РД 52.24.620–2000

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

Методические указания

Охрана природы. Гидросфера

Организация и функционирование подсистемы мониторинга антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем

gost.e-ecolog.ru

РД 52.24.620–2000

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

Методические указания

Охрана природы. Гидросфера

Организация и функционирование подсистемы мониторинга антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Гидрохимическим институтом Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

2 РАЗРАБОТЧИКИ канд. хим. наук В. А. Брызгало, канд. хим. наук Л. П. Соколова.

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ 22 ноября 2000 г.

4 ЗАРЕГИСТРИРОВАН ЦКБ ГМП за номером РД 52.24.620–2000 от 5.12.2000.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ.

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 4
5 Формирование сети и программы наблюдений 8
5.1 Формирование сети наблюдений 8
5.2 Программа наблюдений 10
5.3 Частота и сроки отбора проб 11
6 Проведение наблюдений 12
7 Основные принципы оценки уровня антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем 13
Приложение А Примеры выполнения наблюдений за антропогенным эвтрофированием на Цимлянском и Куйбышевском водохранилищах 18
Приложение Б Пример оценки уровня антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем 30
Приложение В Библиография 37

Введение

Основанием для разработки стандарта явилась необходимость регламентировать деятельность оперативно-производственных подразделений Росгидромета по организации и функционированию специального вида наблюдений подсистемы мониторинга антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем (ПМАЭПЭ).

В современных условиях процессы развития и преобразования водных экосистем протекают значительно быстрее, чем раньше, поскольку они обусловлены не столько естественными факторами, действующими в масштабе геологического времени, сколько антропогенными. К числу глобальных процессов, резкое возрастание скорости которых отмечено в последние десятилетия, можно отнести процесс антропогенного эвтрофирования, охвативший многие водные объекты мира и вызвавший ухудшение качества поверхностных вод [1–3].

Одним из серьезных затруднений при оценке последствий антропогенного эвтрофирования водоемов и водотоков является то, что благодаря механизмам гомеостаза изменения в функционировании экосистем оказываются на первом этапе незаметными. Чаще такие нарушения сложно отличить от природных вариаций в развитии экосистем. К последним могут быть отнесены сезонные, межгодовые колебания гидродинамических процессов, климатические изменения, циклы развития биоты и другие.

Оценки последствий антропогенного эвтрофирования и выявление его масштабов на фоне естественной изменчивости могут быть определены только на базе результатов режимных наблюдений за особенностями функционирования отдельных сообществ водных организмов в условиях антропогенного эвтрофирования [4]. Причем для получения достаточно достоверного результата необходимы наблюдения за ряд лет и даже десятилетий. В последние 10–15 лет в Государственной службе наблюдений (ГСН) стал накапливаться фактический материал по внутри- и межгодовой пространственно-временной изменчивости качественных и количественных показателей развития планктонных и бентосных сообществ таких эвтрофирующихся водных объектов России, как:

– водохранилища – Иваньковское, Угличское, Рыбинское, Чебоксарское, Горьковское, Куйбышевское, Саратовское, Волгоградское, Цимлянское и т. д.;

– реки – Нижняя Волга, Нижний Дон, Северский Донец, Москва, Клязьма, Ока, Пахра, Самара, Ить, Сить, Которосль, Санихта и т. д.;

– озера – Ладожское, Чудско-Псковское и т. д.

В развитии биоценозов этих пресноводных экосистем отмечены в последние годы заметные природные модификации, к числу которых следует отнести:

а) для фитопланктона:

– увеличение общей численности фитопланктона за счет усиления развития в первую очередь группы синезеленых, вплоть до их «цветения»,

– обеднение видового состава водорослей с тенденцией выхода на доминирующее положение одного-двух видов,

– выход синезеленых водорослей на доминирующее положение даже в весенний период,

– снижение относительной численности группы зеленых водорослей и нарушение сезонного хода в развитии сообщества в целом,

– усиление развития α-сапробных организмов из рр. *Oscillatoria* и *Nitzschia*, которые способны вегетировать даже в условиях нарушения в водоемах кислородного режима;

б) для зоопланктона:

– усиление количественного развития сообщества с различными перестройками группового и видового состава,

– повышение частоты встречаемости аномально высоких значений общей численности,

– уменьшение числа видов за счет выпадения олиго- и мезосапробов,

– увеличение численности высокотолерантных видов;

в) для зообентоса:

– повышение биомассы сообщества, его неровная экологическая структура с выраженной доминантностью отдельных видов,

– уменьшение видового разнообразия за счет гибели организмов – представителей чистых вод,

– постоянное или периодическое повышение относительной численности олигохет, усиление развития которых происходит при заиливании дна;

г) для фитоперифитона:

– обеднение видового разнообразия и усиление развития синезеленых водорослей,

– увеличение частоты встречаемости *p*- и α-сапробных организмов, в первую очередь таких, как *Nitzschia palea*, *Oscillatoria subtilissima*, *Zooglea ramigera,*

– угнетение развития зеленых нитчатых водорослей.

Столь серьезные структурные преобразования сообществ происходят за счет усиления и ускорения процесса антропогенного эвтрофирования и периодического токсического воздействия на биоту многих загрязняющих веществ, поступление которых в водоемы и водотоки остается попрежнему высоким. Причем эффект токсического воздействия может проявляться как при прямом поступлении в водоемы токсичных веществ, так и на определенных стадиях процесса антропогенного эвтрофирования. Кроме того, для большинства водных экосистем в настоящее время характерны заметные различия в развитии сообществ водной толщи и дна, что обусловлено уже не столько гидрологическими особенностями объекта и характером длительного антропогенного воздействия, сколько снижением стабильности экосистемы при переходе ее в новое трофическое состояние при усилении процессов эвтрофирования в водной толще.

Несмотря на то что обогащение поверхностных вод биогенными веществами вызывает усиление развития всех фотосинтезирующих организмов, прямым следствием процесса антропогенного эвтрофирования может быть либо «цветение» воды, либо усиление развития высшей водной растительности, и последнее будет определяться в первую очередь типом водного объекта. Практически во всех водохранилищах процесс их эвтрофирования начинался по типу фитопланктонного.

Характерными чертами водоемов с фитопланктонным типом эвтрофирования являются:

– всегда положительный биотический баланс хотя бы верхней части трофогенного слоя летом;

– заметные изменения в течение лета интенсивности фотосинтеза, содержания кислорода, свободной углекислоты, карбонатов, активной реакции воды.

Уже на ранней стадии процесса антропогенного эвтрофирования проявляются следующие общие для всех водоемов природные модификации в развитии фитопланктона:

– изменение видового состава доминирующего комплекса;

– изменение значимости отдельных видов в составе доминирующего комплекса и целых систематических групп в общей численности и биомассе фитопланктона;

– нарастание абсолютных значений численности всех основных групп;

– снижение относительной численности диатомовых в общей численности фитопланктона;

– сдвиг баланса крупно- и мелкоклеточных видов, особенно на ранней стадии эвтрофирования, в сторону мелкоклеточных.

Наиболее острые конкурентные отношения складываются в летний период. Подавляющее большинство диатомовых водорослей из числа летних доминантов олиготрофных водоемов вытесняется в весенний и осенний планктон, летом же массовыми оказываются синезеленые, зеленые, желтозеленые и пиррофитовые водоросли. К числу наиболее наглядных проявлений последствий фитопланктонного эвтрофирования водных объектов может быть отнесено «цветение» воды, возникающее как результат нарушения процессов саморегуляции в экосистеме и выхода на доминирующее положение в биоценозе одного или нескольких наиболее приспособленных видов водорослей [4 – 6].

Наиболее широкую известность приобрело «цветение» воды в результате массового размножения отдельных видов синезеленых водорослей.

Особого внимания заслуживает тот факт, что «цветение» воды возникает в результате антропогенного воздействия на экосистему и является ответной приспособительной реакцией последней и может рассматриваться как новый этап ее существования в изменившихся условиях среды. Как показывают многолетние исследования [1], обильному «цветению» синезеленых водорослей благоприятствует ослабленное течение, высокая прозрачность, большое содержание подвижных форм растворенного органического вещества, усиленное поступление биогенных элементов. Не менее важную роль в стимуляции развития водорослей играет увеличение степени восстановленности среды и снижение уровня кислородного насыщения.

«Цветение» является косвенным показателем ухудшения общего санитарного состояния водоема. С другой стороны, оно само является источником биологического загрязнения водоемов со всеми вытекающими

отсюда отрицательными гигиеническими, а порой и эпидемиологическими последствиями.

