

Рабочая группа ЕЭК ООН по мониторингу и оценке

**Руководящие принципы
мониторинга и оценки
трансграничных и
международных озер**

Часть А:
Раздел по стратегии

ECE/ENHS/NONE/2004/20
GE.04-31774 (R) 081104 191104

ПРЕДИСЛОВИЕ

В период с 1996 по 2000 год Рабочая группа ЕЭК ООН по мониторингу и оценке (РГМО) подготовила две отдельные публикации: Руководящие принципы мониторинга и оценки трансграничных рек (1996 год, новое издание 2000 год) и Руководящие принципы по мониторингу и оценке трансграничных подземных вод (2000 год). Оба набора руководящих принципов имели в основном стратегическую направленность и технические детали не были в них в полной мере проработаны. Данные Руководящие принципы мониторинга и оценки трансграничных и международных озер имеют иную структуру и поделены на две части. Часть А представляет собой раздел, посвященный вопросам стратегии, а часть В содержит более подробные руководящие принципы технического характера. Раздел, посвященный стратегии, в целом предназначен для использования в таком же контексте, как и другие технические руководящие принципы, подготовленные РГМО (для рек, эстуариев и подземных вод).

Настоящие руководящие принципы для озер подготовлены Основной группой из Финляндии, которой оказывали содействие эксперты из нескольких других европейских стран.

- **Часть А, "Раздел по стратегии"** в первую очередь основывается на существующих обязательствах в области мониторинга, вытекающих из Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (подписана в Хельсинки 17 марта 1992 года; введена в действие ООН в 1994 году) и Протокола по проблемам воды и здоровья к Конвенции 1992 года по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Лондон, 17 июня 1999 года; введен в действие ООН в 1999 году). Сфера охвата раздела по стратегии ограничена стратегическими вопросами. Предусматривается возможность внесения в этот документ соответствующих изменений, с тем чтобы он составил основу для будущих стратегических документов ЕЭК ООН общего характера, охватывающих мониторинг и оценку трансграничных водотоков, международных озер и трансграничных подземных вод. Однако подобные документы нуждаются в тщательной разработке для обеспечения того, чтобы они также полностью охватывали мандаты и программы других учреждений. Предполагается, что эта стратегия сохранит свою действенность в течение более длительного периода, чем предыдущие стратегии, например в течение десяти лет.
- **Часть В, "Технические руководящие принципы"** содержит необходимые практические руководящие принципы мониторинга и оценки озер и водохранилищ. Эти руководящие принципы основаны на широко

применяемой практике гидрологического и лимнологического мониторинга озер. Несомненно, что существует потребность в согласовании программ мониторинга в Европе, как по причинам экономического, так и практического характера. Экономическая реальность состоит в том, что отдельные страны не располагают достаточными ресурсами для одновременного проведения программ мониторинга различного содержания. Кроме того, обработка данных и практика представления информации должны быть как можно более идентичными, чтобы сделать возможным участие различных организаций - пользователей (ЕС, ЕАОС, ЕЭК ООН, Евростат и т.д.). Поэтому в данной публикации в максимально возможной степени были учтены рекомендации ЕВРОВОТЕРНЕТ ЕАОС и требования различных директив ЕС по водам, особенно Рамочной водной директивы ЕС (декабрь 2000 года). Конкретные технические руководящие принципы следует проверять в рамках специальных пилотных проектов, при этом должны учитываться проекты руководящих принципов по мониторингу, подготавливаемые в настоящее время группой экспертов ЕС (под председательством Италии; срок представления - конец 2002 года).

Раздел по стратегии поделен на шесть глав. В главе 1 определяются сферы работы в области мониторинга и оценки, включая соответствующее законодательство ЕС. В главе 2 конкретизируются виды информации, которую требуется получать в результате проведения мониторинга, и подчеркивается важность подробной информации обо всем водосборном бассейне и аспектах управления речным бассейном. В главе 3 представлены более конкретные стратегии мониторинга и оценки. В главе 4 обсуждаются вопросы управления данными и качеством; тогда как в главе 5 охвачены процедуры представления отчетности, а в главе 6 изложены координационные и институциональные вопросы.

Структура раздела по стратегии аналогична по своему формату ранее опубликованным руководящим принципам мониторинга и оценки ЕЭК ООН, подготовленным РГМО. При этом оказалось возможным перенести с минимальными изменениями некоторые ключевые разделы этого документа из недавно подготовленных Руководящих принципов мониторинга и оценки трансграничных рек (2000 год). Большинство включенных в документ диаграмм аналогичны представленным в ранее подготовленных руководящих принципах. Настоящие руководящие принципы для озер серьезно отличаются от руководящих принципов для рек и подземных вод тем, что более подробные технические руководящие принципы приводятся отдельно в части В.

Настоящая стратегия основана на экосистемном подходе к управлению водными ресурсами. Соответственно, стратегия затрагивает гидрологические системы водосборных районов в целом, включая различные компоненты поддерживаемых ими водных экосистем и экосистем суши.

В комплексных взаимосвязях между видами экономического использования и экологического функционирования любого водоема задействован широкий круг факторов. Состояние водоема и его соответствующей экосистемы должно поэтому оцениваться комплексно на основе критериев, включающих количество и качество воды, в увязке с различными видами использования и присутствием различных организмов. Следует систематически анализировать и оценивать надежную информацию о режимах стока, уровнях воды, расчетах баланса масс, источниках и путях прохождения загрязнителей, качестве воды, местообитаниях и биологических сообществах.

