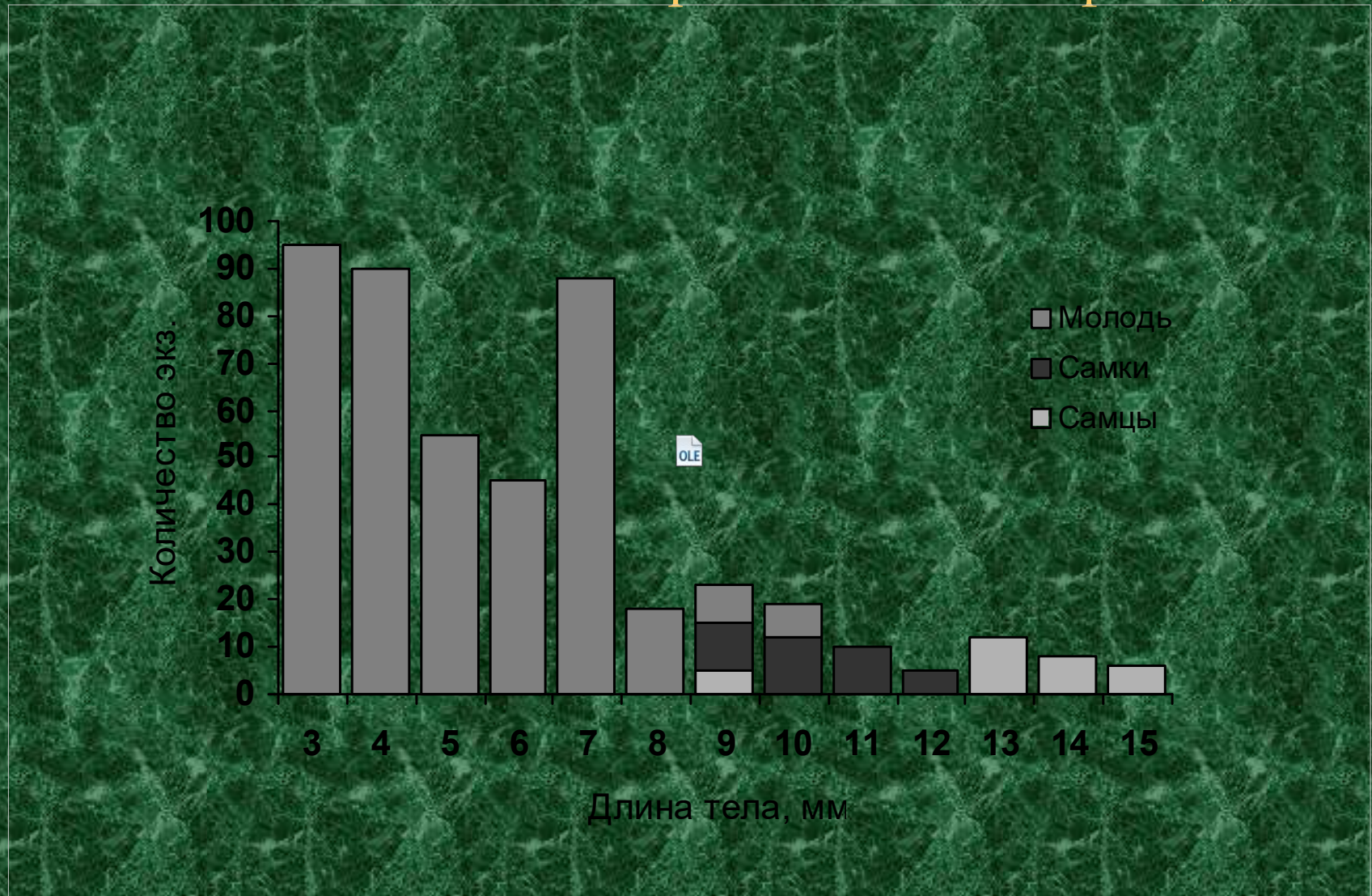


Явление СВМ начинается с вечерними сумерками  
и заканчивается с рассветом.



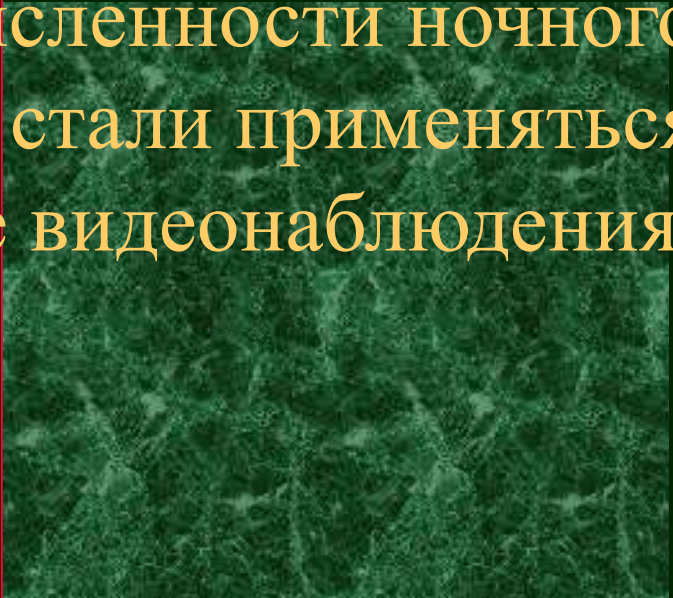
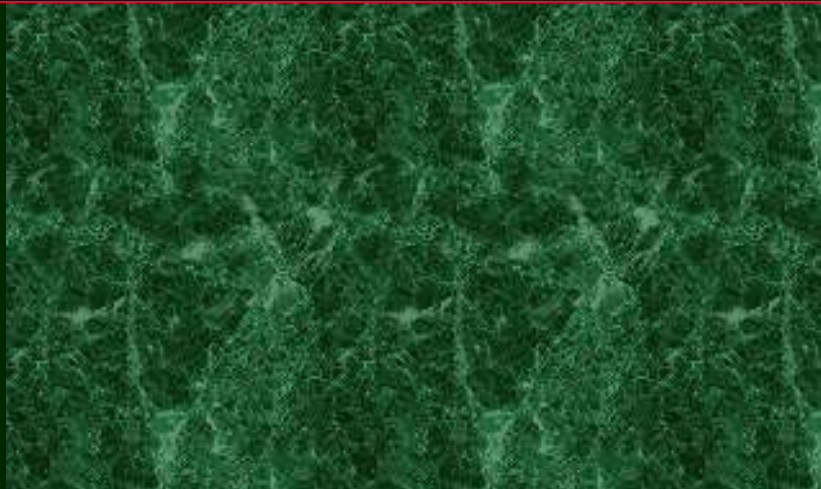
Численность доминирующих видов гаммарид в миграционном  
комплексе в течение ночи 28.06.1999 г. в бухте Большие Коты

# Миграционную активность в летний период проявляют в основном неполовозрелые особи амфипод.



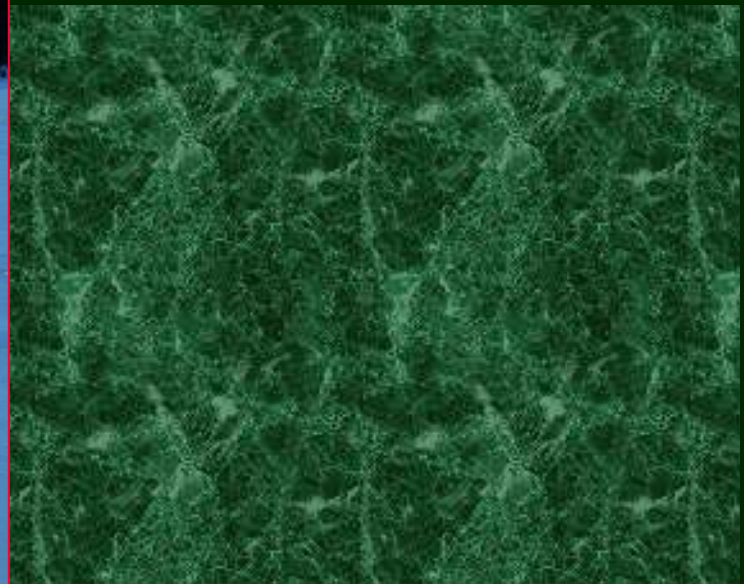
Структура мигрирующей части популяции вида *Eulimnogammarus cyaneus* в районе Больших Котов (июнь–июль, глубина 2 м).