Интенсивно нарастающий процесс антропогенного эвтрофирования водоемов и водотоков, а также своеобразие этого процесса предъявляют особые требования к выбору путей и методов контроля и защиты водных экосистем.

Назрела необходимость создания в рамках ГСН подсистемы контроля за антропогенным эвтрофированием.

Как показал анализ многолетней гидробиологической информации, отсутствие длительных рядов наблюдений гидробиологической сети ГСН, неудовлетворительное пространственно-временное разрешение, не всегда достаточный комплекс контролируемых параметров не позволяют точно оценить скорость и масштаб процесса эвтрофирования [4].

Ряды наблюдений за динамикой развития сообществ водных организмов вследствие необеспеченности необходимой частотой контроля зачастую не отражают экстремумы в развитии гидробионтов, и в первую очередь фитопланктона. Нередки случаи отсутствия в программе наблюдений показателей его развития.

Специфика процесса антропогенного эвтрофирования, принципиальные различия между процессами эвтрофирования и загрязнения требуют особых подходов к расположению створов, срокам отбора проб и перечню определяемых показателей, и особенно к разработке систем оценки уровня эвтрофирования экосистем.

В настоящих методических указаниях изложены положения, относящиеся к специфике наблюдений за антропогенным эвтрофированием водоемов и водотоков России. Наиболее общие положения организации и проведения режимных наблюдений взяты из общепринятых рекомендаций [7–10]. В работе были использованы данные многолетних наблюдений, проводимых гидробиологической и гидрохимической подсистемами Государственной службы наблюдений за загрязнением природной среды Росгидромета и результаты экспедиционных исследований, проводимых Гидрохимическим институтом на водохранилищах рек Волга, Дон и озерах Ладожское, Онежское, Чудско-Псковское, Имандра.

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Охрана природы. Гидросфера

Организация и функционирование подсистемы мониторинга антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем

Дата введения 2001-01-04

1 Область применения

Настоящие методические указания устанавливают порядок организации и функционирования подсистемы мониторинга антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем. Методические указания подлежат применению оперативно-производственными подразделениями Росгидромета, осуществляющими наблюдения за химико-биологическим состоянием поверхностных вод суши в рамках Государственной службы наблюдений за загрязнением природной среды, подразделениями соответствующих министерств, осуществляющих природоохранную деятельность в районах повышенного риска усиления «цветения» водоемов и водотоков, а также научно-исследовательскими организациями, занимающимися вопросами оценки и прогнозирования последствий антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем.

2 Нормативные ссылки

В настоящих методических указаниях использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 17.1.1.01–77 Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.

ГОСТ 17.1.5.05–85 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков.

ГОСТ 19179–73 Гидрология суши. Термины и определения.

ГОСТ 19185–73 Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения.

ГОСТ 27065-86 (СТ СЭВ 5184-85) Качество вод. Термины и определения.

3 Термины и определения

В настоящих методических указаниях применяются следующие термины.

Водный объект – сосредоточение природных вод на поверхности суши либо в горных породах, имеющее характерные формы распространения и черты режима (ГОСТ 19179).

Поверхностные воды – воды, находящиеся на поверхности суши в виде различных водных объектов (ГОСТ 19179).

Водоток – водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углубленной поверхности (ГОСТ 19179).

Водоем – водный объект в углублении суши, характеризующийся замедленным движением воды или полным его отсутствием. Различают естественные водоемы, представляющие собой природные скопления воды во впадинах, и искусственные водоемы – специально созданные скопления воды в искусственных или естественных углублениях земной поверхности (ГОСТ 19179).

Водохранилище – искусственный водоем, образованный водонапорным сооружением на водотоке с целью хранения воды и регулирования стока (ГОСТ 19179).

Пункт наблюдений за состоянием поверхностных вод суши – место на водоеме или водотоке, в котором производят комплекс работ для получения данных о качестве воды и развитии биоценоза, предназначенных для последующего обобщения во времени и пространстве и представления обобщенной систематической информации заинтересованным организациям (РД 52.24.508–96).

Сеть пунктов наблюдений – совокупность пунктов наблюдений конкретного вида, построенная по научно обоснованному принципу (РД 52.24.508–96).

Загрязненность вод – содержание в воде загрязняющих веществ, микроорганизмов и тепла, вызывающих нарушение требований к качеству воды (ГОСТ 27065).

Загрязненность водных экосистем – эффект совокупного воздействия загрязняющих веществ на водные организмы, выраженный набором по-

казателей, характеризующих уровень и направление (прогресс, регресс) развития отдельных сообществ.

Состояние водного объекта – характеристика водного объекта по совокупности его количественных и качественных показателей применительно к видам водопользования.

Примечание – К количественным и качественным показателям относятся: расход воды, скорость течения, глубина водного объекта, температура воды, pH, $БПК_5$ и другие гидрохимические и гидробиологические показатели (ГОСТ 17.1.1.01).

Эвтрофирование вод – повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов (ГОСТ 17.1.1.01).

Антропогенное эвтрофирование – ускорение повышения биологической продуктивности водных объектов в результате хозяйственной деятельности, приводящее к серьезным структурным преобразованиям водных сообществ, усилению развития фотосинтезирующих организмов, что может нередко вызывать «цветение» воды и ухудшение ее качества [1].

Антропогенное экологическое напряжение – состояние биоценоза, выражающееся в увеличении разнообразия биоценоза, в частности в увеличении общего числа видов, в усложнении межвидовых отношений, в увеличении пространственно-временной гетерогенности, в усложнении временной структуры, в усложнении пищевой цепи и т. д. (РД 52.24.564–96).

Антропогенный экологический регресс – состояние биоценоза, характеризующееся уменьшением разнообразия и пространственно-временной гетерогенности, упрощением межвидовых отношений, временной структуры, трофических цепей (РД 52.24.564–96).

Антропогенный метаболический регресс – состояние биоценоза, характеризующееся снижением активности биоценоза по сумме всех процессов образования и разрушения органического вещества, включая процессы первичного продуцирования водорослями микрофитов, перифитона и планктона, продукцию хемосинтетиков, а также вторичную продукцию бактерий и зоонаселения водоема (РД 52.24.564–96).

Динамические ряды (временные ряды) – ряды показателей, характеризующих величину явления по состоянию на определенные моменты времени (моментальные ряды) или за определенные периоды (интервальные ряды) (РД 52.24.564–96).

Вариационный ряд – совокупность значений варьирующего признака (РД 52.24.564–96).

Вариация – колеблемость признака, изменчивость значения признака (РД 52.24.564–96).

Мода *Mo* – среднее значение модального интервала в данном вариационном ряду (РД 52.24.564–96).

Величина интервала (интервальная разность) *K* – разность между верхней и нижней границами интервала (РД 52.24.564–96).

Частота *w* – доля того или иного интервала в сумме всех частот, % (РД 52.24.564–96).

Относительная плотность вариационного ряда или плотность распределения *Po* – отношение частоты *w* к величине интервала *K* (РД 52.24.564–96).

Модальный интервал – интервал наиболее часто встречающихся значений в данном вариационном ряду (РД 52.24.564–96).

4 Общие положения

4.1 Подсистема мониторинга антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем (ПМАЭПЭ) входит в качестве специального вида в состав системы мониторинга поверхностных вод суши.

4.2 Для оценки уровня антропогенного эвтрофирования необходимо иметь большие ряды комплексных наблюдений (статистически достоверные многолетние данные) за изменением специфических показателей, характеризующих направление и скорость природных модификаций биоценозов с учетом региональных особенностей экосистем. Подобные исследования частично осуществляются последние 15–20 лет силами сетевых и научных подразделений Росгидромета по единой программе с использованием унифицированных методов постановки и проведения ком-

плексных гидролого-гидрохимических и гидробиологических наблюдений на водных объектах. Поэтому изучение процессов эвтрофирования водных объектов целесообразно рассматривать как один из видов специальных режимных наблюдений в мониторинге поверхностных вод ГСН (наряду с такими, как системы специальных наблюдений за загрязнением поверхностных вод пестицидами [10], состоянием поверхностных вод в районах разработки месторождений нефти и газа [8], состоянием трансграничных поверхностных вод суши [9]).

4.3 Задачей ПМАЭПЭ является обеспечение наблюдений и оценка:

– совокупного эффекта эвтрофирования при антропогенном воздействии на экосистемы;

– природного экологического состояния водоемов и водотоков и возможных его изменений при антропогенном эвтрофировании;

– направлений изменений структурной организации сообщества водных организмов в условиях внешнего кратковременного или хронического воздействия.

4.4 При организации подсистемы необходимо учитывать то, что эвтрофирующиеся экосистемы делятся не только по категориям в зависимости от их ценности и путей использования, но и по своим особенностям приспособления к усиливающимся процессам эвтрофирования.