Параллельно с разработкой настоящих Руководящих принципов мониторинга и оценки трансграничных и международных озер был подготовлен справочный документ, содержащий данные мониторинга по 21 трансграничному и международному озеру.

И руководящие принципы, и справочный документ были одобрены на совещании Рабочей группы ЕЭК ООН по мониторингу и оценке, состоявшемся в Вьякси, Финляндия, 5-8 сентября 2001 года.

Основная группа (Финляндия):

- Пертти Хейнонен, Финляндский институт окружающей среды (pertti.heinonen@ymparisto.fi)
- Сирпа Херве, Центральный финляндский региональный экологический центр (sirpa.herve@ymparisto.fi)
- Олли-Пекка Пиетилайнен, Финляндский институт окружающей среды (olli-pekka.pietilainen@ymparisto.fi)
- Маркку Пууппонен, Финляндский институт окружающей среды (markku.puupponen@ymparisto.fi)
- Олави Сандман, Региональный экологический центр Етеля-Саво (olavi.sandman@ymparisto.fi)
- Маркку Вильянен, Университет Йоэнсуу (markku.viljanen@joensuu.fi)

Содействие оказывали:

- Тийна Ногес, Эстония (tnoges@zbi.ee)
- Миклош Паннонхалми, Венгрия (pannonhalmi.miklos@eduvizig.hu)
- Руи Родригес, Португалия (rrr@inag.pt)
- Ханна Сошка, Польша (hasoszka@ios.edu.pl)
- Юло Султс, Эстония (Ylo@tkku.ee)

Содержание Части А

ПРЕДИСЛОВИЕ

1. СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

- 1.1 Конвенция ЕЭК по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер
- 1.2 Протокол по проблемам воды и здоровья
- 1.3 Законодательство ЕС
- 1.4 Другие сходные программы

2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПОТРЕБНОСТИ

- 2.1 Роль информации
- 2.2 Характеристики речного бассейна
- 2.3 Управление речным бассейном
- 2.4 Кадастры и обзоры нагрузки на окружающую среду
- 2.5 Причинно-следственные связи
- 2.6 Установление показателей
- 2.7 Информационные цели
- 2.8 Оценка законодательства

3. СТРАТЕГИИ МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ

- 3.1 Общая стратегия
- 3.2 Потребность в комплексной оценке
- 3.3 Затратоэффективность
- 3.4 Гидрологические данные
- 3.5 Функционирование экосистем
- 3.6 Требования к качеству воды, предназначенной для использования человеком
- 3.7 Системы раннего оповещения
- 3.8 Сточные воды и нагрузки
- 3.9 Практическое осуществление программ мониторинга
- 3.10 Особые аспекты, связанные с озерами

4. УПРАВЛЕНИЕ ДАННЫМИ И ИХ КАЧЕСТВОМ

5. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ

6. КООРДИНАЦИЯ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

Справочная литература

1. СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1.1 Конвенция ЕЭК по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер

Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер была разработана под эгидой Европейской экономической комиссии и принята в Хельсинки 17 марта 1992 года (Организация Объединенных Наций, 1992 год). Эта Конвенция является важнейшим правовым документом, охватывающим мониторинг и оценку трансграничных вод и международных озер. На этой Конвенции основано несколько двусторонних или многосторонних соглашений между различными европейскими странами.

Конвенция направлена на усиление местных, национальных и региональных мер, связанных с охраной и экологически устойчивым использованием трансграничных поверхностных и подземных вод. Все Стороны, в частности, обязаны предотвращать, ограничивать и уменьшать загрязнение трансграничных вод опасными веществами, биогенными веществами, бактериями и вирусами. Принцип принятия мер предосторожности и принцип "платит загрязнитель" признаны в качестве руководящих принципов осуществления таких мер в сочетании с требованием о том, что управление водными ресурсами должно удовлетворять потребности нынешнего поколения, не ставя под угрозу возможность для будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности.

Предотвращение, ограничение и сокращение трансграничного воздействия, предельные значения для сбросов из точечных источников должны основываться на наилучшей имеющейся технологии. От Сторон Конвенции также требуется осуществлять ограничение сбросов сточных вод, применять цели в области качества воды и удовлетворять конкретные стандарты для очистки муниципальных сточных вод с использованием биологических или других пригодных эквивалентных процессов. Стороны должны также разрабатывать и применять наилучшую природоохранную практику для уменьшения поступления в окружающую среду биогенных и опасных веществ из сельскохозяйственных и других диффузных источников.

Стороны, граничащие с одними и теми же трансграничными водами, обязаны заключать конкретные двусторонние или многосторонние соглашения, предусматривающие создание совместных органов. От них также требуется проводить друг с другом консультации в отношении любых мер, осуществляемых в рамках Конвенции, совместно устанавливать цели в области качества воды, разрабатывать

согласованные программы действий и предоставлять взаимную помощь в случае возникновения критических ситуаций.

Поэтому в Конвенции затрагиваются такие вопросы, как мониторинг, оценка, системы предупреждения и обмен и предоставление информации. Стороны, граничащие с одними и теми же трансграничными водами, должны создавать совместные или скоординированные системы для мониторинга, а также совместные или скоординированные системы связи, оповещения и сигнализации. Главная цель систем мониторинга и оценки заключается в проверке того, чтобы такие изменения в условиях трансграничных вод, вызываемые деятельностью человека, не приводили к какому-либо значительному вредному воздействию на флору и фауну, здоровье и безопасность людей, почву, климатические условия, ландшафты, являющиеся историческим наследием, или физические структуры, или же на взаимодействие между любыми из этих факторов.