С 2002 г. для оценки численности ночного миграционного комплекса стали применяться дистанционные подводные видеонаблюдения.



Старая тяжёлая видеосистема отнимала много сил..





Бухта Большие  
Коты. Подготовка  
к зимним  
наблюдениям на  
регулярной точке.





Новая подводная  
видеосистема,  
конструктор  
С.Л. Аракелов  
(2013).





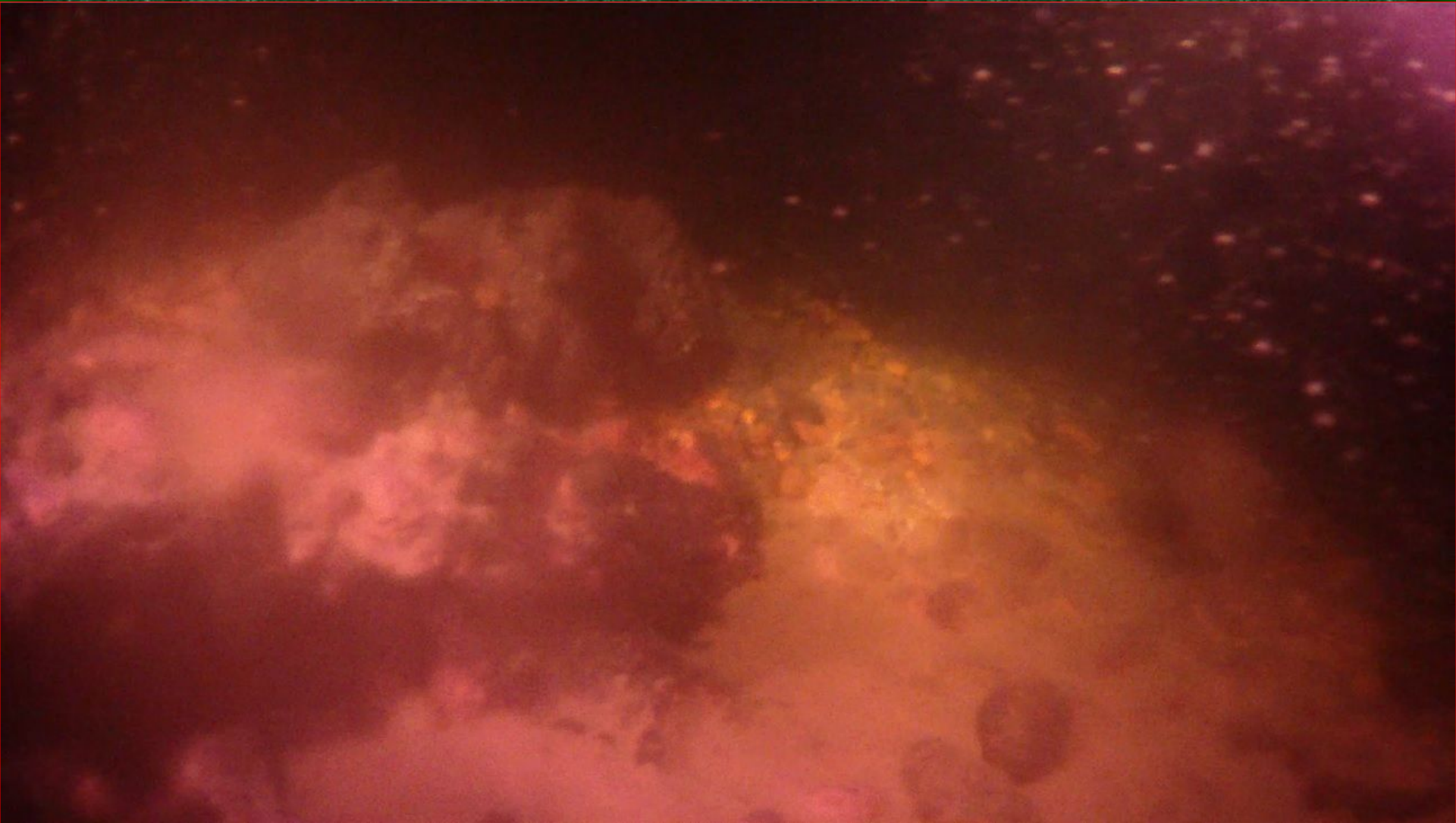
# Подводный ландшафт в истоковом участке р. Ангара (напротив пос. Большая Речка)