Особенности экосистемы, обеспечивающие устойчивость каждого конкретного водного объекта, складываются в результате индивидуальной истории данной экосистемы и отражают ее индивидуальные свойства. Поэтому неизбежна их типизация, требующая умения отличить типовые свойства экосистем от индивидуальных.

4.5 ПМАЭПЭ в России создается впервые. Первая очередь этой подсистемы организована исходя из возможностей действующей в настоящее время гидрохимической и гидробиологической сети ГСН. В ее состав вошли пункты действующей сети, на которых обеспечен длительный ряд наблюдений по комплексу гидрологических, гидрохимических и гидробиологических показателей, и по результатам наблюдений на которых уже в настоящее время можно оценить последствия антропогенного воздействия путем:

– сопоставления по пунктам и срокам приоритетных гидрохимических и гидробиологических показателей;

– оценки их пространственно-временной изменчивости;

– выявления специфических особенностей в развитии сообществ водных организмов при усилении антропогенного воздействия;

– ранжирование участков реки по уровню загрязненности с эвтрофирующим и регрессирующим эффектами антропогенного воздействия.

Первая очередь формирования ПМАЭПЭ не требует дополнительного финансирования. При необходимости должны быть внесены лишь изменения в программу наблюдений действующей сети. Во второй очереди ПМАЭПЭ предусмотрено открытие новых пунктов наблюдений, в том числе и на новых водных объектах, что необходимо для оценки уровня и масштабов процесса антропогенного эвтрофирования на территории России.

Реализация этого этапа формирования подсистемы мониторинга требует дополнительного финансирования.

4.6 Поскольку в современных условиях одной из основных причин усиления процесса эвтрофирования чаще всего является фактор накопления в водной среде биогенных веществ, то режим биогенных элементов рассматривался как исходный показатель потенциального эвтрофирования, а характер развития фитопланктонного сообщества – как следствие последнего. В связи с вышесказанным при разработке программы наблюдений предпочтение было отдано показателям, характеризующим особенности в развитии альгофлоры во взаимосвязи с изменениями запаса в водной среде минеральных форм азота и фосфора.

4.7 В качестве основы для интегральной оценки последствий антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем рекомендуется использовать сравнительный метод, основанный на сопоставлении результатов обобщения многолетней гидробиологической информации, полученной на пунктах режимных наблюдений с разным уровнем антропогенного воздействия, в том числе и на условно «фоновом».

4.8 В качестве основы количественной оценки уровня антропогенного эвтрофирования предлагается использовать приоритетные показатели природных модификаций структурной организации фитопланктонных сообществ. [11].

Использование в первую очередь показателей развития фитопланктона можно объяснить тем, что фитопланктон является одним из важнейших элементов водных экосистем, участвующих в формировании качества вод, поскольку свободно парящие в толще воды организмы фитопланктона осуществляют такой мощный процесс, как фотосинтез.

Индикаторные свойства фитопланктонного сообщества определяются не только фактом присутствия или отсутствия определенных сапробных видов, но и степенью их количественного развития. Поэтому изучение таких показателей, как видовой и групповой состав, численность, биомасса, их пространственно-временная изменчивость, имеет большое практическое значение.

Многочисленными исследованиями последних лет установлено, что фитопланктону принадлежит ведущая роль в индикации изменения качества воды водных объектов, антропогенное воздействие на которые вызывает как эвтрофирующий, так и регрессирующий эффекты. Подтверждением последнего являются результаты обобщения многолетней информации по развитию фитопланктонных сообществ водохранилищ, озер и водотоков России, представленный в работах [11, 12].

4.9 Достоверность и объективность оценки уровня антропогенного эвтрофирования достигается соблюдением следующих условий:

– в качестве исходной базы необходимо использовать многолетнюю гидробиологическую информацию, представляющую результаты анализа проб, отобранных в назначенных пунктах при строгом соблюдении сроков отбора;

– оценку необходимо проводить по результатам режимных наблюдений, выполняемых в лабораториях контроля за загрязнением поверхностных вод в системе ГСН. Допускается включение результатов специальных научных исследований;

– непременным условием использования результатов гидробиологического анализа является единая методическая основа его проведения;

– при проведении сравнительной оценки эвтрофирования различных участков водных объектов или различных водных объектов необходимо использовать материалы равной представительности, т.е. должны быть идентичными показатели оценки, число результатов анализа и сроки отбора проб.

5 Формирование сети и программы наблюдений

5.1 Формирование сети наблюдений

5.1.1 Формирование сети наблюдений за процессом антропогенного эвтрофирования необходимо производить на основе анализа размещения действующих в системе ГСН пунктов контроля.

При этом необходимо исходить из следующих общепринятых положений:

– наиболее благоприятные условия для усиления процессов антропогенного эвтрофирования создаются на мелководных участках озер и водохранилищ, в прудах и на зарегулированных водотоках, где принципиально меняются гидрологические условия функционирования экосистем;

– неравномерность антропогенного воздействия, а следовательно, и физико-химических условий водной среды приводят к образованию в пределах одной экосистемы специфических микроэкосистем.

Так, например, в поверхностном слое эвтрофирующихся водоемов отмечается гетерогенность, особенно заметная в период массового «цветения» фитопланктона и обусловленная так называемыми пятнами «цветения», которые могут иметь самую разнообразную форму и размер.

Поэтому в первую очередь необходимо изучать наиболее характерные участки водоемов, поскольку обстоятельная характеристика экосистем крупных водоемов и водотоков невозможна без характеристики их основных частей.

При этом структурно-функциональную организацию водных сообществ таких участков необходимо рассматривать как элементарные сообщества, привязанные к соответствующим биотопам и имеющие свою пространственную и временную организацию.

5.1.2 Выбор сети пунктов наблюдений проводится на основе характеристики гидролого-экологического состояния водного объекта, которая составляется по результатам его рекогносцировочного обследования.

При рекогносцировочном обследовании водоемы изучаются на всем их протяжении с целью выявления пространственных неоднородностей распределения величин, характеризующих как функционирование экосистемы водоема в целом, так и отдельных его биотопов.

В ходе рекогносцировочного обследования целесообразно провести оценку информативности отдельных показателей, характеризующих экологическое состояние водного объекта, путем включения в программу исследований широкого круга гидролого-гидрохимических и гидробиологических показателей.

Основным методическим затруднением при этом может стать невозможность синхронного отбора проб при проведении рекогносцировочного обследования по всей акватории водоема.

Учитывая высокую пространственно-временную неоднородность и изменчивость показателей экологического состояния водных экосистем, вопрос отбора репрезентативных проб приобретает особое значение. При проведении рекогносцировочного обследования водного объекта особенно важно провести отбор проб по всей акватории за время, много меньшее временно́й и пространственной изменчивости ее состояния, с пространственным интервалом, исключающим пропуск характерных аномальных участков водного объекта.

Принципиально этот вопрос можно решить, применяя методику экспрессной съемки водного объекта с помощью воздушной станции наблюдения [13].

В зависимости от специфики водного объекта обследование может быть одноразовым в период максимального развития фитопланктона либо многоразовым на разных этапах сукцессионных перестроек экосистемы, но не должно продолжаться более одного года.

5.1.3 При выборе пунктов режимных наблюдений предпочтение отдается таким участкам водных объектов:

– где наиболее ярко проявляются различия в структурно-функциональной организации сообществ водных организмов, что наглядно отражает последствия антропогенного воздействия;

– которые находятся по влиянием как существующих, так и проектируемых источников поступления веществ, за счет которых потенциально возможно усиление процессов эвтрофирования пресноводных экосистем.

Примеры выполнения наблюдений за антропогенным эвтрофированием приведены в приложении А.

5.1.4 При наличии на водном объекте режимных наблюдений ГСН предпочтение отдается действующим пунктам контроля, если таковые совпадают с результатами рекогносцировочного обследования.

5.2 Программа наблюдений

5.2.1 Программа наблюдений за антропогенным эвтрофированием должна обеспечить комплексную (по набору показателей) и интегральную (по пространственным координатам) оценку экологического состояния пресноводных экосистем.

5.2.2 Поскольку уровень эвтрофирования и его последствия зависят от «биографии» водных экосистем, весьма разнообразных на обширной территории России, для контроля за антропогенным эвтрофированием предусматривается проведение согласованного гидрохимического и гидробиологического контроля воды, взвешенных веществ и донных отложений по ряду приоритетных показателей.