Как указывается в статье 9 Конвенции, задачи совместных органов заключаются в осуществлении следующих основных задач:

1. Совместные органы собирают, компилируют и оценивают данные с целью определения источников загрязнения, которые могут оказывать трансграничное воздействие (пункт 2a).
2. Совместные органы разрабатывают совместные программы мониторинга качественных и количественных показателей вод (пункт 2b).
3. Совместные органы составляют реестры и обмениваются информацией об источниках загрязнения (пункт 2 c).
4. Совместные органы разрабатывают предельные нормы для сбросов сточных вод (пункт 2d).
5. Совместные органы оценивают эффективность программ по борьбе с загрязнением (пункт 2 d).
6. Совместные органы разрабатывают единые целевые показатели и критерии качества воды и предложения относительно соответствующих мер по поддержанию и, в случае необходимости, улучшению существующего качества воды (пункт 2e).
7. Совместные органы разрабатывают программы согласованных действий по снижению нагрузки загрязнения как из точечных источников (например,

коммунально-бытовых и промышленных источников), так и диффузных источников (в особенности сельскохозяйственных) (пункт 2 f).

8. Совместные органы устанавливают процедуры оповещения и сигнализации (пункт 2g).
9. Совместные органы выступают в качестве форума для обмена информацией в отношении существующих и планируемых видов использования вод и соответствующих установок, которые могут оказывать трансграничное воздействие (пункт 2h).
10. Совместные органы содействуют сотрудничеству и обмену информацией о наилучших имеющихся технологиях, а также способствуют сотрудничеству в области научно-исследовательских программ (пункт 2i).
11. Совместные органы участвуют в осуществлении оценки воздействия на окружающую среду в отношении трансграничных вод на основе соответствующих международных норм (пункт 2j).
12. Совместные органы предлагают совместным органам, учреждаемым приморскими государствами для охраны морской среды, непосредственно затрагиваемой трансграничным воздействием, сотрудничать с целью согласования их работы и предотвращения, ограничения и сокращения трансграничного воздействия (пункт 4).
13. В тех случаях, когда в рамках одного водосбора существуют два или более совместных органа, они стремятся скоординировать свою деятельность, с тем чтобы способствовать укреплению мер по предотвращению, ограничению и сокращению трансграничного воздействия в рамках этого водосбора (пункт 5).

Конвенция включает ряд положений о мониторинге и оценке, требующих совместных действий. Эти положения охватывают консультации между прибрежными Сторонами (статья 10), совместный мониторинг и оценку (статья 11), обмен информацией между прибрежными Сторонами (статья 13), системы оповещения и сигнализации (статья 14) и информирование общественности (статья 16).

1.2 Протокол по проблемам воды и здоровья

Другой неотъемлемой основой для деятельности по мониторингу и оценке, связанной с трансграничными водами и международными озерами, является Протокол по проблемам воды и здоровья (Организация Объединенных Наций, 1999 год). Этот

Протокол направлен на создание эффективных систем мониторинга и оценки ситуаций, которые могут приводить к вспышкам или случаям заболеваний, связанных с водой, а также эффективных процедур реагирования на них или их предотвращения. Это будет включать подготовку кадастров источников загрязнения, обзоры состояния районов, подверженных высокому риску микробиологического загрязнения и попадания токсичных веществ, и представление отчетности о заболеваниях, связанных с водой. Стороны Протокола будут также разрабатывать комплексные информационные системы, позволяющие обрабатывать данные, касающиеся долгосрочных тенденций, связанных с проблемами воды и здоровья, сосредоточиваясь на существующих факторах, вызывающих озабоченность, и возникавших в прошлом проблемах и их успешном решении, а также обеспечивая предоставление такой информации компетентным органам. Кроме того, необходимо будет создать, усовершенствовать или обслуживать комплексные национальные и/или местные системы раннего оповещения.

Основные положения Протокола по проблемам воды и здоровья, связанные с мониторингом:

- Адекватное снабжение питьевой водой хорошего качества, не содержащей каких-либо микроорганизмов, паразитов и веществ, которые из-за их количества или концентрации представляют собой потенциальную угрозу для здоровья человека: это включает охрану водных ресурсов, которые используются в качестве источников питьевой воды, очистку воды и создание, совершенствование и обслуживание коллективных систем.
- Адекватные санитарно-профилактические мероприятия, соответствующие такому стандарту, который обеспечивает достаточный уровень охраны здоровья человека и окружающей среды: это достигается в основном посредством создания, совершенствования и обслуживания коллективных систем.
- Эффективная охрана водных ресурсов, используемых в качестве источников питьевой воды, и их соответствующих водных экосистем от загрязнения из других источников, включая сельское хозяйство, промышленность и другие сбросы и выбросы опасных веществ: она направлена на эффективное сокращение и устранение сбросов и выбросов веществ, рассматриваемых как опасные для здоровья человека и водных экосистем.
- Достаточные меры по охране здоровья человека от связанных с водой заболеваний, возникающих в результате использования воды для рекреационных целей, использования воды для аквакультуры, использования воды для производства и сбора моллюсков и ракообразных, использования сточных вод для ирригации или

использования отходов обработки сточных вод в сельском хозяйстве или аквакультуре.