2013-10-14 10:38:21

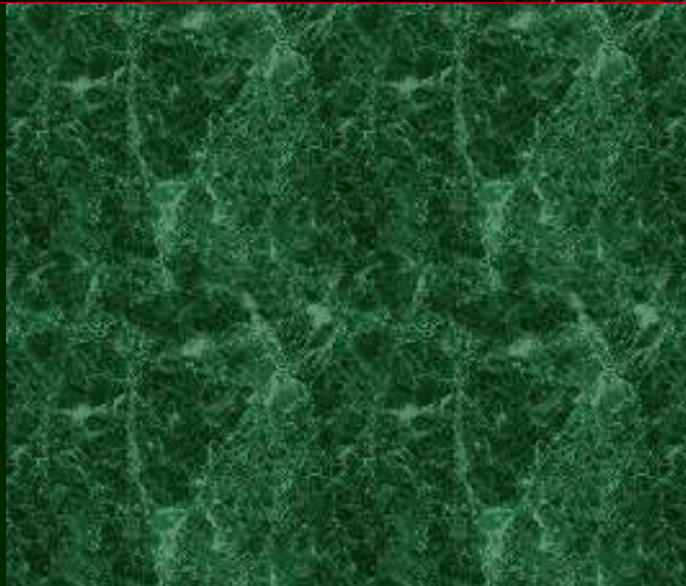
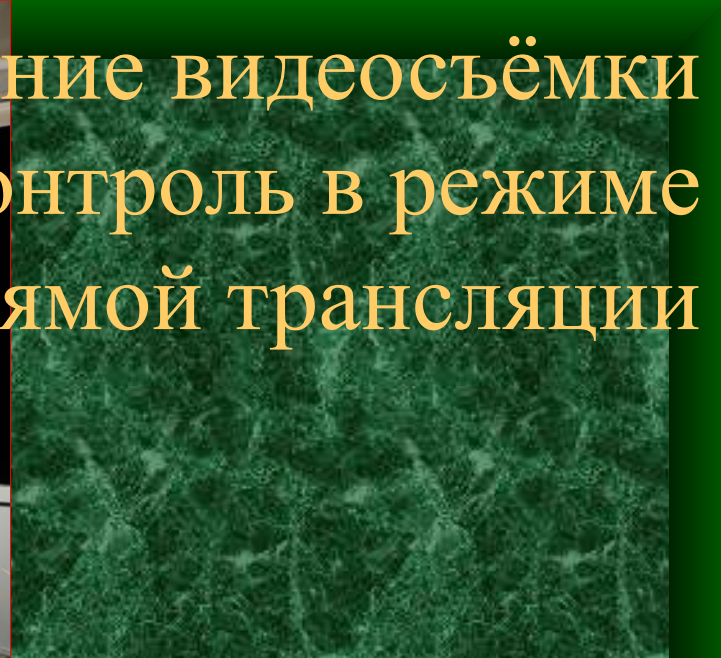
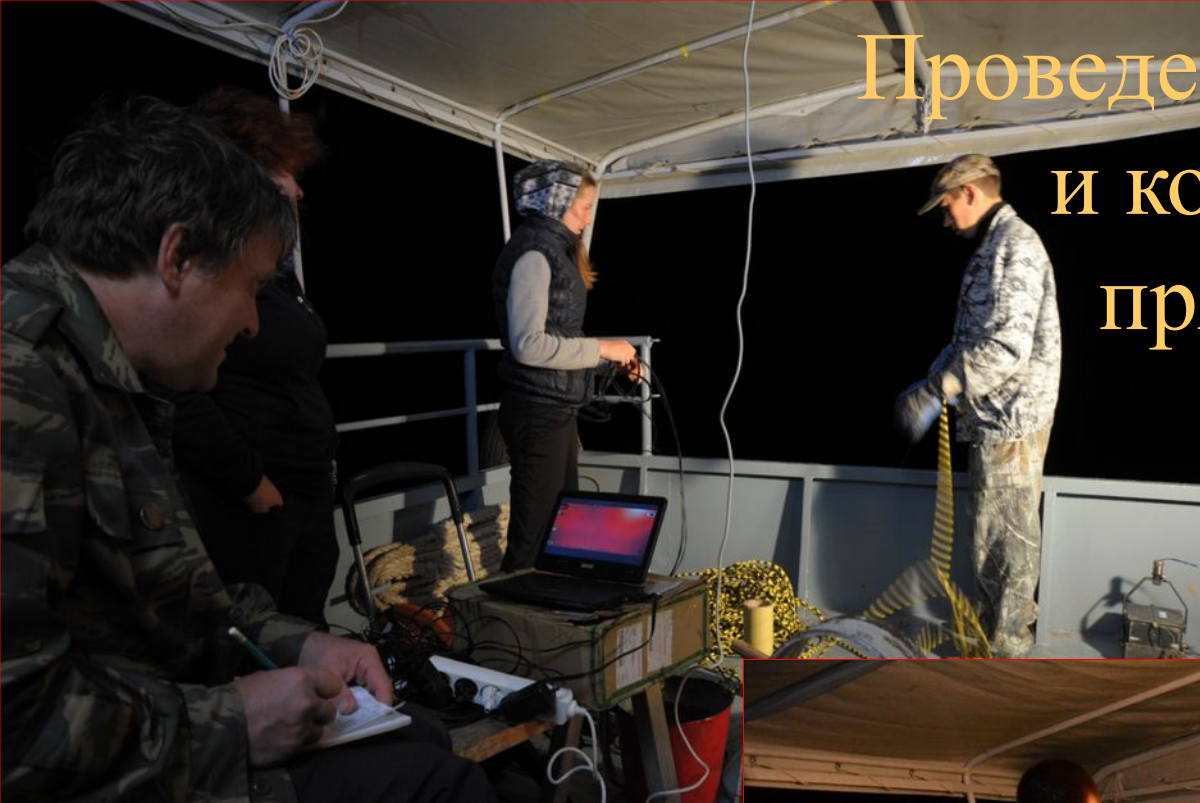


Съёмка новой видеосистемой

Гребень банки Дриженко, глуб. 82 м.  
Северный Байкал, 6 км от берега.

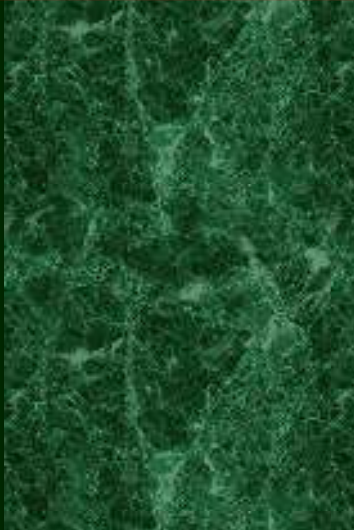


# Проведение видеосъёмки и контроль в режиме прямой трансляции



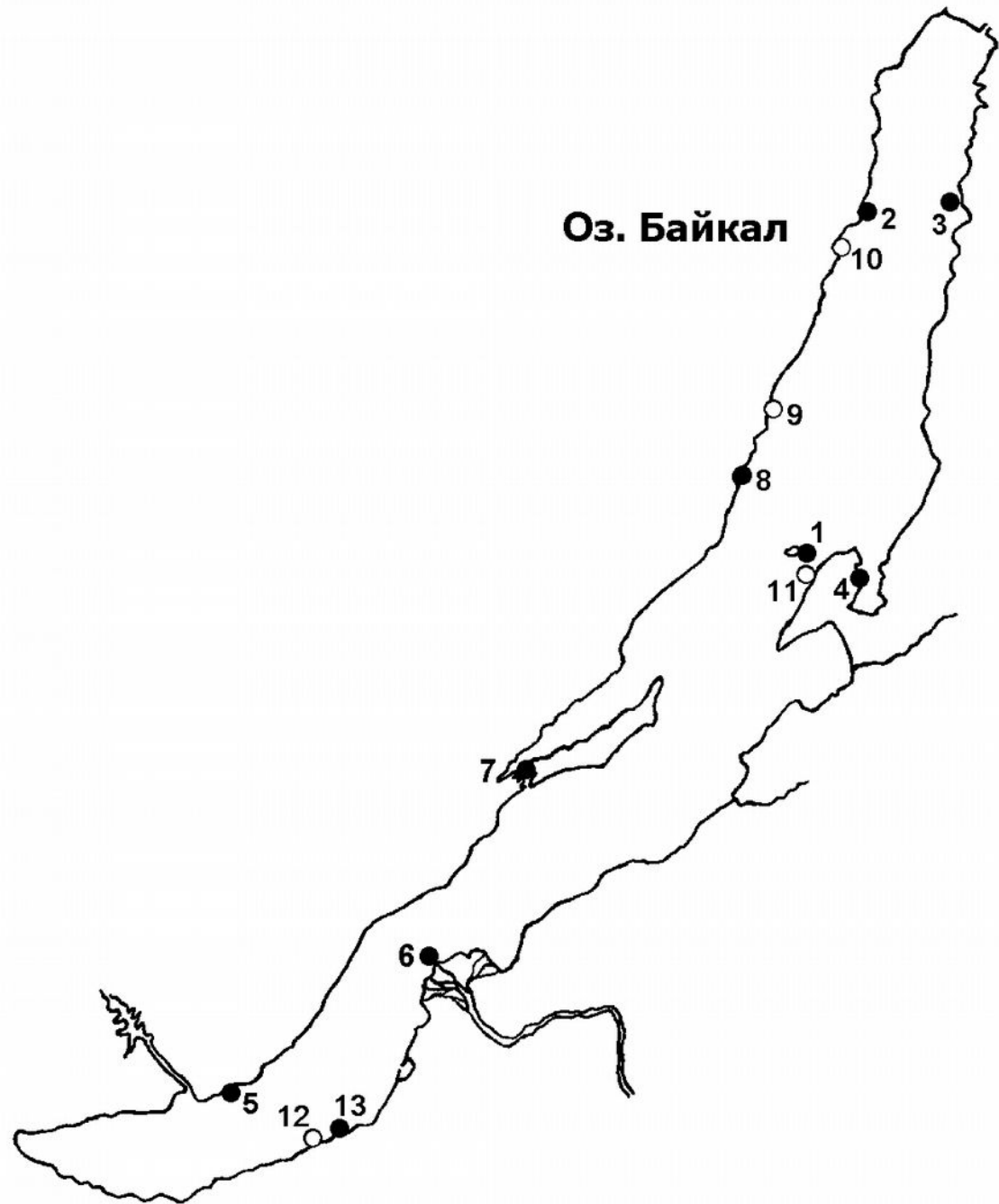
Байкал, одно из величайших и самое глубокое озеро планеты, является «океаном в миниатюре». Он может служить модельным объектом для разработки концепции системного мониторинга Мирового океана. Экологический мониторинг Байкала крайне важен и сам по себе: озеро является одним из объектов Всемирного природного наследия.

