

Экологическая реабилитация цветущих московских водоёмов

к.х.н. Шувалова Е.А.



Проблема

- ▶ Большая часть природных водоёмов Москвы и области подвержены сильному «цветению» в результате развития в них различных видов водорослей, включая синезелёные (цианобактерии)
- ▶ Экологическая реабилитация цветущих природных водоёмов на территории Москвы является одной из актуальных проблем устойчивого водопользования в столице

Источники водоснабжения Москвы

- ▶ Доля московского региона (Москва: 140 водотоков, 400 водоёмов и область) составляет 0,38% от общего объёма водных ресурсов России.
- ▶ С расширением границ города количество водотоков и прудов увеличилось более чем в два раза (еще около 150 водотоков и более 400 водоёмов).
- ▶ Помимо Москвы–реки на территории города выделяют пять других водоприёмников территориального стока Яуза, Сетунь, Городня, Сходня, Нищенка.

Химическое загрязнение природных водоёмов Москвы

4

- ▶ К антропогенным источникам поступления стока в речные воды относятся бытовые, промышленные, поверхностные (ливневые и талые) и дренажные сточные воды, сельскохозяйственные стоки, результаты рекреационной деятельности и т. д.



Источники загрязнения реки Москвы

5

- ▶ **Значительное влияние на качество поступающей в город воды реки Москвы оказывают комплексы хозяйственной деятельности на территориях Московской, Смоленской и Тверской областей**
- ▶ **В черте города происходит дополнительное загрязнение реки за счёт сбросов промышленных и ливневых сточных вод, недостаточно-очищенных сточных вод после станции аэрации, неорганизованного поверхностного стока с селитебных территорий.**

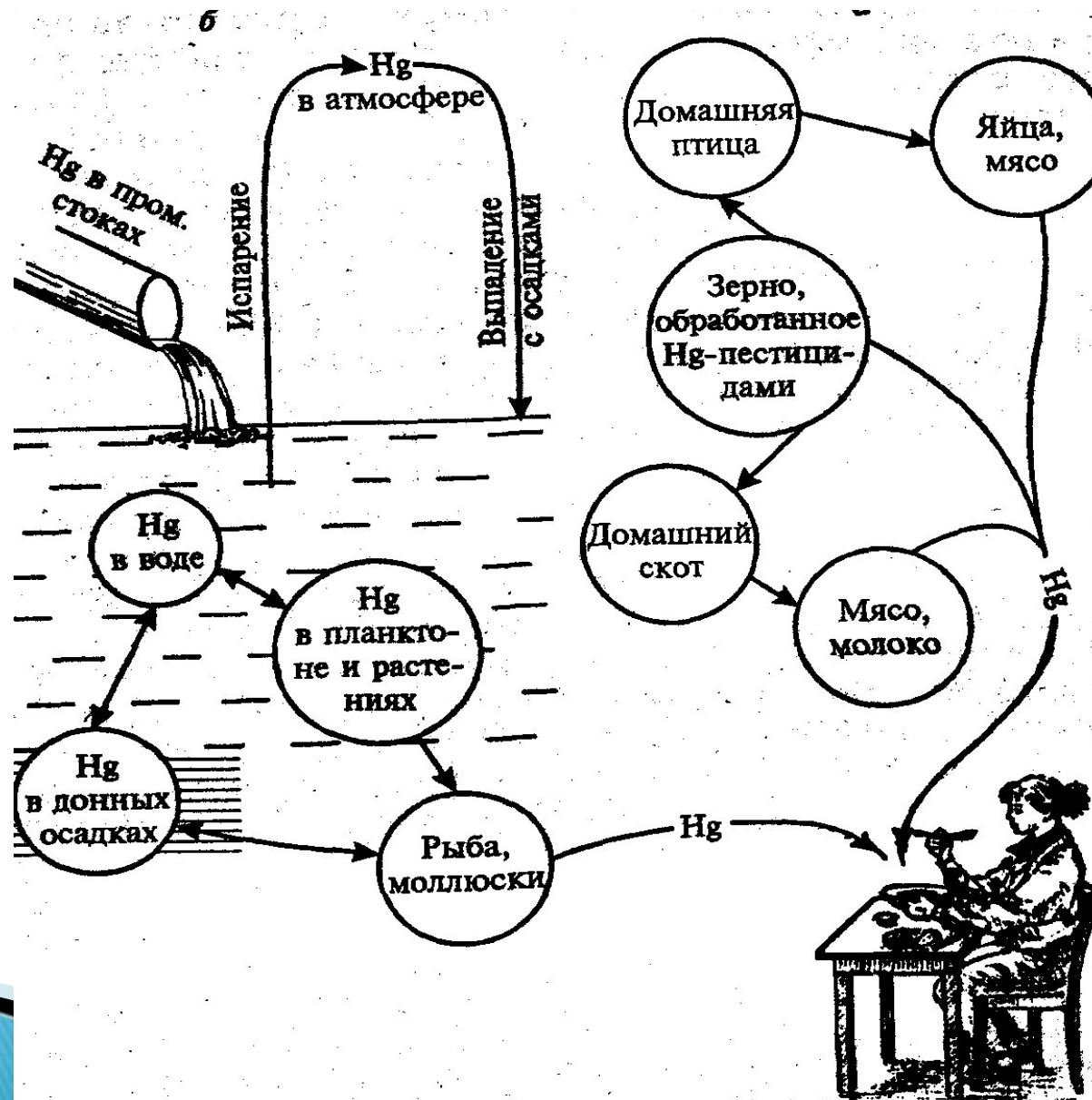
- ▶ Особое внимание следует уделить растворённым в атмосферных осадках веществам, являющимся **Химическими спутниками Земли.**
- ▶ **Химическое загрязнение** представляет собой изменение естественных химических свойств воды за счет увеличения содержания в ней вредных примесей как **неорганической** (минеральные соли, кислоты, щелочи, глинистые частицы), так и **органической** природы (нефть и нефтепродукты, органические остатки, поверхностно–активные вещества, пестициды).