1.3 Законодательство ЕС

Законодательство Европейского союза является главным средством для определения того, как следует использовать, охранять и восстанавливать водные ресурсы Европы в XXI веке. Государства - члены ЕС полностью ответственны за осуществление требований, изложенных в директивах, относящихся к водным ресурсам. Два главных подхода к борьбе с загрязнением вод определены в Директиве по качеству воды и в предельных значениях выбросов: в первом случае устанавливаются минимальные требования в отношении качества вод, а во втором - конкретизируются максимально допустимые количества загрязнителей, которые могут сбрасываться в водотоки.

В настоящее время охрана европейских поверхностных вод регулируется различными директивами ЕС, как, например, Директива по очистке городских сточных вод, Директива КПОЗ, Директива по нитратам (поступающим из сельскохозяйственных источников), Директива в отношении питьевой воды и Директива в отношении качества воды, используемой для купания. В будущем наиболее значительной директивой по водам, в том что касается мониторинга, станет Директива ЕС 2000/60/ЕС Европейского парламента и Совета от 23 октября 2000 года, в соответствии с которой создается структура для деятельности Сообщества в области водной политики - широко именуемая как Рамочная водная директива или РВД.

В соответствии с РВД создается структура для охраны в ЕС внутренних поверхностных вод, промежуточных вод, прибрежных и подземных вод. Главная цель РВД состоит в предотвращении дальнейшего ухудшения состояния водных экосистем путем охраны и повышения их статуса, содействия устойчивому водопользованию и смягчению последствий наводнений и засух. Цель РВД в природоохранной области заключается в обеспечении того, чтобы экологический и химический статус всех вод в ЕС находился по крайней мере на хорошем уровне не позднее чем к 2015 году.

В РВД указываются следующие основные положения в отношении охраны вод:

- В рамках речного бассейна, где водопользование может оказывать трансграничное воздействие, требования достижения экологических целей, определяемых данной Директивой и, в частности, всеми программами мер, должны быть скоординированы для всего района речного бассейна в целом. В отношении речных бассейнов, выходящих за пределы территории Сообщества, государствам - членам ЕС следует стремиться к обеспечению необходимой координации действий с

соответствующими государствами, не являющимися членами ЕС. Данная Директива должна способствовать выполнению Сообществом обязательств в соответствии с международными соглашениями по охране воды и управлению водными ресурсами, особенно с Конвенцией Организации Объединенных Наций по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер, одобренной Решением Совета 95/308/ЕС (15), и с любыми последующими соглашениями по ее реализации.

- Необходимо произвести анализ характеристик речного бассейна и антропогенного воздействия, а также экономический анализ водопользования. Изучение состояния воды должно вестись государствами - членами ЕС во всем Сообществе на систематической и сравнимой основе. Эта информация необходима для обеспечения надежной основы для разработки программ мер стран - членов ЕС, направленных на достижение целей, определяемых данной Директивой.

Главная цель такой согласованной системы далее определяется Комиссией ЕС в РВД следующим образом:

- Следует разработать в качестве части данной Директивы технические спецификации для обеспечения последовательного подхода к работе в Сообществе в этом направлении. Важным шагом вперед являются критерии для оценки состояния вод. Доработка определенных технических элементов, связанная с техническим развитием, и стандартизация методов мониторинга, отбора и анализа проб должны проводиться в соответствии с порядком, установленным комитетом. Для содействия полному пониманию и последовательному применению критериев для определения характеристик районов речных бассейнов и для оценки состояния воды Комиссия может принять руководство по применению этих критериев.

Инструкции в отношении мониторинга включены в статью 8 РВД:

- Государства-члены должны обеспечить организацию программ для мониторинга состояния воды для того, чтобы иметь последовательную полную картину состояния вод по каждому участку речного бассейна.
- Для поверхностных вод такие программы должны охватывать:
 - i) объем и уровень или интенсивность потока до степени, соответствующей экологическому и химическому состояниям, а также экологическому потенциалу, и

ii) экологическое и химическое состояние и экологический потенциал

- Эти программы должны стать работающими не позднее, чем через шесть лет с даты вступления в силу данной Директивы (декабрь 2006 года).
- Подробные требования к программам мониторинга представлены в приложении V (РВД).

Сети для мониторинга экологического и химического состояния поверхностных вод должны проектироваться и создаваться таким образом, чтобы обеспечивать последовательное и комплексное отслеживание экологического и химического состояния вод в рамках каждого речного бассейна - это дает возможность классификации водоемов по пяти категориям. Государства-члены должны предоставить карты, на которых указывались бы сети мониторинга поверхностных вод для планов управления речными бассейнами.

На основе соответствующей характеристики и оценки воздействия государства-члены должны организовывать программы наблюдательного мониторинга и программы оперативного мониторинга для каждого периода, предусмотренного планом управления речным бассейном. Государствам-членам может также потребоваться в некоторых случаях организовать программы исследовательского мониторинга.

Государства-члены должны осуществлять мониторинг переменных величин, указывающих на состояние каждого соответствующего элемента качества. Оценки уровня надежности и точности результатов, полученных в ходе осуществления программ мониторинга, подлежат включению в план.

РВД неизбежно окажет воздействие на практику мониторинга в ЕС и приведет к значительным изменениям. Поэтому РГМО ЕЭК ООН следует пристально следить за ходом осуществления РВД, и особенно за разработкой программ мониторинга и систем классификации.