Климов Игорь



**ВЫБОР РЕПЕРНЫХ  
ТОЧЕК ДЛЯ  
РЕГУЛЯРНОГО  
МОНИТОРИНГА  
(2002–2015 гг.):**

**Тёмные точки –  
места регулярных  
наблюдений за  
ночным МК; светлые  
точки – пункты  
однократных  
наблюдений.**



# Точки дистанционных подводных видеонаблюдений в июле 2017 г.

1. Пос. Клюевка

2. Бухта Ая

3. Бухта Зама

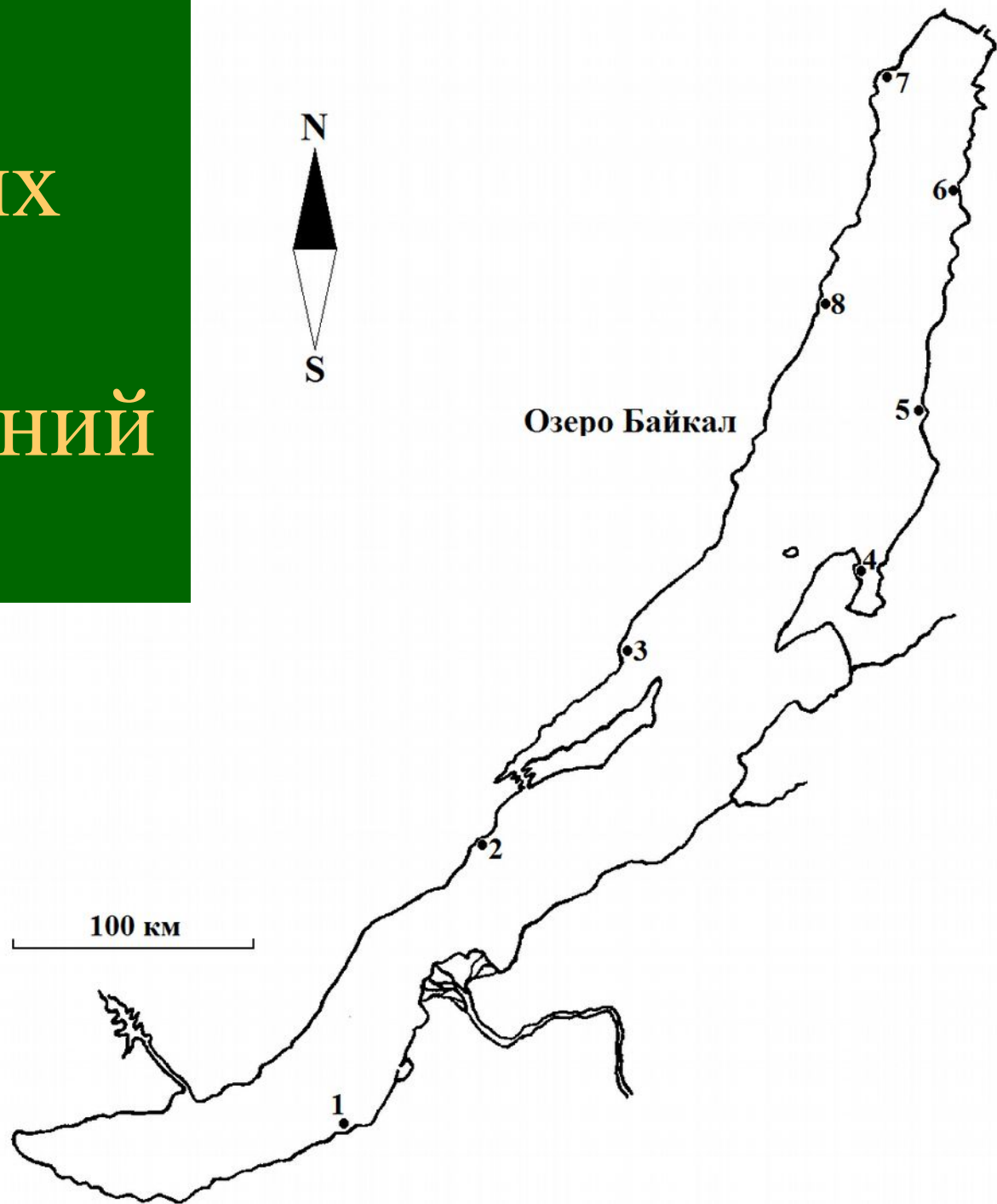
4. Бухта Онгоконская

5. Бухта Давша

6. Мыс Омогачан

7. Бухта Сеногда

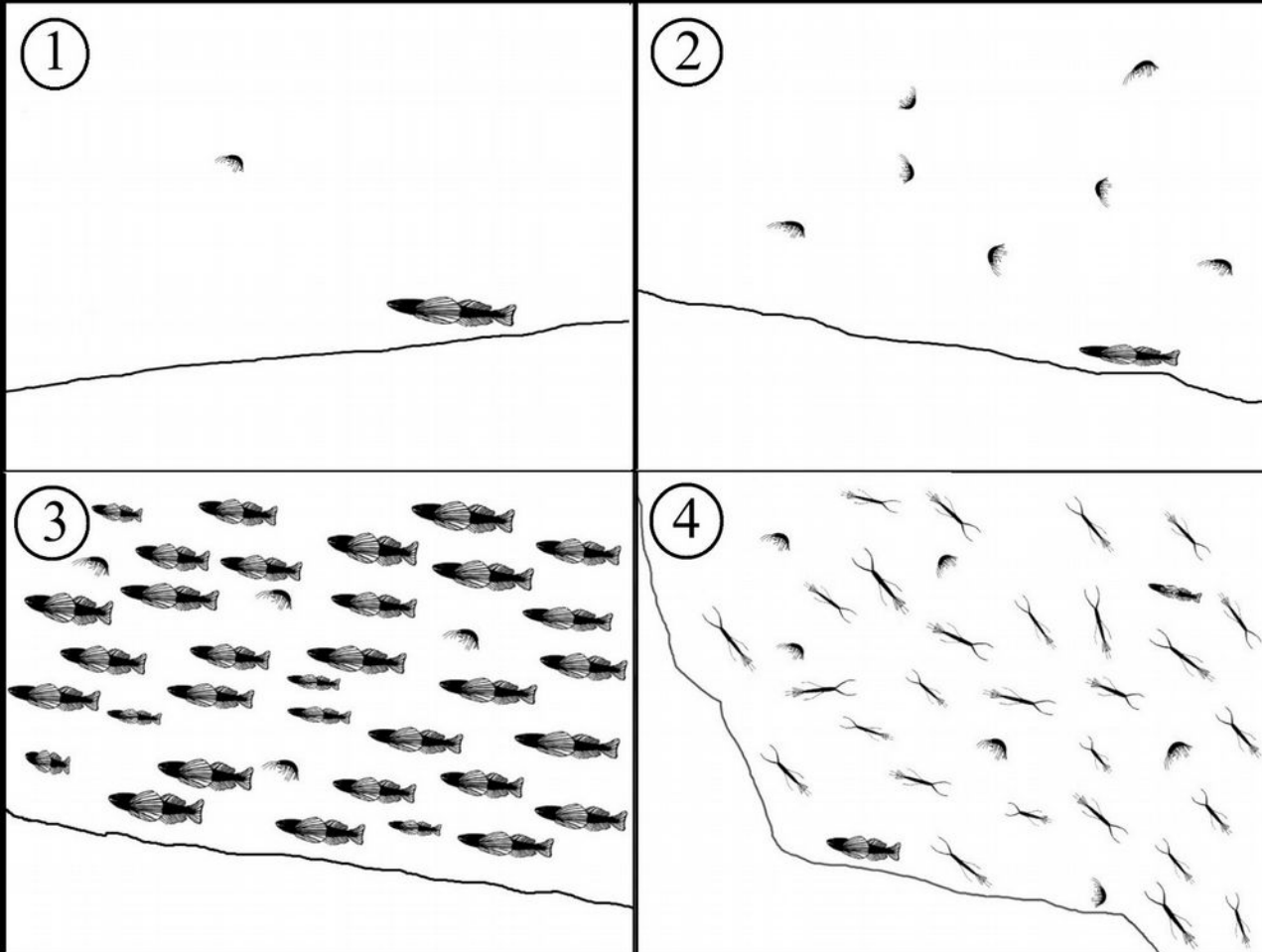
8. Большая Коса



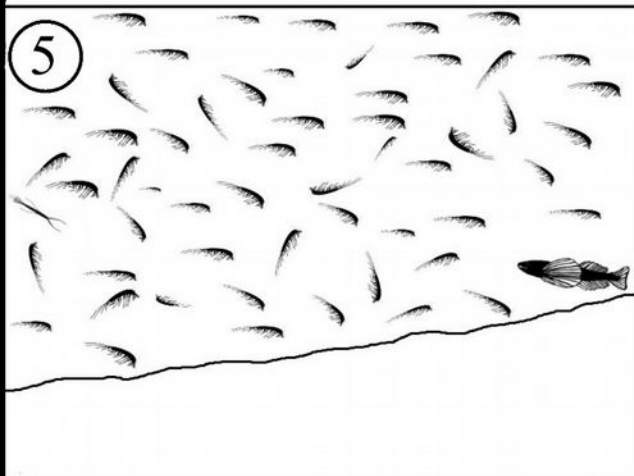
# Примеры обработки данных

секунд от начала подсчета	амфипод в стоп- кадре	рыб в стоп- кадре
0	3	17
5	7	19
10	7	21
15	7	25
20	6	23
25	4	16
30	7	28
35	8	18
40	6	21
45	6	28
50	4	28
55	5	25
60	6	28
65	7	34
70	10	39
75	5	59
80	5	70
85	3	109
90	5	98
95	2	105
100	1	105
105	2	102
110	2	150

Таксономичес- кие группы	Минуты наблюдения							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Донные амфиподы	7,00 ±1,41	16,08 ±1,02	8,00 ±0,76	5,83 ±0,65	5,25 ±0,59	4,44 ±0,51	3,85 ±0,42	3,42 ±0,55