Неорганическое загрязнение

- ▶ Основными неорганическими (минеральными) загрязнителями вод являются разнообразные и токсичные для обитателей водной среды соединения мышьяка, свинца, кадмия, ртути, хрома, меди, фтора.
- ▶ Тяжёлые металлы поглощаются фитопланктоном и передаются по пищевой цепи более высокоорганизованным организмам.

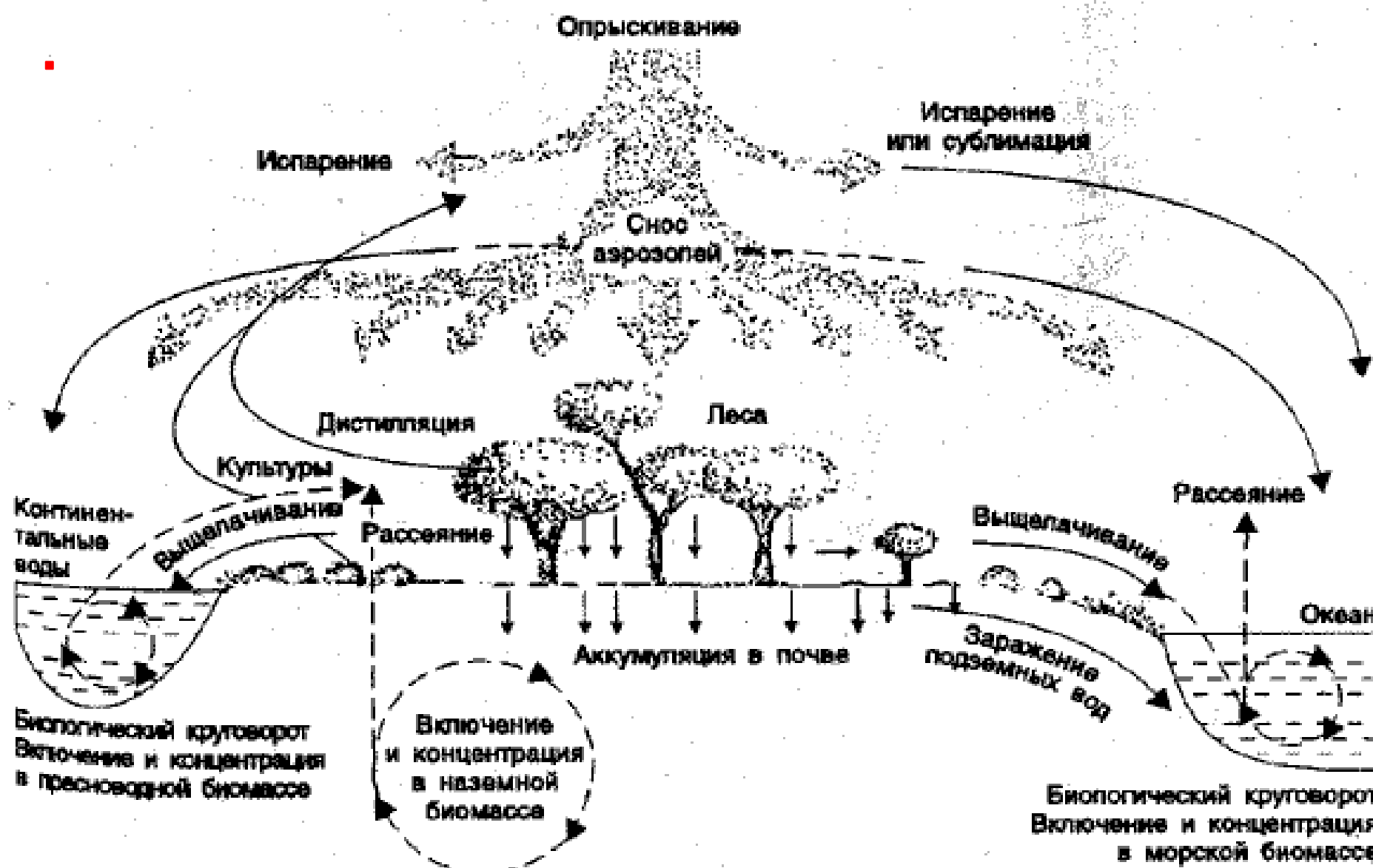
Распространение ртути



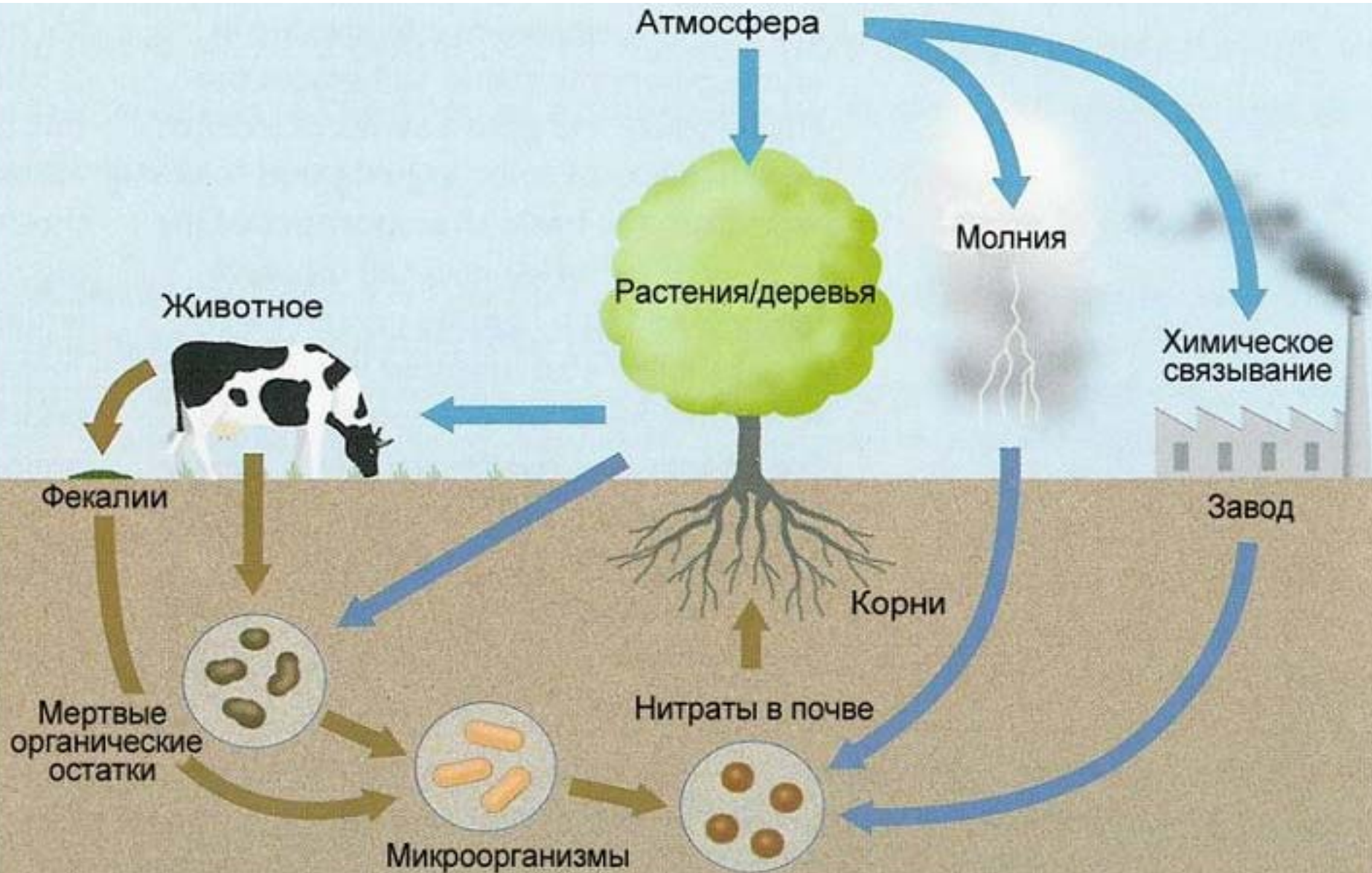
Органические загрязнители

- ▶ **Значительный объём органических веществ, большинство из которых не свойственно природным водам, сбрасывается в реки вместе с промышленными и бытовыми стоками.**
- ▶ **ПАВ – жиры, масла, смазочные материалы – образуют на поверхности воды плёнку, которая препятствует газообмену между водой и атмосферой, снижая степень насыщенности воды кислородом.**

Распространение пестицидов



Круговорот азота в природе



Цветение водоёмов

13



Синезелёные водоросли (Цианобактерии)

- ▶ **Цианобактерии** – одноклеточные, нитчатые и колониальные микроорганизмы.
- ▶ Некоторые цианобактерии, формируют гетероцисты **фиксирующие азот**.