5.2.3 В современных условиях определяющую роль в усилении процесса эвтрофирования играет фактор накопления биогенных элементов в водной среде больших и малых водоемов, поэтому режим биогенных элементов рассматривается как исходный показатель потенциального эвтрофирования. Характер развития фитопланктона является следствием последнего. Формирование и развитие фитопланктона, в свою очередь, определяется комплексом факторов, характеризующих физико-географическую, гидрологическую, гидрохимическую, гидробиологическую структуру водоема.

5.2.4 В программу исследований включают показатели, характеризующие состав органического вещества с точки зрения соотношения в нем углерода, азота и фосфора. Это вызвано тем, что скорость и направленность антропогенного эвтрофирования определяются не только минеральными соединениями азота и фосфора, но и качественным составом органического вещества. При этом целый ряд органических веществ антропогенного и биогенного происхождения способны играть роль стимуляторов в биотических процессах.

5.2.5 На основе результатов изучения антропогенного эвтрофирования экосистем разных физико-географических зон [4] было принято в число обязательных при систематическом контроле за антропогенным эвтрофированием включать следующие гидрохимические показатели их состояния:

– растворенный кислород;

– биохимическое потребление кислорода ($БПК_5$);

– азот аммонийный;
– азот нитритный;
– азот нитратный;
– азот общий;
– фосфор фосфатный;
– фосфор общий.

Из гидробиологических показателей в число обязательных рекомендовано включать:

– качественные и количественные показатели развития фитопланктона;
– общую численность бактериопланктона;
– первичную продукцию и деструкцию органического вещества;
– качественные и количественные показатели развития макрозообентоса.

5.3 Частота и сроки отбора проб

5.3.1 При определении частоты и сроков отбора проб необходимо:

– исходить из того, что система наблюдений должна быть «биологически эквивалентной», т. е. учитывать естественную периодичность развития водных сообществ, определяемую региональными особенностями водного объекта, причем сроки наблюдений должны быть приурочены к периодам достаточного количественного развития биоты;

– учитывать степень стабильности экосистемы, определяемую по данным многолетних исследований;

– учитывать наиболее жесткие условия (сроки) поступления в водную среду веществ, стимулирующих процессы эвтрофирования.

5.3.2 При наличии в пунктах контроля режимных наблюдений ГСН частота и сроки отбора проб должны быть уточнены с учетом особенностей физиологии развития вошедших в состав контролируемых параметров сообществ водных организмов, региональной спецификации и степени эвтрофирования водных объектов, а также требований оперативности получения информации.

5.3.3 В начальный период организации наблюдений за антропогенным эвтрофированием целесообразно проводить их не реже одного раза в месяц в вегетационный период, захватывая при этом периоды пика весеннего половодья и летних паводков.

При наличии ряда режимных наблюдений, позволяющего установить цикличность различных компонентов системы, возможно снижение частоты контроля за счет проведения его в наиболее характерные сроки проявления процесса эвтрофирования.

6 Проведение наблюдений

6.1 Отбор проб воды для режимных наблюдений по показателям развития сообществ водных организмов и за состоянием водной среды их обитания проводят в соответствии с нормативными документами, устанавливающими требования и положения по отбору проб и пробоотборным устройствам [14 – 16].

6.2 Рекогносцировочные обследования водных объектов с целью определения пространственной неоднородности их экологического состояния требуют использования нетрадиционных методик отбора проб воды и донных отложений на гидрохимический и гидробиологический анализ, обеспечивающих достаточную репрезентативность и экспрессность.

Перспективная методика отбора проб воды, удовлетворяющая этим требованиям, представляет собой отбор проб воды с борта вертолетной воздушной станции наблюдений (ВСН).

Проведение такого отбора проб воды описано в соответствующих методических указаниях по дистанционным методам [13].

Согласно рекомендациям, отбор проб следует проводить специально разработанными пробоотборниками, позволяющими осуществлять отбор из поверхностного и придонного слоев при одном погружении в водный объект и, кроме того, использовать вертолетную технику для отбора проб фитопланктона и макрозообентоса [4].

6.3 Особые требования должны предъявляться к отбору проб фитопланктона и макрозообентоса. Методы отбора и орудия лова, помимо поставленных задач, должны учитывать морфометрию водного объекта, тип грунта и специфику развития сообществ водных организмов [12].

6.4 Программа наблюдений должна быть разделена с учетом специфики определяемых показателей на две части:

– программа анализа первого дня;

– отбор проб воды, подлежащих консервации для последующего определения гидрохимических и гидробиологических показателей.

6.5 Консервация проб, методы их анализа и формы представления результатов выбирают в соответствии с нормативными документами, принятыми в ГСН [12, 16].

Контроль точности результатов измерения гидрохимических показателей проводят согласно [17].

По специальным разрешениям допускается использование дополнительных методик.

6.6 Результаты анализа проб оформляют по принятым в ГСН формам и передаются согласно специальным директивным документам [7].

7 Основные принципы оценки уровня антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем

7.1 Многочисленными исследованиями последних лет установлено, что фитопланктону принадлежит ведущая роль в индикации природных модификаций пресноводных экосистем, антропогенное воздействие на которые вызывает как эвтрофирующий, так и регрессирующий эффекты [4].

7.2 Результаты статистической обработки многолетней режимной информации по количественным показателям развития фитопланктонных сообществ более 30 водоемов и водотоков России [11] подтвердили возможность оценки уровня эвтрофирования пресноводных экосистем по приоритетным показателям перестройки структурной организации фитопланктонных сообществ при усилении антропогенного воздействия.

7.3 Оценка эффекта антропогенного воздействия базируется на изучении пространственно-временного распределения общей численности фитопланктона по характеру вариации последней.

Характер вариации значений общей численности определяют по относительной плотности вариационного ряда *По* и моде *Мо* модального интервала.

Относительную плотность вариационного ряда *По* рассчитывают по формуле

$$По = \frac{w}{K}. \qquad (1)$$

Моду *Мо* рассчитывают по формуле

$$Мо = x_{M_{min}} + K \frac{w_{Мо} - w_{Мо-1}}{(w_{Мо} - w_{Мо-1}) + (w_{Мо} - w_{Мо+1})}, \qquad (2)$$

где $x_{M_{min}}$ – нижняя граница модального интервала;

$w_{Мо}$ – доля частоты модального интервала;

$w_{Мо-1}$ – доля частоты интервала, предшествующего модальному;

$w_{Мо+1}$ – доля частоты интервала, следующего за модальным.

По относительной плотности вариационного ряда *По* и моде *Моч* модального интервала общей численности фитопланктона производят классификацию эффектов антропогенного воздействия на водные экосистемы (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Классификация эффектов антропогенного воздействия на водные экосистемы

Эффект антропогенного воздействия	Статистические характеристики вариации общей численности фитопланктона	
	Мода *Моч*, тыс.кл./мл	Относительная плотность *По*, %
Экологический регресс	0,5	100–300
Элементы экологического регресса	До 1,5	50–100
Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса	До 2,0	20–60
Антропогенное напряжение	2,0–5,0	50–100
Антропогенное эвтрофирование	Выше 10,0	До 30

Сочетание низких значений *По* и высоких *Моч* характеризует, как правило, экосистемы с высоким уровнем антропогенного эвтрофирования.

7.4 Оценка уровня антропогенного эвтрофирования базируется на расчете следующих статистических характеристик:

– моды *Моч* модального интервала вариационного ряда общей численности фитопланктона;

– частоты обнаружения высоких значений общей численности фитопланктона α по формуле

$$\alpha = n_j' / n_j, \qquad (3)$$

где n_j' – число результатов анализа, в которых значения определяемого показателя выше или ниже наиболее часто встречаемого диапазона колебаний,

n_j – общее число значений;

– кратности превышения (или уменьшения) общей численности над средней по наиболее часто встречаемым значениям β (или β') по формулам

$$\beta = \frac{\text{Высокое значение}}{\textit{Моч}}, \quad \beta' = \frac{\textit{Моч}}{\text{Низкое значение}}; \qquad (4)$$

– моды *Мов* модального интервала видового разнообразия фитопланктонного сообщества;

– моды *Мод* модального интервала относительной численности доминирующего вида;

– моды *Мосз* модального интервала относительной численности синезеленых водорослей в пробах фитопланктона, отобранных в мае.

По совокупности значений статистических характеристик, приведенных в таблице 7.2, оценивается уровень антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем.

7.5 Оценку уровня эвтрофирования целесообразно проводить для всех контролируемых участков, рассматривая их как микроэкосистемы. Характеристика водного объекта в целом возможна лишь при достаточно полном охвате наблюдениями всей его акватории при условии идентичности отдельных его участков по загрязненности.

Информативность и достоверность оценки уровня эвтрофирования определяются объемом используемой информации. Оптимальной является исходная информация, полученная с учетом сезонного хода развития фитопланктона и межгодовой изменчивости (хотя бы в течение 3–5 лет).