Рыбы	0	0,25 ±0,14	0,58 ±0,27	2,25 ±0,29	2,58 ±0,27	2,61 ±0,47	3,08 ±0,34	2,83 ±0,38
Макрогектопус	17,23 ±2,20	34,17 ±2,47	41,00 ±2,12	53,25 ±3,01	66,17 ±2,06	62,28 ±2,40	60,31 ±3,18	74,67 ±1,85



# ПЯТЬ ОСНОВНЫХ ТИПОВ НМК



- Условные обозначения:
-  Донные амфиподы
  -  Полупелагические амфиподы
  -  Макрогектопус Браницкого
  -  Коттоидные рыбы
  -  Поверхность грунта



Точка в бухте Бол. Коты, глубина 32 м,  
крутой подводный склон с узким уступом



В кадре – желтокрылка *Cottocomerphorus grewingki*

# Южный Байкал:

Скопление  
бентосных  
амфипод  
*Echiuropsis* у  
отвесного  
подводного  
склона

Придонное  
скопление  
пелагического  
вида  
*Macrohectopus*  
*branickii*

2013-10-13 21:47:50



Обильный НМК из полупелагических амфипод с  
присутствием макрогектопуса (выделены),  
Южный Байкал, у пос. Клюевка, 14–15.07.2017 г.



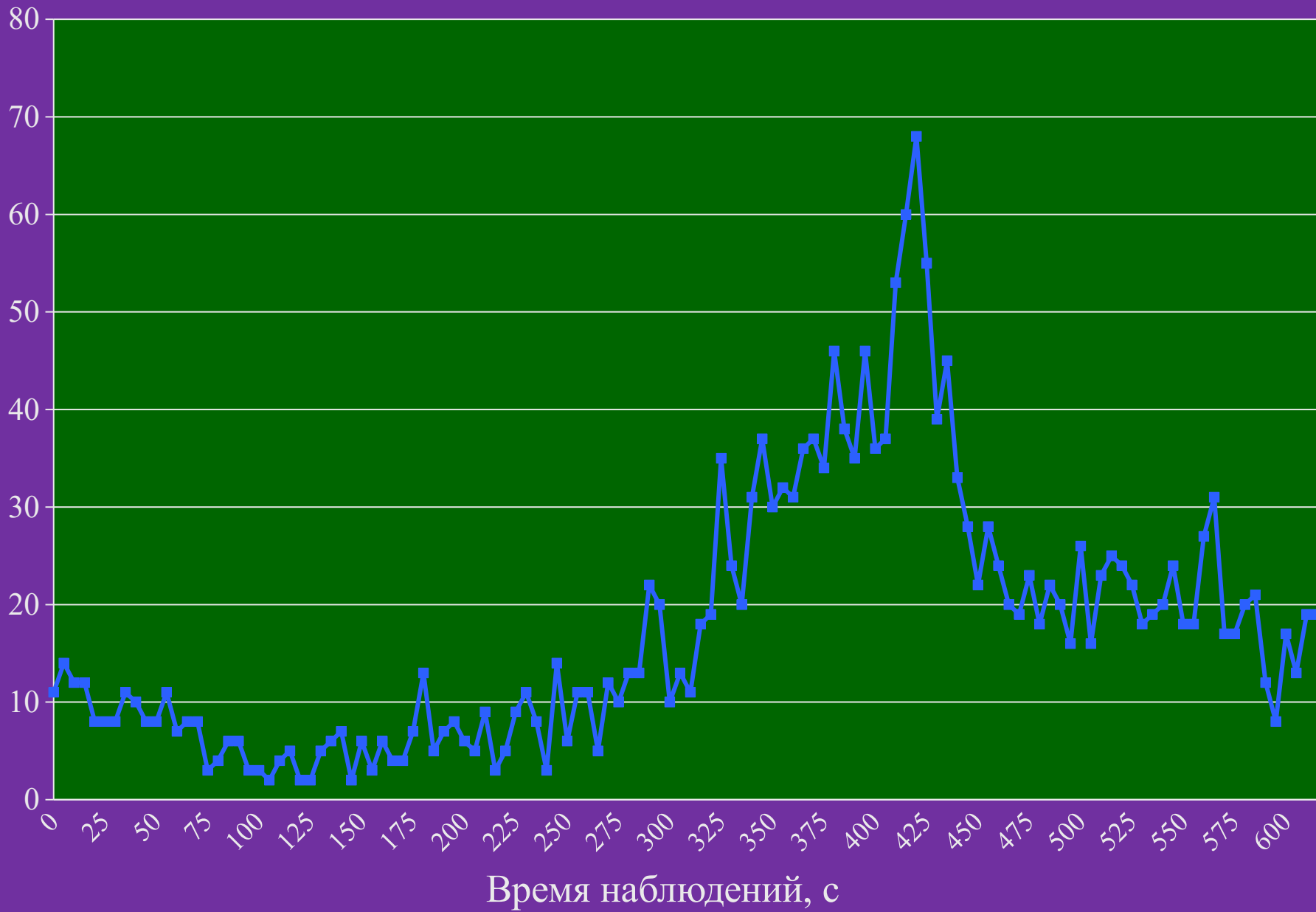
НМК с преобладанием молоди рыб,  
северная часть пролива Малое море,  
бухта Зама, 16–17.07.2017 г.