Выделяют:

- ▶ **Гепатотоксины** (микроцистины и нодулярины);
- ▶ **Нейротоксины** (анатоксин-а и др.)
- ▶ Условно-патогенные (Anabaena).

**Встречаются раздражители ЖКТ и природные яды
приводящие к смерти от дыхательной
недостаточности**

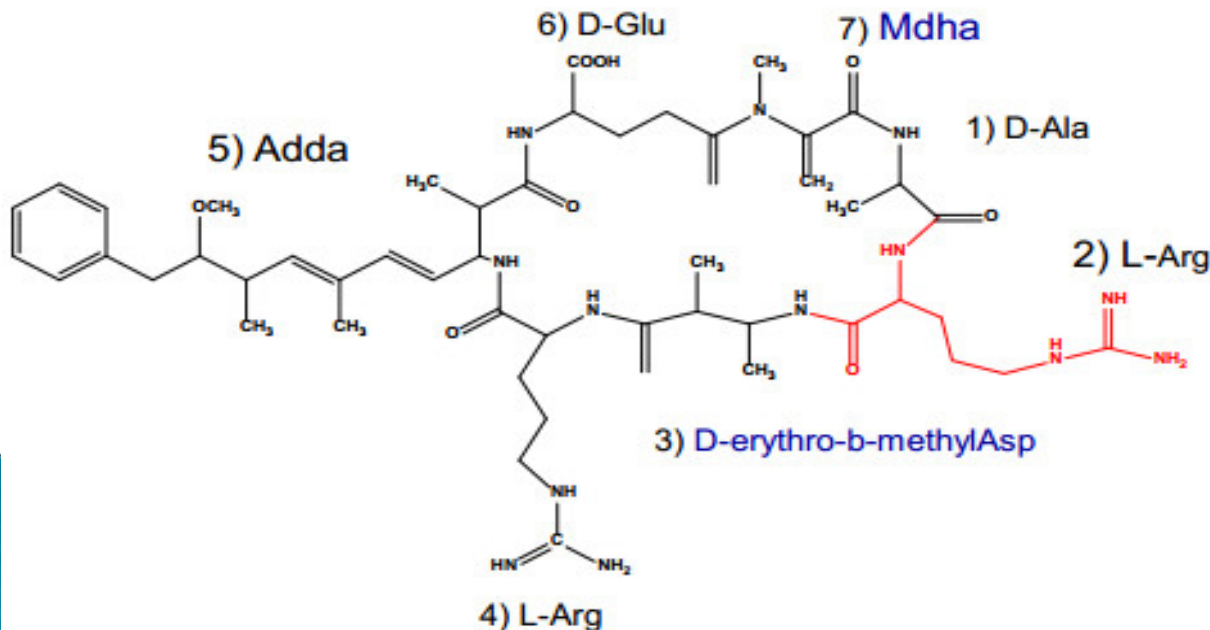
Цианобактерии и цианотоксины



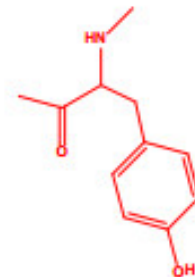
▶ **Микроцистины** (МС) – одни из самых известных и широко распространённых цианотоксинов в пресноводных экосистемах, их основными продуцентами являются цианобактерии родов **Anabaena, Microcystis, Planktothrix** и др.

▶ Структуры МС-RR, -LR, -YR, где D-Ala – аланин, D-MeAsp – D-эритро-β-метиласпарагиновая кислота, Adda – 3-амино-9-метокси-2,6,8-триметил-10-фенилдека-4,6-диеновая кислота, Glu – глутамат, Mdha – N-метилдегидроаланин

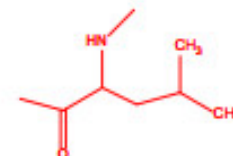
Структура микроцистина-RR



-LR



-YR



Воздействие на человека

- ▶ **Алиментарный путь** – потребление заражённой питьевой воды и пищи, заглатывание воды во время купания.
- ▶ **Чрескожный и ингаляционный** пути заражения возможны во время отдыха, занятия спортом и профессиональной деятельности (рыболовство).
- ▶ **Парентеральный** путь при использовании воды из поверхностных водоисточников для гемодиализа.