1.4 Другие сходные программы

Другие международные соглашения и практические мероприятия также оказывают воздействие на деятельность по мониторингу в Европе. Одной из наиболее значительных программ является ЕВРОВОТЕРНЕТ, которая осуществляется Европейским агентством по окружающей среде (ЕАОС). В течение периода 1994-2000 годов осуществление программы ЕВРОВОТЕРНЕТ было организовано для пяти областей: ЕВРОВОТЕРНЕТ/реки, ЕВРОВОТЕРНЕТ/озера и ЕВРОВОТЕРНЕТ/подземные воды -

являлись наиболее продвинутыми, тогда как ЕВРОВОТЕРНЕТ/выбросы и ЕВРОВОТЕРНЕТ/качество все еще носят в значительной степени экспериментальный характер. Также программа ЕВРОВОТЕРНЕТ осуществлялась в странах, в которых действует программа Phare, в рамках тесного сотрудничества между Европейским тематическим центром по внутренним водам (ЕТЦ/ВВ) и его партнером - тематической группой Phare по внутренним водам. Данные, полученные в рамках программы ЕВРОВОТЕРНЕТ, хранятся в базе данных Waterbase (Боше, Никсон и Лак, 2001).

Евростат - базирующееся в Люксембурге Статистическое управление Европейских сообществ - обеспечивает Европейский союз статистическими данными на европейском уровне, давая возможность проводить сопоставление между странами и регионами. Внутренние воды являются приоритетной областью деятельности Евростата, являющегося в настоящее время единственным поставщиком статистических данных на европейском уровне. Данные о водных ресурсах, заборе и использовании воды, а также об очистке сточных вод и их сбросах будут предоставляться через посредство совместного вопросника Евростата/ОЭСР. Эти данные собираются в государствах-членах национальными статистическими управлениями, которые также проверяют и анализируют национальные данные до их представления в Евростат. Роль Евростата заключается в сведении данных воедино и в обеспечении их сопоставимости путем использования согласованной методологии. Затем данные проверяются как в Евростате, так и ОЭСР. Данные Евростата в значительной степени увязаны с Рамочной водной директивой ЕС и Директивой ЕС по очистке городских сточных вод. Данные вопросника публикуются в качестве части статистической ежегодника по окружающей среде Евростата NewCronos (ТЕМА 8/Окружающая среда и энергетика).

Программа ГСМОС/ВОДА Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (Глобальная система мониторинга окружающей среды - Программа по качеству пресных вод) направлена на улучшение понимания вопросов качества пресной воды во всем мире. Главным элементом программы является деятельность в области мониторинга, оценки и наращивания потенциала. В осуществлении Программы ГСМОС/ВОДА принимают участие несколько учреждений ООН, активно действующих в секторе водных ресурсов, а также различные органы, институты и организации во всем мире.

2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПОТРЕБНОСТИ

2.1 Роль информации

Наличие доступной для общественности информации является жизненно важной предпосылкой охраны и устойчивого использования трансграничных вод, а также осуществления и применения Конвенции. Другой первостепенной целью мониторинга

является предоставление информации для поддержки процесса принятия решений. Наиболее важным шагом в разработке успешной и затротоэффективной программы мониторинга является поэтому точное определение информационных потребностей для обеспечения критериев, которые облегчили бы разработку подходящей системы мониторинга и оценки.

Учреждения, ответственные за охрану и устойчивое использование трансграничных водоемов, должны быть непосредственно вовлечены в конкретизацию информационных потребностей. В первую очередь должны быть определены пользователи информации и поставщики информации. Информационные потребности следует конкретизировать в первую очередь исходя из анализа управления водными ресурсами в речном бассейне и с последующим определением соответствующих вопросов. Следует проводить разграничение между информацией, используемой для разработки политики или для оценки, и информацией, предназначенной для использования при оперативном управлении водными ресурсами. Пользователям и поставщикам информации следует тесно сотрудничать в конкретизации информационных потребностей.

Информацию, требующуюся для оценки устойчивых видов водопользования и его экологичности, необходимо структурировать на основе проблематики, факторов нагрузки и мер в области управления водными ресурсами. Для правильного определения информационных потребностей следует заблаговременно выявить проблемы, существующие у пользователей информации, и используемые ими процессы принятия решений. Кадастры и предварительные обзоры могут в значительной мере помочь при выявлении проблем и вопросов и в дальнейшем при конкретизации информационных потребностей.

2.2 Характеристики речного бассейна

Программы мониторинга для озер следует основывать на важнейших характеристиках всего водосборного бассейна с учетом полного гидрологического цикла (рис.1).



Рис. 1. Гидрологический цикл

Озера составляют лишь один из элементов круговорота воды в природе. Для осуществления надежной программы мониторинга требуется четкое понимание взаимодействия между озерами и другими водоемами. Необходим точный долгосрочный мониторинг всего гидрологического цикла. Надежные оценки экологических или химических тенденций в любом водоеме не могут быть произведены в отсутствие гидрологических данных.

Для получения надежных качественных и количественных данных мониторинга по озерам или рекам необходимо наличие информации как о природных условиях в водосборных бассейнах, так и о факторах нагрузки. Что касается мониторинга и оценки, то необходимая исходная информация по всему водосборному бассейну может быть подразделена на следующие категории:

- климат и гидрология
- землепользование
- плотность населения
- нагрузка сточных вод
- нагрузка неточечных источников (сельское хозяйство, лесное хозяйство и т.д.)