В ходе наблюдения со включёнными прожекторами видеобокса амфиподы привлекаются на искусственный свет, однако в течение нескольких минут их численность, достигнув пика, несколько снижается.

Это не относится к массовым скоплениям *Macrohectopus branickii*, численность которого при привлечении светом стабильно возрастает.

Численность, экз./стоп-кадр



Динамика численности миграционного комплекса амфипод при видеонаблюдении в бухте Змеёвая 08.10.2004 г., время 22:45–23:34.



Динамика численности миграционного комплекса при наблюдении с искусственным освещением напротив пади Нижняя 13.10.2013 г., терраса на свале, глубина 22 м, время 21:41–21:47.

# Появление молоди рыб в составе НМК подавляет миграционную активность амфипод.

Численность, экз./стап-кадр



Динамика численности организмов НМК в бухте Онгоконская в ночь 18–19.07.2017 г. при видеосъёмке у дна, время 23:21–23:27.



Численность, экз./стоп-кадр



Динамика численности организмов НМК в бухте Зама в ночь 16–17.07.2017 г. при видеосъёмке у дна, время 23:50–23:55.

Плотность миграционных скоплений у поверхности дна не всегда самая высокая; в ряде случаев они сосредотачиваются в более верхних слоях воды.

Расстояние от дна, м	Время наблюдения, с	Среднее количество амфипод в стоп-кадре, экз.
0	720	$0,86 \pm 0,24$
1	40	$60,00 \pm 8,02$
2	60	$90,92 \pm 7,08$
3	35	$55,63 \pm 2,12$

Численность амфипод в составе НМК при видеосъёмке на различных горизонтах с северной стороны м. Котельниковский (26.06.2006 г., глубина 10,7 м, температура воды 3,3 °С)

# **Миграционную активность амфипод подавляют следующие факторы:**

- 1. Наличие ощутимого придонного течения (у м. Омогачан, у дельты р. Селенга);**
- 2. Яркий свет луны в полнолуние (Большие Коты);**
- 3. Высокое обилие весеннего комплекса фитопланктона (Большие Коты, март; у дельты р. Селенга, июнь);**
- 4. Присутствие в пелагиали большого количества молоди рыб (бухты Большие Коты, Солонцовая, Зама).**

Наблюдения за ночным миграционным комплексом гидробионтов (видеоконтроль в сочетании со сборами планктонной сетью) рекомендуются к внедрению в практику экологического мониторинга на крупных водоёмах.

## **ПРЕИМУЩЕСТВА МЕТОДА:**

1. Оперативность получения первичной информации, возможность его автоматизации.
2. Доступность анализа видеозаписей техническим исполнителям, минимизация числа привлекаемых специалистов узкого профиля.

## **ПРЕИМУЩЕСТВА МЕТОДА:**

3. Ускорение обработки фиксированных материалов за счёт меньшего таксономического разнообразия миграционного комплекса в сравнении с донными сообществами.
4. Хорошая сопоставимость данных из разных пунктов и в разные сезоны.
5. Исключение случайных факторов благодаря достаточной пространственной однородности миграционного комплекса в пелагиали (в отличие от донных сообществ).

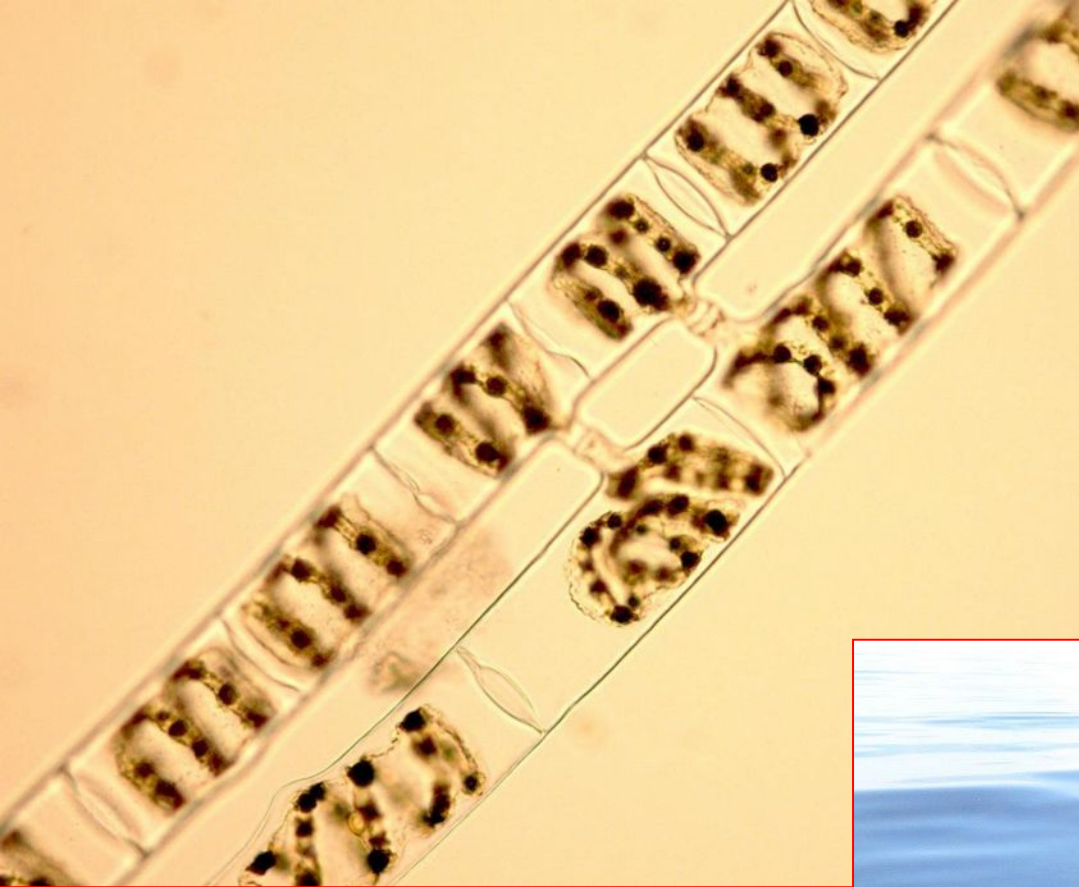
На протяжении нескольких десятилетий основной экологической проблемой Байкала считалась деятельность Байкальского целлюлозно-бумажного комбината.