Таблица 7.2 – Классификация уровней антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем

Статистические характеристики развития фитопланктонного сообщества	Уровень эвтрофирования		
	низкий	средний	высокий
Мода модального интервала общей численности, тыс. кл./мл	2–10	2–20	1–10
Частота обнаружения высоких значений общей численности, %	10–40	10–40	20–50
Частота обнаружения низких значений общей численности, %			5–50
Кратность превышения аномально высоких значений общей численности	5–50	50–200	10–300
Мода модального интервала общего числа видов	20–30	10–20	10–25
Мода модального интервала относительной численности доминирующего вида, %	30–50	50–100	20–70
Мода модального интервала относительной численности групп синезеленых весной, %	До 5	30–50	40–60

Статистические характеристики рассчитываются по результатам режимных наблюдений, выполненных гидробиологическими подразделениями Росгидромета, проводящими наблюдения за загрязнением поверхностных вод в системе ГСН. Допускается включение результатов специальных научных исследований. Непременным условием использования результатов гидробиологического анализа является единая методическая основа его проведения [12].

7.6 При проведении сравнительной оценки уровня эвтрофирования различных участков водных объектов или различных водных объектов используют материалы равной представительности, т.е. должны быть идентичными показатели оценки, число результатов анализа и период наблюдений по годам и внутригодовым срокам отбора проб.

Приложение А

(справочное)

Примеры выполнения наблюдений за антропогенным эвтрофированием на Цимлянском и Куйбышевском водохранилищах

А.1 В течение последних 15 лет режимные гидрохимические и гидробиологические наблюдения ГСН на Цимлянском водохранилище проводились в основном в 3–5 пунктах, расположение которых представлено на карте-схеме (рисунок А.1).

В целом действующие пункты вполне отвечают требованиям, предъявляемым к формированию сети, так как накопленная многолетняя информация дала возможность оценить в целом экологическую ситуацию пресноводной экосистемы водохранилища. Однако для оценки критических ситуаций, вызванных усилением антропогенного эвтрофирования, и суждения об увеличении в эти периоды пространственной изменчивости как гидрохимических, так и гидробиологических показателей, для большинства водных объектов режимных пунктов наблюдений ГСН часто крайне недостаточно. Подтверждением последнего явились результаты проведенных научных исследований по крупномасштабной пространственной изменчивости состояния Цимлянского водохранилища с использованием более оперативных методов сбора и обработки информации.

А.2 Экспериментальное обследование выполнено в июле – августе 1986 г. (период усиления процессов антропогенного эвтрофирования) с использованием методики экспрессной съемки с борта вертолета, позволившей:

– сократить временные интервалы между отборами проб;

– охватить в минимально короткий срок (6 ч) с высокой дискретностью зеркало водоема (рисунок А.2);

– провести обработку живого биологического материала, что особенно важно при оценке продукционных процессов;

– разбить акваторию водохранилища по совокупности определенных показателей на то количество биотопов, где необходимы режимные наблюдения.

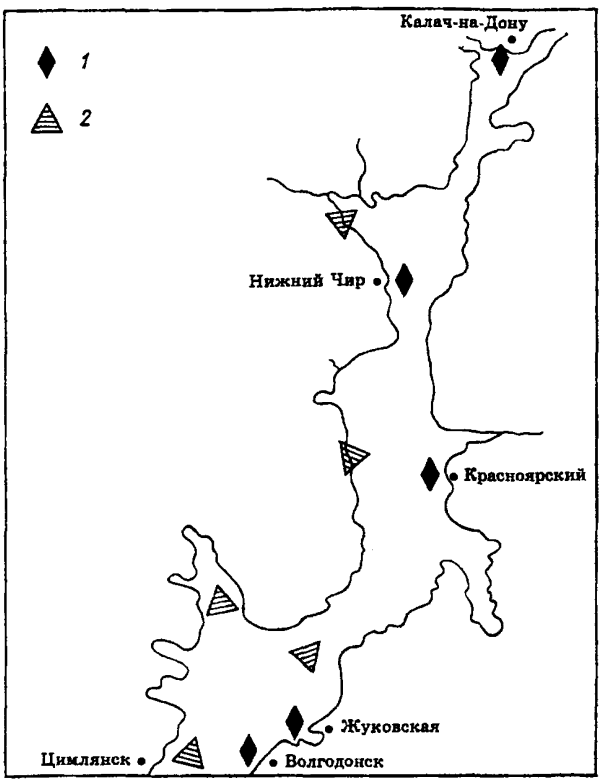
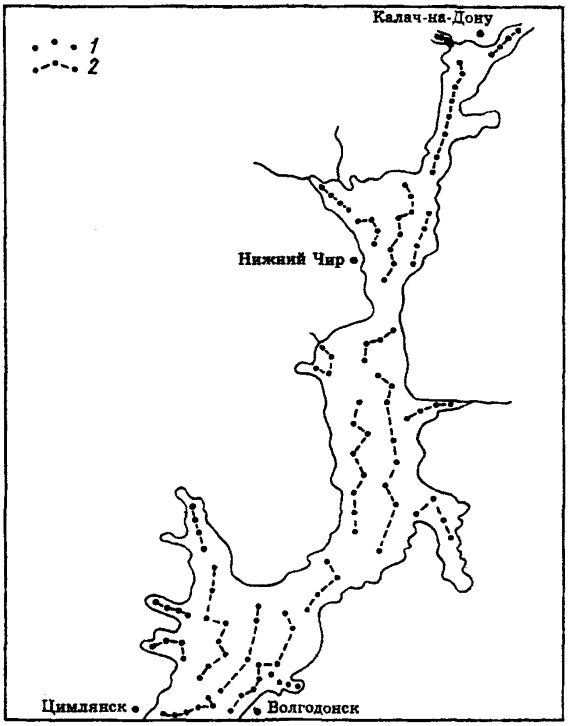


Рисунок А.1 – Карта-схема распределения режимных (опорных) (*1*) и оперативных (*2*) пунктов гидробиологических наблюдений на Цимлянском водохранилище

Отбор материала был осуществлен при 160 зависаниях вертолета, а анализ – по 30 интегральным пробам (рисунок А.2). Анализ проб по общей численности и видовому составу фитопланктонного сообщества показал не только значительную изменчивость в распределении численности фитопланктона (рисунок А.3) с общей тенденцией усиления его развития в мелководных и приплотинной частях, но и полную смену доми-



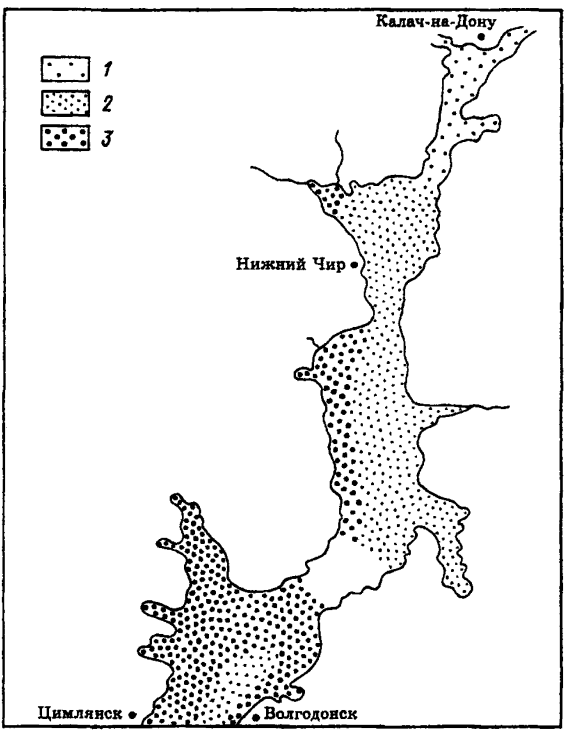
1 – точки отбора проб; *2* – интегральная проба

Рисунок А.2 – Схема расположения точек отбора проб на Цимлянском водохранилище

нирующих групп водорослей от верхней речной (зеленые) к приплотинной (синезеленые) части.

А.3 Изменения биологической продуктивности, связанные с особенностями биохимических процессов мелководных участков, приводят к пятнистости распределения фитопланктона и к вероятности появления «критических ситуаций», следствием которых могут быть серьезные эко-

логические последствия за счет увеличения площади пятен «цветения» на Цимлянском водохранилище и усиление токсичности воды за счет вторичного загрязнения и т.д. Поэтому для ранней диагностики возникновения подобных ситуаций необходимо в систему наблюдения включить пункты оперативного гидробиологического контроля, расположив их на мелководных участках Цимлянского водохранилища (рисунок А.1).