Такая базовая информация имеет важное значение уже на стадии планирования программ мониторинга. Должен быть также хорошо организован непрерывный

мониторинг этих факторов, с тем чтобы данные мониторинга озер могли быть тщательно обработаны и оценены.

2.3 Управление речным бассейном

Должны быть определены различные функции и виды использования водоемов - как экологические, так и антропогенные. Различные виды водопользования могут конкурировать друг с другом или даже вступать в противоречие, в частности, если ощущается нехватка воды или ухудшается ее качество. При многофункциональном подходе производится попытка добиться сбалансированности между всеми желаемыми видами водопользования, включая функционирование экосистемы. Это позволяет вводить многоступенчатость видов использования, обеспечивающую гибкость для различных уровней разработки политики в области управления водными ресурсами и для распределения приоритетов при составлении графиков работы.

Управление водными ресурсами всегда связано с конфликтом интересов. Большинство проблем в речном бассейне в большей или меньшей степени тесно связано с этими конфликтами. Тремя основными источниками конфликтов являются:

- конкуренция за обладание водными ресурсами (потребительское использование в противовес к непотребительским видам использования, например, таким, как судоходство и удаление сточных вод)
- конфликты между видами антропогенного вмешательства и природой (например, оздоровление водотоков)
- противоречащие интересы прибрежных стран, расположенных выше/ниже по течению

В ходе анализа вопросов, касающихся управления водохозяйственной деятельностью, следует четко установить политические приоритеты. До установления приоритетов следует полностью проанализировать источники конфликтов.

Подготовка скоординированных или совместных планов водохозяйственной деятельности для бассейнов трансграничных рек подпадает под действие положений Конвенции. Эти планы в настоящее время основываются на результатах существующих программ мониторинга. Основные потребности в разработке более совершенных программ мониторинга и оценки должны определяться исходя из этих планов водохозяйственной деятельности.

В планах управления водохозяйственной деятельностью также должны учитываться различные аспекты землепользования, включая обезлесение, эрозию и диффузное загрязнение вод. По возможности, они также должны включать анализ других информационных потребностей, а также стратегии для мониторинга и оценки для конкретных условий, обмен информацией между прибрежными странами и оценку эффективности мер в соответствии с этими планами.

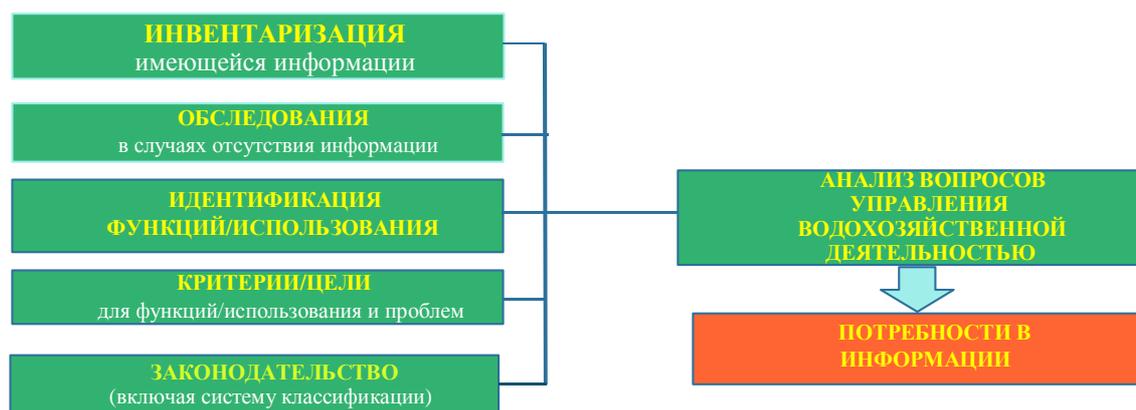


Рис. 2. Анализ управления водохозяйственной деятельностью

Прежде чем заниматься определением проблем и приоритетов в области охраны и использования трансграничного водоема, должен быть проработан ряд процессов. Эти процессы включают определение функций и видов использования речного бассейна; кадастры, составленные на основе имеющейся в настоящее время информации; проведение обзоров в случае отсутствия информации; определение критериев и целей; и оценку водохозяйственного законодательства в прибрежных странах (рис. 2). Эффективно разработанный международный план управления речными бассейнами включает все эти виды деятельности.

Информационные потребности должны основываться на основных элементах системы управления речным бассейном в целом и на активном использовании информации в процессе принятия решений. Основные элементы могут определяться как функции и виды использования различных водоемов; проблемы (в тех случаях, когда невозможно обеспечить соблюдение критериев использования и функционирования); меры, которые следует принять, включая конкретные целевые показатели; и воздействие на общее функционирование речного бассейна. Проблема может рассматриваться в качестве проблемы или угрозы, которая существует в настоящее время или может возникнуть в будущем. Возникновение проблемы может также свидетельствовать о

наличии позитивного воздействия на различные части окружающей среды, как, например, в случае эвтрофикации и продуктивности рыбного хозяйства. Основные элементы и их взаимосвязи отражены на рис. 3.