Методы борьбы с цианобактериями

■

Меры вне водоёмов:

- ▶ обработка сточных вод(удаление азота);
- ▶ полное отведение сточных вод;
- ▶ защита водоразделов (запрет удобрений и пр)
- ▶ Замена фосфатных моющих средств и т.д.

Меры внутри водоёмов:

- ▶ физические, химические и биологические манипуляции (сбор биомассы, зарыбление, применение токсичных веществ, манипуляции с пищевыми цепями и пр.), использование фотокатализаторов.

Предотвращение образования цианобактерий и цианотоксинов

- ▶ Одним из наиболее инновационных и перспективных методов **предотвращения загрязнения** природных водоёмов **синезелёными водорослями** является метод экологической реабилитации природных водоёмов, основанный на **последовательной коррекции альгоценоза** этих водоёмов планктонным штаммом зелёной микроводоросли **Chlorella vulgaris ИФР №С-111**, выделенным Н.И. Богдановым в 1977 году из воды Нурекского водохранилища в Таджикистане.

Штамм

20

Chlorella vulgaris ИФР № С-111



Экспериментальные исследования

- ▶ В 2012–14гг нами были проведены исследования на нескольких природных водоёмах Подмосковья (**Глуховский и Барвихинские пруды, Никольская запруда на р. Сетуньке**), целью которых было выявление возможностей **предотвращения развития цианобактерий** в этих водоёмах уже на **начальных этапах вегетационного периода с помощью заблаговременного внесения в водоём штамма *Chlorella vulgaris* ИФР №С–111**

Глуховский пруд

Цели исследования:

- ▶ снижение развития цианобактерий в пользу развития зелёных и диатомовых водорослей;
- ▶ улучшение качества воды по контролируемым параметрам;
- ▶ проведение комплексного гидрохимического и микробиологического мониторинга;
- ▶ анализ динамики изменения состава различных водорослей при коррекции альгоценоза

**Состав фитопланктона Глуховского пруда
до начала коррекции альгоценоза (20.07.2012г.)**

23

Параметры	Общая численность	Диатомовые	Зеленые	Синезелёные	Другие
Количество (кл/мл)	25 456	512	6 832	17 760	352
Биомасса (мг/л)	4.7232	0.3038	1.5115	1.7450	1.1627

**Состав фитопланктона Глуховского пруда
после коррекции альгоценоза (07.08.2012г.)**

Параметры	Общая численность	Диатомовые	Зелёные	Синезелёны е	Другие
Количество (кл/мл)	102 000	400	101 200	единицы	400
Биомасса, (мг/л)	319.842	0.033	319.734	-	0.075

**Состав фитопланктона Глуховского пруда
после коррекции альгоценоза (21.08.2012г.)**

Параметры	Общая численность	Диатомовые	Зелёные	Синезелёны е	Другие
Количество (кл/мл)	37 900	4 800	27 800	833	4 467
Биомасса, (мг/л)	30.817	6.38	5.654	0.065	18.718

Барвихинские пруды

■
Общий вид очистных сооружений ливневой канализации посёлка Барвиха Московской области



Практические работы

Были проведены:

1. гидрохимические и гидробиологические анализы воды Барвихинских прудов до начала альголизации.
2. альголизация водоёма в три этапа, включавшая весеннюю (первичную), летнюю (вторичную) и осеннюю (заключительную) коррекции альгоценоза.
3. Регулярные гидрохимические и гидробиологические анализы воды Барвихинских прудов в течение всего эксперимента (с мая по октябрь 2013 года).

Объём альголизанта, вносимого на всю акваторию Барвихинских прудов определяется по формуле (1):

$$M_a = V_v \cdot m_{\text{дк}} / 2n \quad (1)$$

M_a – масса альголизанта (живой водоросли) (кг.);

V_v – объем метрового слоя водохранилища (м^3);

$m_{\text{дк}}$ – удельная масса достаточной концентрации альголизанта (кг);

n – минимальное число дней комфортных условий обитания.

Рассчитанная величина составила 0,25 кг, что соответствует 5 кг суспензии выращенной по ТУ хлореллы, плотностью 10^9 кл/мл.