1)10^6–10^7; *2*)10^8; *3*)10^9

Рисунок А.3 – Распределение численности фитопланктона (кл./дм^3) в поверхностном слое воды в Цимлянском водохранилище (июль 1986 г.)

А.4 Выбор Куйбышевского водохранилища в качестве примера объясняется:

– типичностью водоема с фитопланктонным типом эвтрофирования и частыми ситуациями «цветения» воды;

– наличием достаточно большого ряда наблюдений;

– большим динамическим диапазоном вариации гидрохимических и гидробиологических показателей.

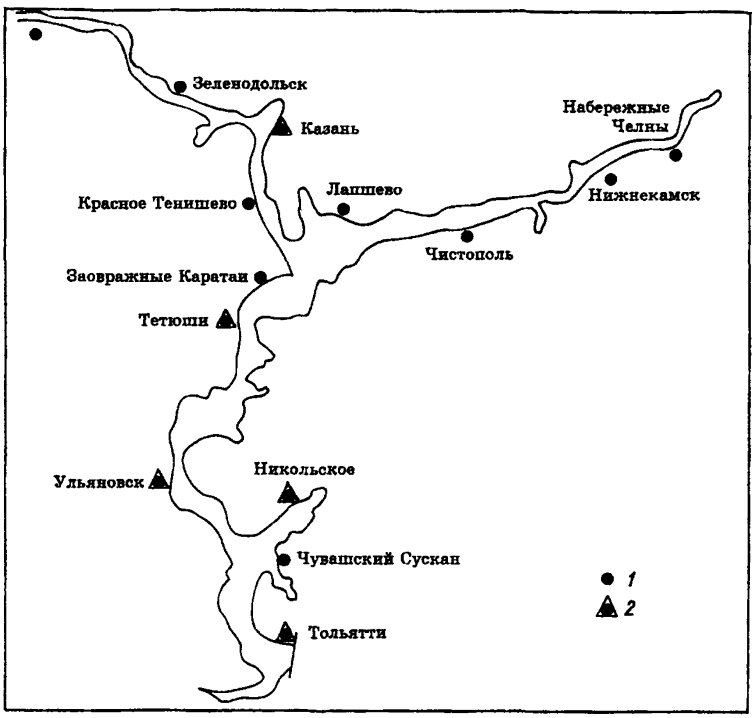
Основным исходным материалом послужили многолетние данные по химико-биологическому состоянию Куйбышевского водохранилища по результатам наблюдений ГСН за период с 1980 по 1990 г. на 13 гидрохимических и 9 гидробиологических пунктах. Схема расположения основных пунктов представлена на рисунке А.4. Пространственную неоднородность оценивали по вариации значений численности фитопланктона и его основных групп и по наиболее важным для жизнедеятельности этого сообщества водных организмов формам азота и фосфора: нитритный, нитратный и аммонийный азот, фосфатный фосфор, общий азот и фосфор.

А.5 Результаты обобщения многолетних исследований, приведенные в таблице А.1, и их сравнительная оценка позволили заключить, что по содержанию нитратного и аммонийного азота и общего фосфора водохранилище неоднородно. Аномально высокие вариации концентраций характерны для участка у городов Волжск, Тольятти, Ульяновск, Чистополь, Набережные Челны, а по содержанию аммонийных ионов – для городов Казань и Зеленодольск (таблица А.1). По уровню развития фитопланктона выделяются участки:

– с интенсивным развитием альгофлоры, особенно летом (до уровня «цветения»), у г. Тольятти и с. Никольское;

– со слабым развитием фитопланктона на протяжении всего периода у г. Набережные Челны.

А.6 Учитывая неоднородность экосистемы по содержанию биогенных элементов и количественным показателям развития фитопланктона, при выборе пунктов наблюдений за антропогенным эвтрофированием необходимо отдавать предпочтение участкам водоема, где значения рассматриваемых выше показателей отклоняются в ту или другую сторону от средних для водохранилища. Кроме того, при выборе пунктов наблюдений целесообразно учесть гидрологические и морфометрические особенности водоема.



1 – пункты наблюдений ГСН; *2* – пункты наблюдений за антропогенным эвтрофированием

Рисунок А.4 – Схема расположения пунктов наблюдения на Куйбышевском водохранилище

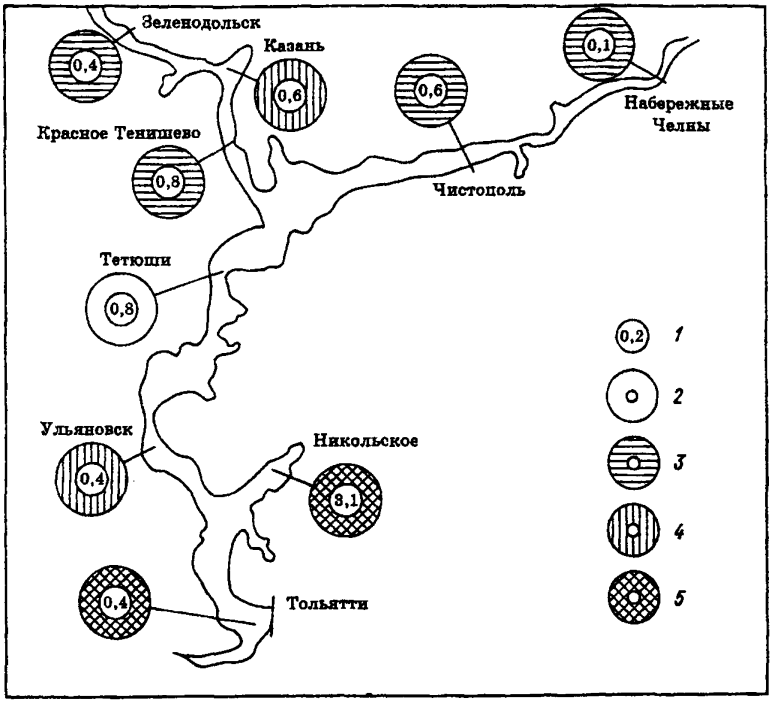
Таким образом, при решении задач, связанных с изучением процесса эвтрофирования и дальнейшего его влияния на развитие экосистемы, целесообразно в качестве обязательных режимных пунктов наблюдений выбрать участки у городов Казань, Тетюши, Ульяновск, Тольятти и с. Никольское (рисунок А.5).

Таблица А.1 – Концентрации азот- и фосфорсодержащих соединений и общая численность фитопланктонных сообществ в Куйбышевском водохранилище за период с 1980 по 1990 г.

Пункт наблюдений	Диапазон колебаний концентрации, мг/л					Диапазон колебаний общей численности фитопланктона, тыс.кл./мл
	азота			фосфора		
	нитритного	нитратного	аммонийного	фосфатного	общего	
г. Волжск	Н/о–0,09	0,02–2,06	0,02–1,29	Н/о–0,15	0,01–0,42	–
г. Тольятти	Н/о–0,25	Н/о–90	Н/о–3,31	Н/о–0,20	0,01–0,80	0,4–343
с. Чувашский Сускан	Н/о–0,19	Н/о–1,00	Н/о–1,41	Н/о–0,07	0,01–0,20	–
с. Никольское	Н/о–0,14	Н/о–0,77	0,06–1,51	Н/о–0,22	0,01–0,22	0,3–104*
г. Ульяновск	Н/о–0,38	Н/о–0,78	Н/о–2,89	Н/о–0,31	0,01-0,83	0,5–90,3
г. Тетюши	Н/о–0,20	Н/о–0,88	Н/о–3,70	Н/о–0,09	0,01–0,32	0,8–82,5
с. Заовражные Каратаи	Н/о–0,16	Н/о–0,94	0,04–0,95	Н/о–0,07	0,01–0,17	–
с. Лаишево	Н/о–0,18	Н/о–0,88	Н/о–0,95	Н/о–0,06	0,01–0,22	–
г. Чистополь	Н/о–0.15	Н/о–0,79	Н/о–5,47	Н/о–0,13	0,01–0,19	0,6–23,9
г. Набережные Челны	Н/о–0,20	Н/о–1,56	Н/о–2,62	Н/о–0,35	0,01–1,29	0,07–14,3
с. Красное Тенишево	Н/о–0,18	Н/о–0,66	0,12–1,55	Н/о–0,10	0,01–0,13	0,8–30,0
г. Казань	Н/о–0,26	Н/о–0,56	Н/о–6,31	Н/о–0,19	0,01–0,31	0,6–90,4
г. Зеленодольск	Н/о–0,26	Н/о–0,83	Н/о–2,82	Н/о–0,31	0,01–0,89	1,0–29,8

* Фитопланктон исследован у с. Крестово Городище.