Комбинат остановлен в 2013 г. **НО ВДРУГ...**

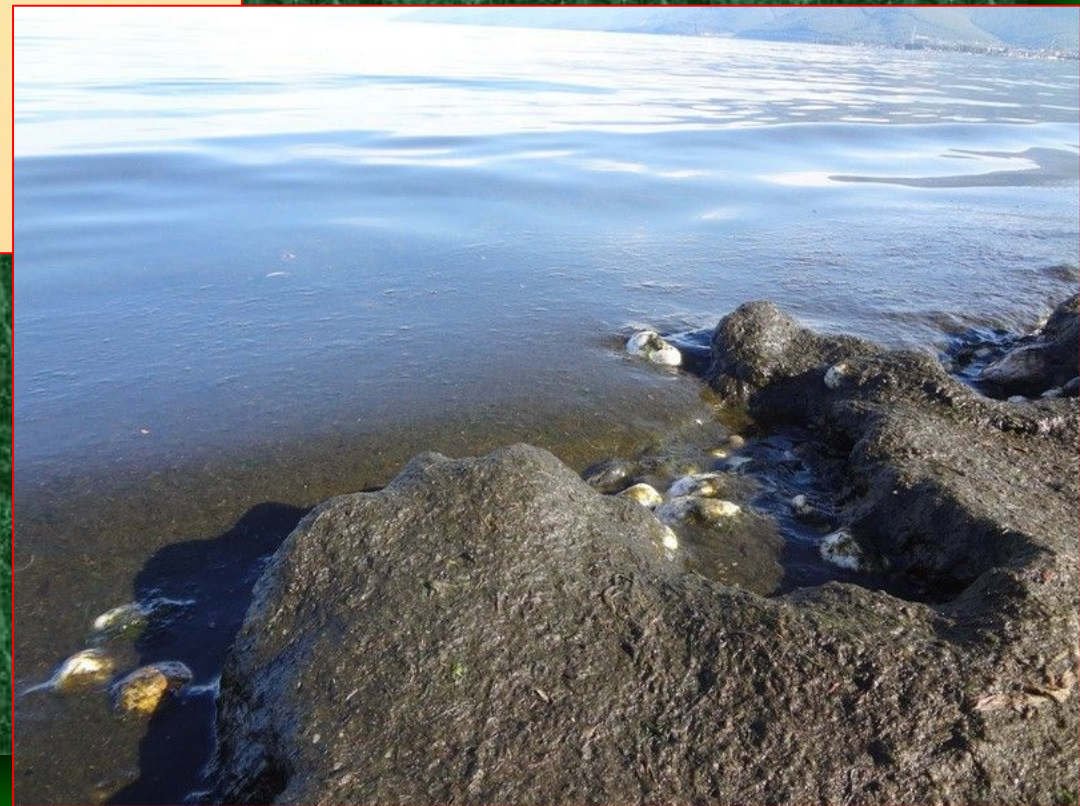
# Эвтрофирование Байкала: разрастание зеленых водорослей





*Spirogyra* spp.

Из СМИ: «Озеро  
заполнили  
ядовитые водоросли  
спирогиры...» ☹

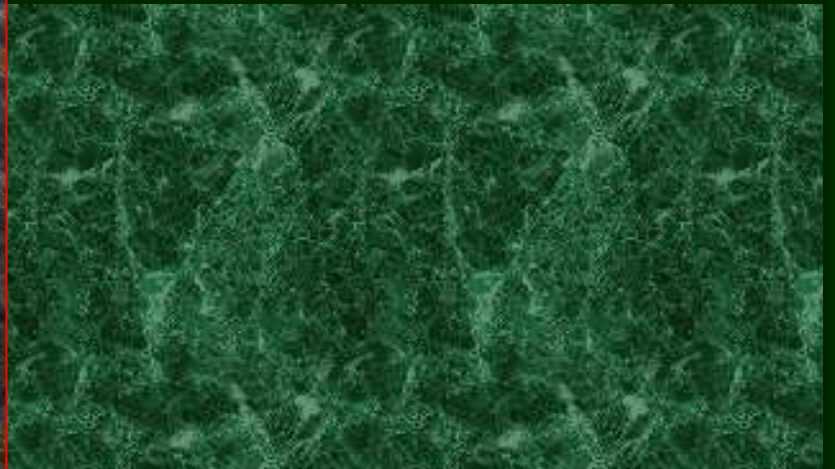


Выбросы  
водорослей  
*Draparnaldioides* в  
районе г. Слюдянка



Зелёные водоросли на  
подводных скалах. 2015 г.

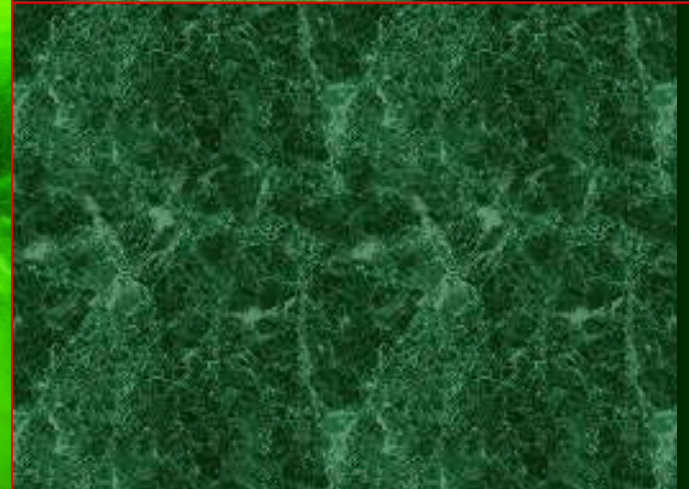




«Зелёный»  
ледовый припай.  
Большое  
Голоустное,  
декабрь 2015 г.



Гибель байкальских губок и болезнь их обитателей. Район пос. Листвянка.



# Берег Байкала у пос. Выдрино. Выходной день в июле 2014 г.

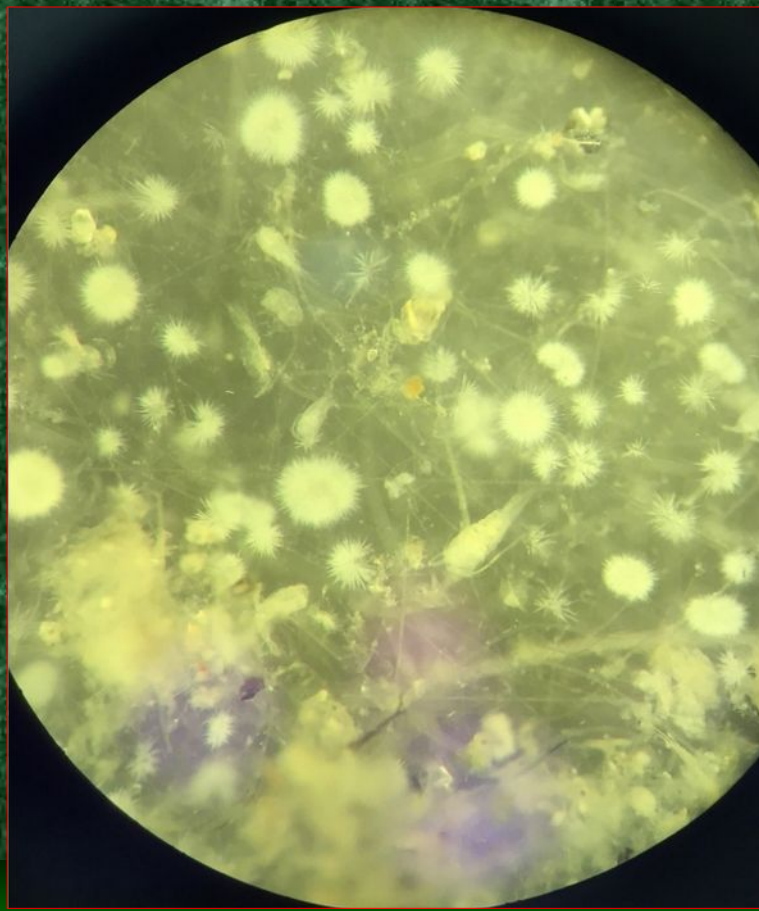


# Поселок Листвянка стал городом...



Благодаря системе вдольбереговых течений эвтрофикации подвержены и удалённые от туристических объектов и крупных посёлков участки Байкала.

Синезелёная водоросль *Gloeothrixia pisum* (Ag.) Thur. в массе обнаружена нами при наблюдении НМК в июле 2017 г. в бухте Давше (Баргузинский заповедник).