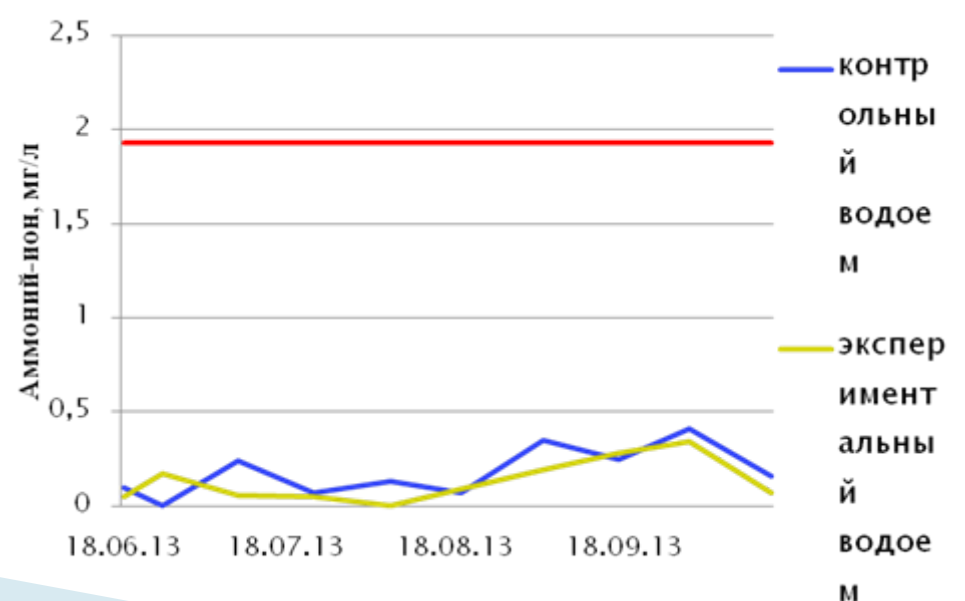
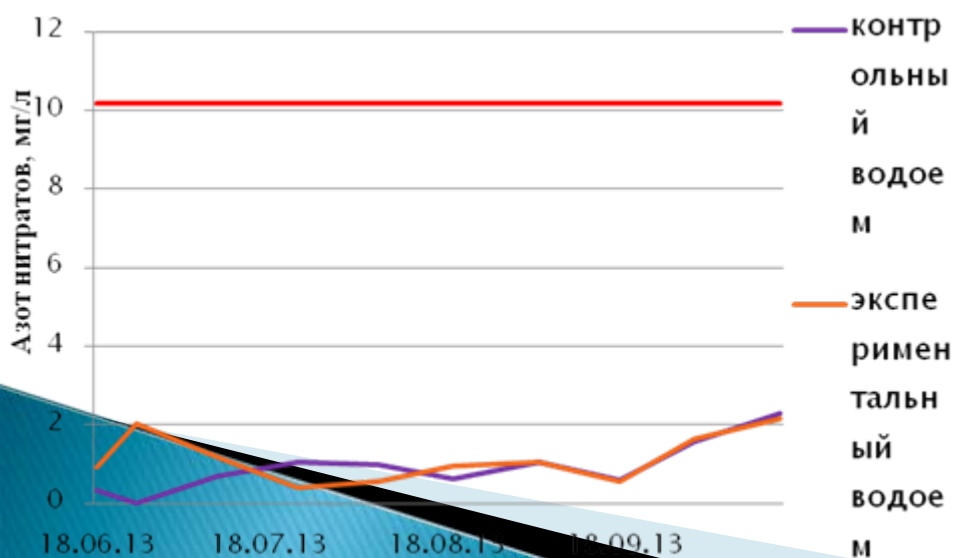
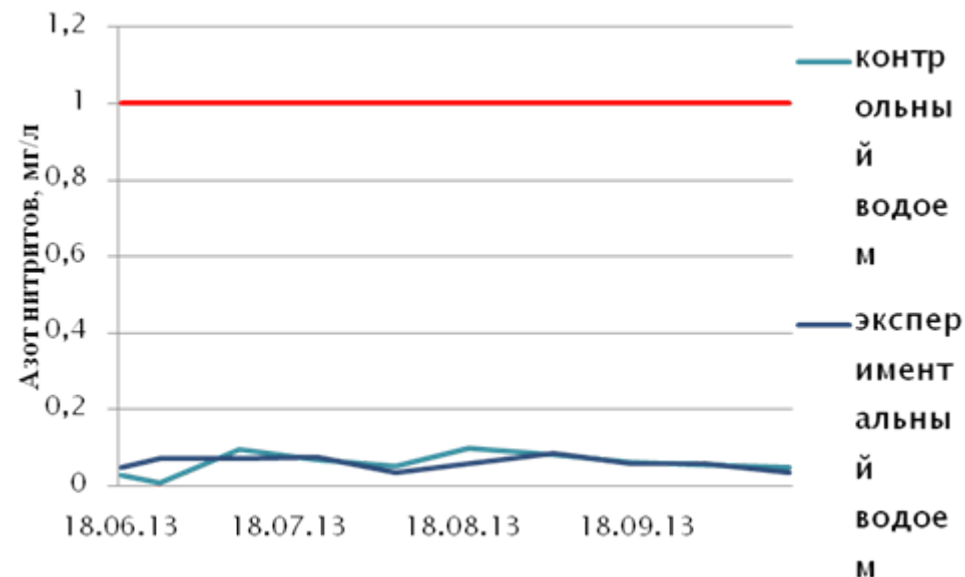
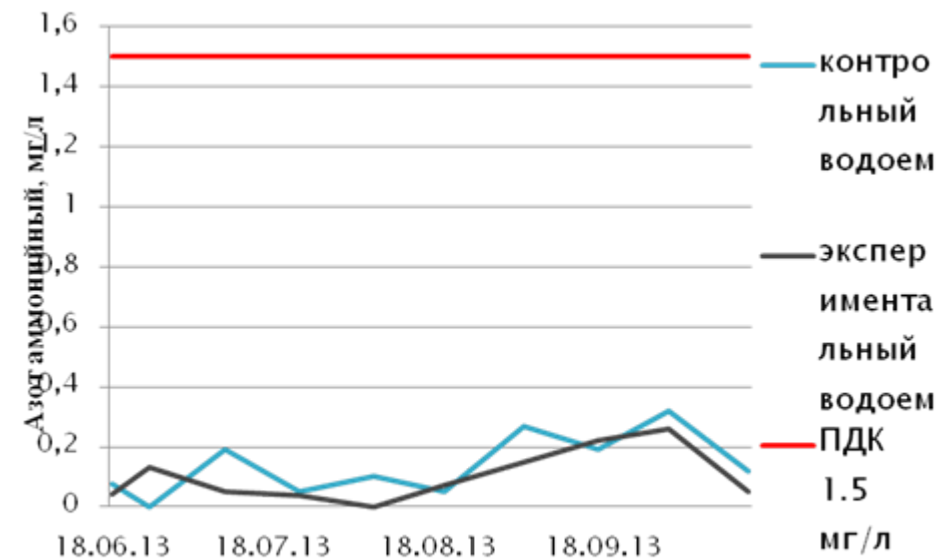
Точки вселения хлореллы были выбраны с точки зрения равномерного распределения штамма по акватории.