Примечание – Н/о – не обнаружено.



1 – минимальное значение; максимальное значение: *2)* не выше 10^3, *3)* $11^3 - 50^3$, *4)* $51^3 - 100^3$, *5)* $101^3 - 500^3$

Рисунок А.5 – Карта-схема распределения общей численности (кл./мл) фитопланктона по акватории Куйбышевского водохранилища

Особое внимание следует обратить на участок у г. Набережные Челны, где высокая биогенная нагрузка создает потенциальную возможность усиления процессов антропогенного эвтрофирования.

А.7 Специальные исследования по временной изменчивости проведены в Сусканском заливе Куйбышевского водохранилища путем еже-

дневного отбора проб в биологический полдень в течение 8 – 14 дней. За это время успевали набрать ряд данных, который в определенной степени отражал возможные короткопериодные изменения состояния экосистемы. При этом нивелировались возможные ошибки из-за кратковременных колебаний показателей. Сроки проведения ежедневных съемок (май, август, октябрь) были выбраны по следующим соображениям:

– Куйбышевское водохранилище очищается ото льда (в среднем) с 20 по 28 апреля, самое позднее – в первой декаде мая (начало вегетационного периода);

– первые ледяные образования в виде заберегов и «сала» появляются 7–12 ноября (конец вегетационного периода);

– в Куйбышевском водохранилище содержание минеральных форм азота и фосфора изменяется от максимального значения весной (май) до минимального, определяемого во время интенсивного развития водорослей летом (июль–август); осенью оно вновь начинает повышаться;

– для сезонного хода развития фитопланктона характерны: в мае вспышка вегетации диатомовых водорослей, в августе пик в жизнедеятельности фитопланктона за счет усиления развития группы синезеленых, в октябре опять доминируют диатомовые.

А.8 Результаты проведенных исследований позволили заключить, что за весь исследуемый пятилетний период:

– наиболее широкий диапазон колебаний общей численности планктонных сообществ характерен для августа, когда общая численность фитопланктона, как правило, на порядок превышала таковую в мае и октябре (таблица А.2);

– в летний период стабильно доминировали синезеленые водоросли;

– среди биогенных элементов наиболее подвижны нитратные и аммонийные формы азота, содержание которых подвержено значительным внутри- и межгодовым колебаниям с общей тенденцией его повышения в весенний период (таблица А.3).

Таблица А.2 – Изменчивость общей численности планктонных сообществ в Сусканском заливе Куйбышевского водохранилища

Планктонное сообщество	Единица измерения численности	Месяц отбора проб	1982 г. (n=8)	1983 г. (n=10)	1984 г. (n=10)	1985 г. (n=14)	1986 г. (n=11)
Фитопланктон	тыс.кл./мл	Май	–	1,8–10,3	1,7–3,4	2,2–11	1,5–7,0
		Август	8,8–706	8,9–432	19,7–300	8,5–1150	32–107
		Октябрь	–	3,5–14,3	1,4–5,8	4,0–11	–
Бактериопланктон	млн.кл./мл	Май	–	1,2–2,3	2,1–4,5	2,1–2,5	2,5–2,7
		Август	1,1–4,6	2,4–5,1	3,0–5,7	2,2–2,7	2,6–2,7
		Октябрь	–	–	2,1–4,7	2,3–2,6	–
Зоопланктон	тыс.экз./м^3	Май	–	12–79	14–84	5,2–75	0,4–145
		Август	53–337	66–788	12–1100	103–758	4,0–412

Примечание – n – число ежедневных отборов проб.

Таблица А.3 – Изменчивость содержания (мг/л) отдельных форм азота, фосфора и углерода в Сусканском заливе Куйбышевского водохранилища

Показатель	Месяц отбора проб	1982 г. (n=8)	1983 г. (n=10)	1984 г. (n=10)	1985 г. (n=14)	1986 г. (n=11)
Азот нитратный	Май	–	0,03–0,68	Н/о–0,03	0,19–0,45	0,39–0,63
	Август	0,10–0,72	0,04–0,14	Н/о–0,10	Н/о–0,29	Н/о–0,07
	Октябрь	–	0,19–0,21	0,09–0,24	0,12–0,31	–
Азот аммонийный	Май	–	0,28–0,41	0,03–0,22	–	0,02–0,10
	Август	0,18–0,70	0,33–0,98	0,01–0,20	Н/о–0,13	Н/о–0,16
	Октябрь	–	0,04–0,12	0,10–0,23	Н/о–0,07	–
Фосфор минеральный	Май	–	0,01–0,03	Н/о–0,02	Н/о–0,05	0,01–0,02
	Август	0,01–0,05	0,02–0,07	0,08–0,11	0,02–0,08	0,02–0,06
	Октябрь	–	0,02–0,04	0,03–0,06	0,02–0,08	–
Углерод органический	Май	–	6,7–14,2	7,7–11,5	7,5–13,9	3,8–5,7
	Август	8,3–22,6	9,0–18,3	7,7–16,9	4,0–7,5	4,2–8,5
	Октябрь	–	11,4	10,1–14,3	5,0–7,0	–

Примечание – n – число ежедневных проб; Н/о – не обнаружено.

А.9 Таким образом, для Куйбышевского водохранилища с точки зрения эвтрофирования наиболее характерны два периода:

– весенний, когда формируется потенциальный резерв биогенных элементов, определяющий дальнейший уровень развития гидробиоценоза;

– летний, когда наиболее ярко проявляется отклик экосистемы на сформировавшийся режим биогенных элементов.

Приложение Б

(справочное)

Пример оценки уровня антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем

Б.1 Обобщение многолетней информации по количественным показателям развития фитопланктонных сообществ более 30 водоемов и водотоков России показало, что использование показателей, учитывающих главные факторы развития сообщества (плотность распределения значений общей численности, относительной численности доминирующего вида, синезеленых водорослей и их мода по наиболее часто встречаемому интервалу, частота обнаружения аномальных значений общей численности и кратность ее превышения и т.д.), позволяет классифицировать их по характеру отклика на воздействие и уровню эвтрофирования, проводить все операции сравнения (временные и пространственные) и проследить природные модификации эвтрофирующихся экосистем в динамике как на отдельных участках, так и на водном объекте в целом [11].

Для подтверждения вышеизложенного приводим в качестве примера интерпретацию результатов обработки информации по показателям развития фитопланктона отдельных водохранилищ и водотоков. Матрица исходных данных приведена в таблице Б.1.

Б.2 По результатам статобработки многолетней гидробиологической информации по количественным показателям структурной организации фитопланктонного сообщества были определены следующие статистические характеристики:

а) мода по наиболее часто встречаемым значениям:

– общей численности *Моч*, тыс. кл./мл;

– общего числа видов *Мов*;

– относительной численности доминирующего вида *Мод*, %;

– относительной численности синезеленых водорослей *Мосз*, %;

б) кратность превышения относительно моды высоких значений общей численности β;

в) плотность вариационного ряда по общей численности фитопланктона *По*.

Таблица Б.1 – Исходные данные по приоритетным показателям развития фитопланктонных сообществ

Водный объект	Пункт наблюдений	Годы наблюдений	Сроки наблюдений	Общее число определений
Оз. Кенон	Чита, в черте города и район сброса термальных вод	1989 – 1993	Май – сентябрь	40
Водохранилище:				
Иваньковское	Безбородово, Конаково	1989 – 1992	Май, июль, август	36
Куйбышевское	Зеленодольск, Казань, Красное Тенишево, Набережные Челны, Чистополь, Лаишево, Ульяновск, Заовражные Каратаи, Тетюши, Никольское, Чувашский Сускан, Тольятти	1980 – 1990	Май, июль, октябрь	653
Саратовское	Зольное, Сызрань, Екатериновка, Балаково	1985 – 1990	То же	382
Цимлянское	Красноярский, Жуковский, Волгодонск	1984 – 1987	Май – сентябрь	61
Веселовское	Буденновский, Пролетарск, Новоселовка	1981, 1988 – 1991	Май, июнь, август, октябрь	51

Окончание таблицы Б.1

Водный объект	Пункт наблюдений	Годы наблюдений	Сроки наблюдений	Общее число определений
Река:				
Дон	Волгодонск, Ростов, Колузаево, Азов, рук. Песчаный и Переволока	1981 – 1994	Апрель – октябрь	287
Северский Донец	Белая Калитва, Каменск-Шахтинский, Краснодонецкий, Усть-Донецкий	1981 – 1984	"	59
Нижняя Волга	Каменный Яр, Лебяжье, Астрахань	1984 – 1990	Май, июль, август, октябрь	79
Санихта	Чкаловск	1988 – 1990	Май – октябрь	18
Москва	Барсуки, Москва, Корзуново	1981 – 1989	"	52
Печенга	Печенга	1984 – 1992	Май, июнь, август	69
Ушаковка	Иркутск	1987 – 1992	Май, июль, сентябрь	36
Колос-йоки	Выше устья	1984 – 1992	Май, июль, август	115

Б.3 По величине относительной плотности вариационного ряда *По* и моды модального интервала *Моч* необходимо проводить предварительную классификацию изучаемой экосистемы по ее отклику на антропогенное воздействие (согласно таблице 7.1).