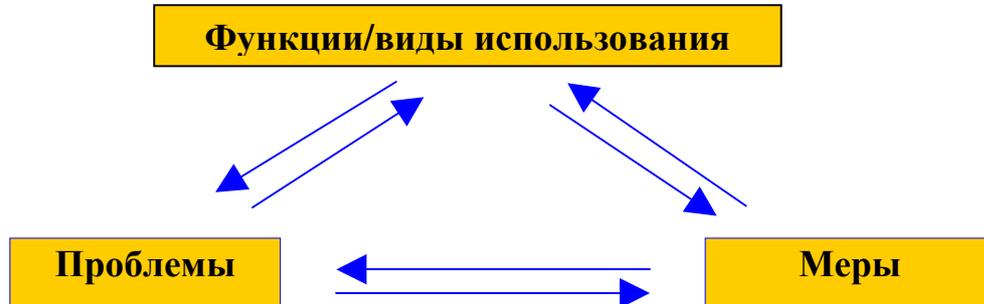


Рис. 3. Основные элементы управления водохозяйственной деятельностью

Прибрежные страны должны индивидуально определить и коллективно согласовать:

- конкретные виды использования человеком речного бассейна и его экологическую функцию
- мероприятия, оказывающие воздействие на использование человеком водоемов и на функционирование их экосистем
- проблемогенерирующие факторы, которые оказывают влияние в настоящее время и будут оказывать его в будущем;
- связь между состоянием речного бассейна и функционированием водоприемника
- критерии, относящиеся к видам использования и функциям (например, целевые показатели качества воды, расчетные уровни противопаводковой защиты, определение надлежащего экологического качества)
- количественно определенные цели управления (например, целевые показатели сокращения загрязнения, уменьшения паводкового риска), которые должны быть достигнуты в конкретно оговоренный срок.

Каждой стране в ходе осуществления водохозяйственной деятельности следует учитывать фактические или планируемые меры, политику и планы действий в области управления водохозяйственной деятельностью. При конкретизации видов использования ресурсов водоемов человеком и его экологических функций и определении факторов стресса, вопросов и целей должен охватываться весь спектр качественных и количественных аспектов управления речным бассейном (таблица № 1).

Поскольку в Конвенции акцент сделан на подходе, ориентированном на речной бассейн, прибрежным странам следует установить цели, которые являются специфическими для их трансграничных водоемов, и указать приоритеты. Эти приоритетные вопросы и цели в значительной степени определяют информационные потребности в контексте трансграничного сотрудничества. Следует проводить четкие различия между проблемами, целями и информационными потребностями, установленными на различных уровнях (в глобальном масштабе, в масштабе всего региона ЕЭК, на уровне речного бассейна и на местном уровне).

Критериями для видов использования или функций должны быть конкретные требования, которые определяются соображениями, связанными с оценкой риска. Количественно определенные цели управления для трансграничных водоемов должны основываться на водохозяйственной политике, согласованной прибрежными странами. Целями могут быть критерии, стандарты или какие-либо другие нормы.

ВИДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ/ ФУНКЦИИ →	↓	ПРОБЛЕМЫ	Здоровье людей	Функционирование экосистем	Рыбоводство	Рекреация	Питьевая вода	Орошение	Промышленное использование	Гидроэлектроэнергия	Среды переноса веществ ¹	Судоходство
Затопление	X	X	X	X	X						X	X
Нехватка воды	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Эрозия/осаждение	X	X	X			X				X	X	X
Биоразнообразие			X	X	X							
Непрерывность реки			X	X	X					X	X	X
Засоление			X			X	X	X				
Подкисление ²			X	X		X						
Загрязнение органическими веществами ³	X	X	X	X	X	X						
Эвтрофикация	X	X	X	X	X	X	X	X				
Загрязнение (опасными веществами ⁴)	X	X	X	X	X	X	X	X				

Таблица 1. Примеры зависимости между видами использования и функциями водосбора и наиболее характерными проблемами в речном бассейне

X Основные последствия для функции водосбора и наиболее характерные проблемы.

¹ Перенос воды, льда, отложений и сточных вод.

² Сухие /мокрые кислотные сбросы.

³ Загрязнение сточных вод органическими веществами и бактериями.

⁴ Опасные вещества, например, радионуклиды, тяжелые металлы, вредные органические соединения и пестициды.

2.4 Кадастры и обзоры нагрузок на окружающую среду

Прежде чем начинать осуществление любых программ мониторинга, необходимо провести предварительные исследования, как, например, составление кадастров и обзоров.

В рамках кадастров следует объединять всю имеющуюся информацию, даже тогда, когда данные оказываются труднодоступными и находятся в распоряжении различных ведомств или учреждений или их отдельных департаментов. Это предусматривает не только включение информации, содержащейся в накопленных статистических данных, разрешениях и т.д., в административную базу данных, но и общий обзор и интерпретацию всей информации, относящейся к рассматриваемым аспектам. Что касается кадастров источников загрязнения, то это означает поиск источников информации в источнике загрязнения, как, например, данные о производственных процессах и использовании сырьевых материалов, а также проверка вызывающих сомнение фактов путем проведения дополнительных опросов.

Кадастры должны охватывать основные аспекты, которые имеют важное значение для идентификации вопросов, таких, как виды использования воды и потребность в воде в речном бассейне; характеристики поверхностных стоков; вероятность паводковых волн и дрейфа льда в речном бассейне; качество воды (физико-химическое, биологическое, экологическое, гигиеническое и экотоксикологическое); наиболее важные точечные источники загрязнения, связанные с промышленностью и коммунально-бытовыми отходами (учитывая их характеристики с точки зрения их происхождения, состава и нагрузки сточных вод); виды землепользования и источники диффузного загрязнения, связанные с землепользованием (вместе с кадастрами использования сельскохозяйственных удобрений и пестицидов); другие источники диффузного загрязнения (связанные с транспортными потоками, эксплуатацией трубопроводов и переносом загрязняющих веществ по воздуху); и потенциальные источники аварийного загрязнения.