Содержание неорганических производных азота после первой, второй и третьей альголизаций

Дата	Азот аммоний- ный, мг/л		Азот нитратов мг/л		Азот нитритов мг/л		Аммоний-ион, мг/л	
	*к	**э	к	э	к	э	к	э
18.06	0,078	0,041	0,35	0,91	0,027	0,049	0,1	0,053
25.06	<0,039	0,13	<0.02	2,03	0.0097	0,073	<0,05	0,17
09.07	0,19	0,05	0,71	1,17	0,094	0,073	0,24	0,06
23.07	0,05	0,04	1,04	0,4	0,07	0,076	0,07	0,05
06.08	0,1	<0,039	0,99	0,55	0,052	0,034	0,13	<0,05
19.08	0,05	0,07	0,64	0,95	0,1	0,058	0,07	0,09
03.09	0,27	0,15	1,06	1,04	0,082	0,085	0,35	0,19
17.09	0,19	0,22	0,6	0,58	0,061	0,058	0,25	0,28
30.09	0,32	0,26	1,59	1,64	0,055	0,058	0,41	0,34
15.10	0,12	0,05	2,88	2,16	0,049	0,034	0,16	0,07

***к–контрольный и **э–экспериментальный водоёмы**

Динамика изменения неорганических производных азота за весь период эксперимента



Анализ изменения видового состава фитопланктона показал, что после проведения альголизации в экспериментальном водоёме не происходило развитие синезелёных водорослей.

Наиболее выражено в сравнении с контрольным водоёмом это проявилось на втором этапе альголизации в летний период.

На третьем этапе альголизации содержание синезелёных водорослей продолжало оставаться на низком уровне на фоне интенсивного развития безвредных диатомовых водорослей, что и являлось основной целью данной части работы.

Кроме химических и гидробиологических исследований мы постоянно вели визуальное наблюдение за состоянием воды.

В октябре было зафиксировано, что экспериментальный водоём имеет значительно лучший статус, чем контрольный.

Состояние воды в Барвихинских прудах на 15.10.2013:
а) контрольный б) экспериментальный

А.



Б.