Б.4 Анализ статистических характеристик вариации численности фитопланктона на водоемах и водотоках, приведенных в таблице Б.2, позволил заключить, что *По* и *Моч* следует считать вполне достоверными характеристиками отклика на антропогенное воздействие. Так, например, чем больше *По* и ниже *Моч*, тем заметнее проявляется экологический регресс биоценоза в целом или его отдельных трофических уровней на реках Ушаковка и Колос-йоки.

Повышение значений *Моч* и снижение *По* указывают на преобладание эвтрофирующего эффекта антропогенного воздействия на р. Волга, Куйбышевском и Саратовском водохранилищах.

Низкие значения *По* и высокие *Моч* характеризуют, как правило, экосистемы с высоким уровнем антропогенного эвтрофирования.

Б.5 Результаты, приведенные в таблице Б.3, показывают, что использование совокупности таких статистических характеристик, как мода модального интервала вариационных рядов общей численности, общего числа видов, относительной численности доминирующего вида за вегетационный период и синезеленых водорослей в майском фитопланктоне и кратность превышения высоких значений общей численности относительно ее моды, позволило провести оценку состояния пресноводных экосистем по уровню их эвтрофирования.

Рассматривая в совокупности значения *Мод*, *Моч* и β для экосистем, антропогенное воздействие на которые усиливает процессы антропогенного эвтрофирования, можно оценить его уровень в р. Волга у с. Верхнее Лебяжье как низкий, когда превышение высоких значений численности незначительное ($\beta = 4$), а мода по относительной численности доминирующего вида менее 50 (*Мод* = 44).

Резкое снижение значений *По* и повышение *Моч* и β указывает на усиление эвтрофирования до среднего (Иваньковское вдхр.) и высокого (Куйбышевское и Саратовское вдхр.) уровней с элементами экологического регресса планктонных сообществ и экологическим регрессом донных ценозов.

Таблица Б.2 – Оценка эффекта антропогенного воздействия на пресноводные экосистемы по статистическим характеристикам общей численности фитопланктона

Водный объект, пункт	Статистическая характеристика		Экологическое состояние, по В. А. Абакумову [12]	Эффект антропогенного воздействия
	Моч	*По*		
Куйбышевское водохранилище, верхняя часть	61,2	0,4	Элементы экологического регресса	Антропогенное эвтрофирование
Саратовское водохранилище	22,3	1,5	Антропогенное напряжение	"
р. Волга, г. Астрахань	10,8	4	"	"
р. Санихта, г. Чкаловск	9,0	8	"	"
оз. Кенон, г. Чита	1,2	45	Элементы экологического регресса	Экологический регресс
р. Москва, д. Барсуки	0,9	84	То же	"
р. Печенга, ст. Печенга	0,5	86	"	"
р. Ушаковка, г. Иркутск	0,26	169	Экологический регресс	"
р. Колос-йоки, выше устья	0,10	172	"	"

Таблица Б.3 – Оценка уровня эвтрофирования по статистическим характеристикам структурной организации фитопланктонного сообщества отдельных водных экосистем

Водный объект, пункт	Статистическая характеристика						Уровень эвтрофирования	Экологическое состояние, по В. А. Абакумову [2, 12]
	Моч	*Мов*	*Мод*	*Мосз*	*β*	*По*		
Водохранилище:								
Иваньковское	0,9	11	83	50	134	30	Средний	Экологический регресс донных биоценозов
Куйбышевское, нижняя часть	61,2	18	23	0	6	0,4	Высокий	Антропогенное напряжение
Саратовское	22,3	–	55	0	–	2	“	“
Цимлянское	4,0	18	38	–	16	12	Средний	“
Веселовское	2,5	11	–	–	14	13	“	Экологический регресс донных биоценозов
Река:								
Дон, г. Волгодонск	3,7	20	20	–	13	14	Низкий	Антропогенное напряжение

Окончание таблицы Б.3

Водный объект, пункт	Статистическая характеристика						Уровень эвтрофирования	Экологическое состояние, по В. А. Абакумову [2, 12]
	Моч	*Мов*	*Мод*	*Мосз*	*β*	*По*		
Северский Донец								
г. Белая Калитва	2,2	22	20	–	7	20	Низкий	Антропогенное напряжение
р.п. Усть-Донецкий	2,0	23	19	–	13	23	“	с элементами экологического регресса
Волга, с. Верхнее Лебяжье	6,6	31	44	–	4	9	“	Антропогенное напряжение

Приложение В

(справочное)

1 Хендерсон-Селлерс Б., Маркленд Х.Р. Умирающие озера. Причины и контроль антропогенного эвтрофирования. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 279 с.

2 Экологические модификации и критерии экологического нормирования // Труды международного симпозиума. СССР, Нальчик, 1–20 июня 1990 г. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 384 с.

3 Петрова Н. А. Сукцессии фитопланктона при антропогенном эвтрофировании больших озер. – Л.: Наука, 1990. – 200 с.

4 Методы биоиндикации и биотестирования природных вод / Под ред. В. А. Брызгало, Т. А. Хоружей. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – Вып. 2. – 276 с.

5 Сиренко Л. А. Эвтрофирование континентальных водоемов и некоторые задачи по его контролю // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – С. 137–154.

6 Пресноводные экосистемы в условиях антропогенного эвтрофирования // Гидрохимические материалы. Т. CXIV. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1999. –266 с.

7 РД 52.24.309–92. Методические указания. Охрана природы. Гидросфера. Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Росгидромета. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. – 67 с.

8 РД 52.24.354–94. Методические указания. Организация и функционирование системы специальных наблюдений за состоянием поверхностных вод суши в районах разработки месторождений нефти, газа и газоконденсата. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1995. – 47 с.

9 РД 52.24.508–96. Методические указания. Организация и функционирование подсистемы мониторинга состояния трансграничных поверхностных вод суши. – М., 1999. – 44 с.

10 РД 52.18.263–90. Положение. Охрана природы. Геосфера. Организация и порядок проведения наблюдений за содержанием остаточных ко-

личеств пестицидов, регуляторов роста растений и основных токсичных продуктов их разложения в объектах природной среды. – М., 1990. – 68 с.

11 РД 52.24.564–96. Методические указания. Охрана природы. Гидросфера. Метод оценки загрязненности пресноводных экосистем по показателям развития фитопланктонных сообществ. – М., 1999. – 32 с.

12 Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем/ Под ред. В. А. Абакумова. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. – 318 с.

13 Методические рекомендации по дистанционным методам контроля качества поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987 и 1989. – Вып.1, 3. – 32 с. и 47 с.

14 Временные методические указания гидрометеорологическим станциям и постам по отбору, подготовке проб воды и грунта на химический и гидробиологический анализ и проведение анализа первого дня. – М.: Гидрометеоиздат, 1983. – 27 с.

15 Р 52.24. 353–94. Рекомендации. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. – М.: Гидрометеоиздат, 1995. –28 с.

16 Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши/ Под ред. А. Д. Семенова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 534 с.

17 Никаноров А. М., Назарова А. А. Гарантии и контроль качества в системе мониторинга поверхностных вод суши. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1996. – 139 с.

18 Венецкий И. Г., Венецкая В. И. Основные математико-статистические понятия и формулы в экологическом анализе. – М.: Статистика, 1979. – 440 с.

Лист регистрации изменений

Номер изменения	Номер страницы				Номер документа	Подпись	Дата внесения изменения	Дата введения изменения
	измененной	замененной	новой	аннулированной				

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

РД 52.24.620–2000

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Охрана природы. Гидросфера.

Организация и функционирование подсистемы мониторинга антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем

Редактор *О. М. Федотова*. Технический редактор *Н. Ф. Грачева*.
Корректор *Н. А. Оларь*.

ЛР № 020228 от 10.11.96 г.

Подписано в печать 18.04.2001. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,79. Усл. кр.-отт. 2,91. Уч.-изд. л. 2,37. Тираж 230 экз.

Гидрометеоиздат. 199397, Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38.

gost.e-ecolog.ru