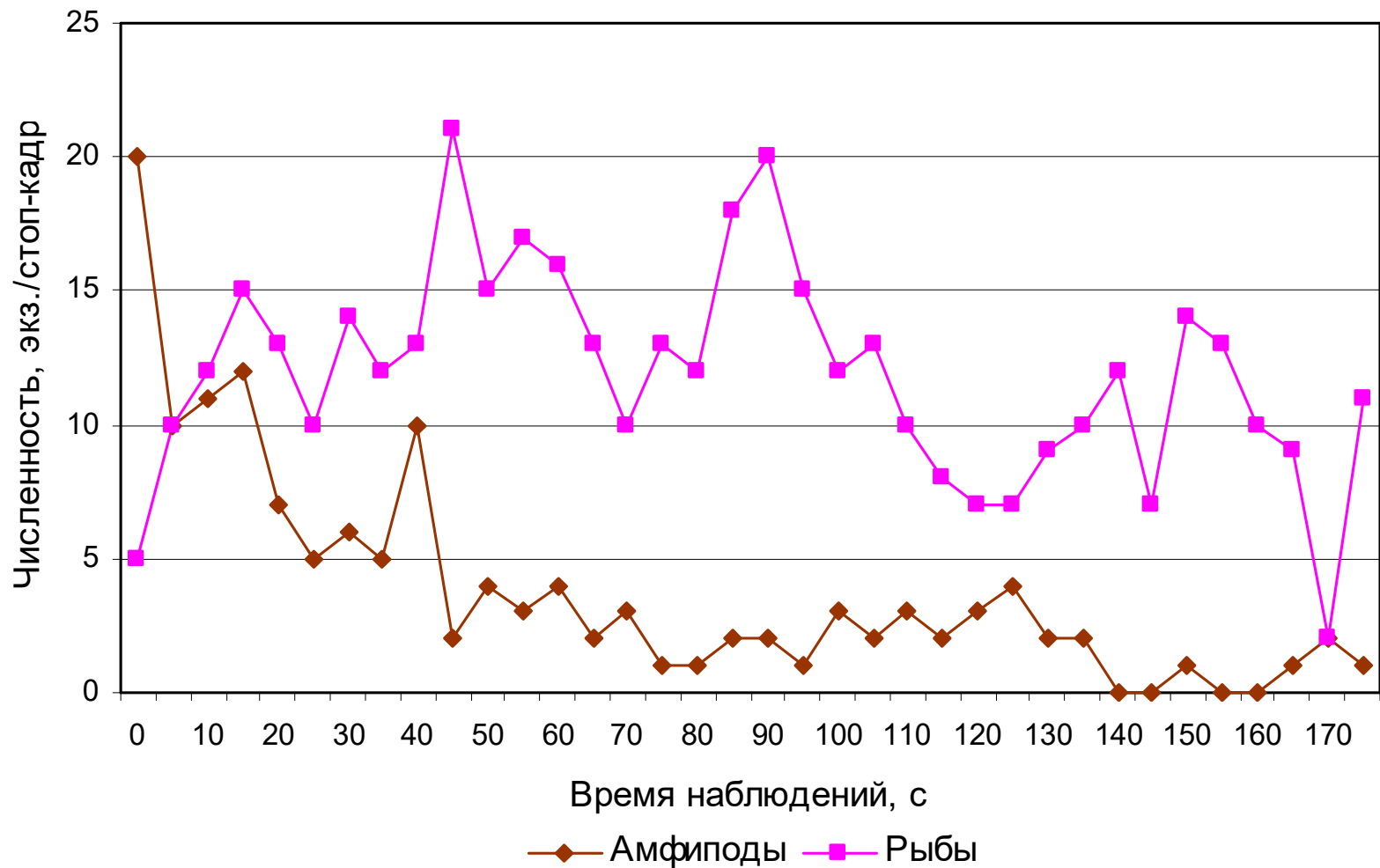
Сплошные обрастания глыб и валунов на подводном склоне п-ва Святой Нос, июль 2017 г.



По-видимому, эвтрофирование озера сказывается не только на количественном обилии водорослей, но и на следующем трофическом уровне — консументов.

Амфиподы питаются в основном не самими водорослями, а детритом, образующимся после отмирания фитомассы.





Миграционная активность амфипод и рыб в бухте Харин-Ирги (Ольхонские Ворота) 24.06.2006 г. Глубина 8,9 м, съёмка в 6 м от поверхности дна.

# Динамика численности бентосных амфипод в составе НМК в районе пос. Ключевка в ночь 14–15.07.2017 г. при видеосъёмке у дна, время 00:26–00:32.

Численность, экз./стоп-кадр



Динамика численности бентосных амфипод в составе  
НМК в районе пос. Ключевка в ночь 04–05.08.2014 г.  
при видеосъёмке у дна с искусственным освещением,  
время 23:36–23:51.

Численность, экз./стоп-кадр





Средняя численность амфипод и макрогектопуса в составе ночного миграционного комплекса напротив пос. Клюевка при видеосъемке у дна в разные годы

Дата съёмки, время	Число стоп-кадров	Количество амфипод, экз./стоп-кадр	Количество макрогектопуса, экз./стоп-кадр
04–05.08.2014, 23:30–00:10	186	63,33±2,78	0,23±0,03
14–15.07.2017, 00:00–01:00	73	254,67±1,39	2,21±0,03



Средняя численность  
амфипод в составе  
ночного миграционного  
комплекса на банке у м.  
Омогачан при видеосъемке  
у дна в разные годы

Дата съёмки, время	Число стоп-кадров	Количество амфипод, экз./стоп-кадр
07.10.2004, 22:20–24:00	160	0,19±0,04
27.06.2006, 02:00–03:00	97	2,89±0,13
20.07.2017, 23:30–24:00	85	27,15±2,53

# Динамика численности организмов НМК в бухте Сеногда в ночь 21–22.07.2017 г. при видеосъёмке у дна, время 23:52–23:57



Пределы колебаний средних значений обилия бентосных амфипод в НМК (экз./стоп-кадр) при наблюдении у дна в районах, исследованных в июле 2017 г.

Район	Средние значения по минутам $\pm$ SE	
	Минимальное	Максимальное
Пос. Ключевка	137,46 $\pm$ 22,90	348,50 $\pm$ 7,15
Бухта Ая	8,46 $\pm$ 0,87	10,64 $\pm$ 1,59
Бухта Зама	1,00 $\pm$ 0,71*	42,50 $\pm$ 10,87
Бухта Онгоконская	5,83 $\pm$ 0,87*	24,67 $\pm$ 2,34
Бухта Давша	1,45 $\pm$ 0,48	11,58 $\pm$ 1,85
Мыс Омогачан	9,92 $\pm$ 1,24	59,92 $\pm$ 5,53
Бухта Сеногда	67,08 $\pm$ 2,19	103,54 $\pm$ 2,50
Большая Коса	10,23 $\pm$ 5,20	27,92 $\pm$ 7,48

\* – Подавление численности амфипод присутствием молоди рыб.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- В последние годы происходит повышение обилия НМК в разных районах Байкала, прежде всего за счёт бентосных и полупелагических амфипод.
- Это свидетельствует об общем повышении продуктивности экосистемы Байкала, которое сказывается и на уровне организмов-консументов.
- Полученные результаты подтверждают эффективность наблюдений за ночным миграционным комплексом в качестве метода долговременного экологического мониторинга.





СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ!  
Использованы  
фотографии:  
С.И. Дидоренко,  
Н.А. Полякова,  
В.В. Тахтеева,  
А.С. Мишарина,  
И.В. Ханаева,  
И.Б. Книжина,  
Б. Скета.