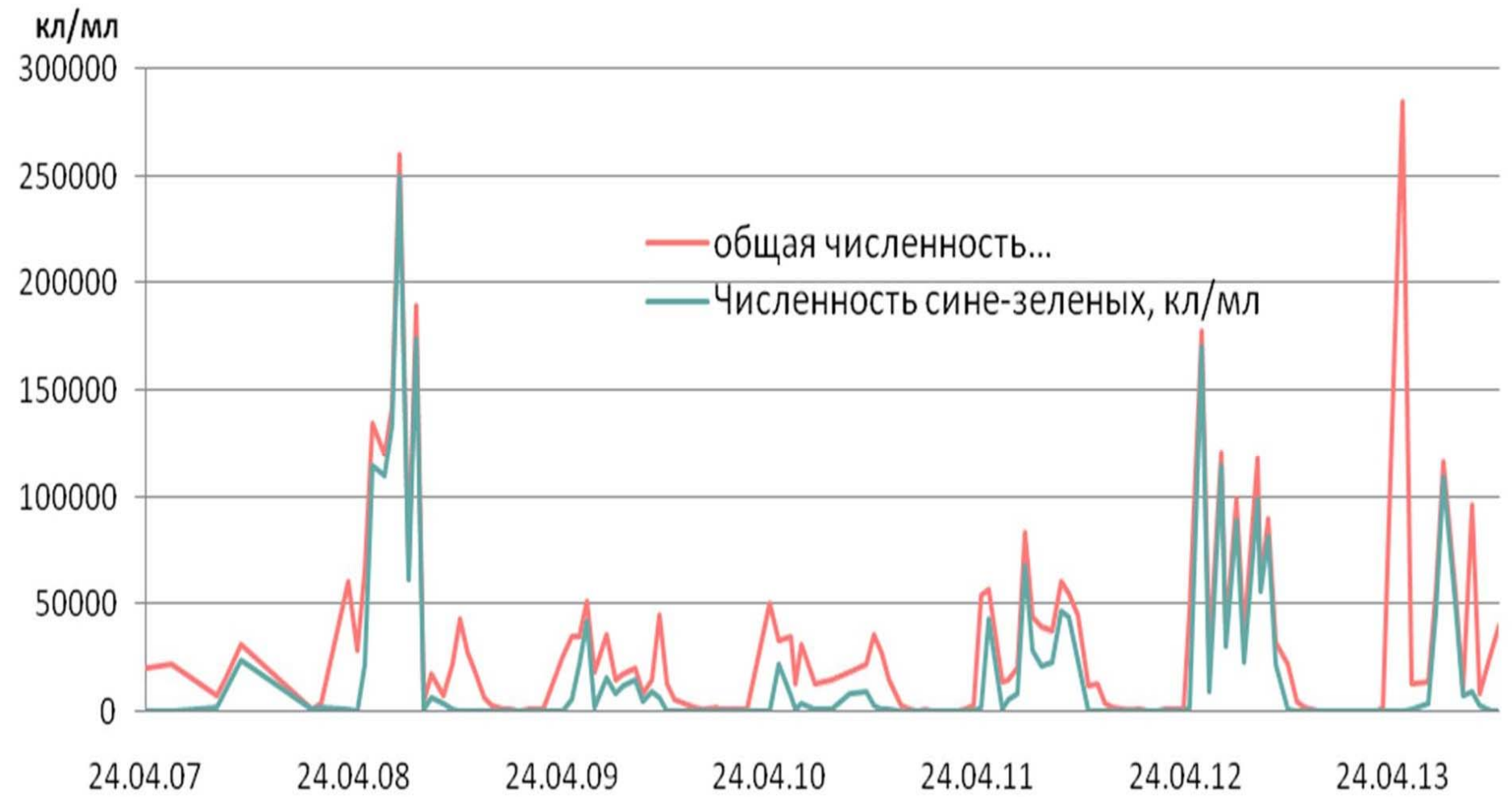


Нижняя Никольская запруда на реке Сетуньке

Данный водоём является **высокотрофным природно-техногенным объектом водохозяйственного назначения**, находящимся в непосредственной близости к источникам антропогенного воздействия, а именно: **сельскохозяйственные угодья, военный аэродром, карьеры, участковые лесничества, селитебные зоны.**

Многолетние данные, свидетельствующие о **ежегодном развитии в летний период синезелёных водорослей** в данном водоёме

Данные о развитии цианобактерий



2007 год

2008 год

2009 год

2010 год

2011 год

2012 год

2013 год

Выводы

- ▶ Полученные результаты показали, что **благодаря заблаговременному (весеннему) и своевременному внесению достаточных количеств хлореллы** в водоём, до того, как в нём начали образовываться цианобактерии, **хлорелла обеспечивает утилизацию неорганических производных азота, не позволяя развиваться цианобактериям уже на начальных этапах цветения и далее на протяжении всего вегетационного периода.**
 - ▶ **К концу сезона в прошедших коррекцию альгоценоза водоёмах преобладают зелёные и диатомовые водоросли**, что положительно сказывается на экологическом статусе объектов.

Проведение мер по реабилитации водоёмов (прежде всего, природных), подверженных цветению представляется чрезвычайно важным.

При постановке задачи экологической реабилитации природных водоёмов следует рассматривать две проблемы:

- ▶ 1) интенсивность **общего химического загрязнения воды** и его причины;
- ▶ 2) интенсивность **цветения водоёма водорослями** вообще и **синезелёными**, в частности.