Обследования качества воды предназначены для того, чтобы получить первоначальное представление о функционировании водной экосистемы и распространении загрязнителей и токсичности в водной среде. Оценку экологического состояния реки, озера или эстуария можно произвести путем изучения качественных и количественных структур биотических компонентов экосистем (фитопланктон, макрофиты, сообщества макробеспозвоночных, популяции рыб). Химический скрининг поверхностных вод, отложений и сточных вод в сильнозагрязненных зонах и на основных участках можно произвести с помощью соответствующих вспомогательных методов

анализа. Кроме того, могут быть проанализированы любые конкретные целевые соединения, наличие которых может предполагаться в соответствии с кадастрами. Кроме того, на таких объектах может быть изучено токсическое воздействие в поверхностных водах, отложениях и стоках.

Сильнозагрязненные участки поверхностных вод, стоки и отложения следует выявлять через посредство предварительного анализа. Кадастры имеющихся данных мониторинга и информации о сбросах сточных вод обеспечат предварительное указание того, где можно ожидать возникновение сочетаний токсического воздействия.

2.5 Причинно-следственные связи

При рассмотрении конкретного вопроса управления водохозяйственной деятельностью необходимо располагать информацией о причинах и последствиях соответствующих проблем и о принимаемых мерах. Причинные цепочки, такие, как концепция ДНСВР (рис. 4), иллюстрируют различные аспекты данного вопроса. Информационные потребности могут конкретизироваться для одного или большего числа таких аспектов.



Рис. 4. Структура "Движущие силы - нагрузка - состояние - воздействие - реагирование" (ДНСВР) (ЕАОС)

Движущие силы включают такую деятельность человека, как урбанизация и ведение сельского хозяйства, которые зачастую являются главными источниками проблем и угроз. Давление включает в себя вызываемый такими проблемами стресс, оказываемый на функции и виды использования речного бассейна. Состояние речного бассейна описывается в характеристиках концентраций некоторых веществ и гидрологических или экологических характеристиках бассейна. Элементы воздействия описывают любую утрату функций или виды использования, которые могут, например, быть вызваны токсичностью или неприятным вкусом питьевой воды. Реакция включает политику и меры, призванные решить существующие проблемы.

Необходима глубокая конкретизация информационных потребностей, которая обеспечила бы возможность создания эффективных систем мониторинга и оценки. Конкретизированные информационные потребности должны включать следующие аспекты:

- выбор соответствующих переменных параметров или показателей, адекватно удовлетворяющих конкретные информационные потребности
- определения критериев оценки, например стандартных условий для применения систем раннего предупреждения о наводнениях или аварийном загрязнении
- требования в отношении отчетности и представления информации (визуальное представление, степень агрегирования, индексы)
- определения приемлемых допусков для каждой переменной величины мониторинга, в том что касается требований пользователей информации, включая степень детализации, связанной с принятием решений
- время реагирования - для процедур раннего предупреждения информация потребуется в течение часов, тогда как информация для определения тенденций может оказаться необходимой через недели или месяцы после взятия проб
- степень достоверности данных - обычно оказывается либо невозможным, либо чрезмерно дорогостоящим получение данных, достоверных на 100%, однако уровни достоверности могут колебаться в зависимости от серьезности последствий. Это также является определяющим фактором при выборе программ мониторинга для участков наблюдения, периодичности мониторинга и методологий.

2.6 Установление показателей

Информацию предпочтительно следует представлять в сжатой и агрегированной форме. Данные должны быть сравнимыми применительно к различным участкам и ситуациям и быть увязаны с конкретными вопросами, которые в свою очередь основываются на конкретных потребностях, касающихся управления. Показатели могут обеспечить удовлетворение этого требования, и в этом отношении они могут также способствовать конкретизации информационных потребностей. Для установления пригодных показателей необходимо выбрать соответствующие параметры. Эти переменные параметры должны в достаточной степени представлять функции и виды использования водоемов, характеризовать количество или качество воды, воздействие,

оказываемое на какую-либо функцию или вид использования, сбросы загрязнителей и/или иметь важное значение для проверки эффективности принимаемых мер.

Прибрежным странам следует принимать согласованное решение о выборе показателей. При выборе показателей необходимо использовать следующие важнейшие критерии:

- передача информации: показатели должны быть представлены в форме, приемлемой для тех, кто будет использовать их во всех прибрежных странах
- упрощенное представление: показатели должны давать общее представление о ситуации без какой-либо чрезмерной детализации
- наличие данных: должны иметься достаточные данные, обеспечивающие информационное наполнение показателей.

Показатели устойчивого развития, разработанные Организацией Объединенных Наций (Организация Объединенных Наций, 2001 год) и список индикаторов в докладе ЕАОС "Сигналы окружающей среды - 2001 год" (ЕАОС, 2001 год) являются весьма полезным подспорьем при выборе подходящих показателей.

2.7 Информационные цели

Можно различать отдельные информационные цели, отражающие предполагаемое использование информации (цель) и проблемы управления (например, меры по охране воды при ее конкретном использовании). Применительно к сточным водам и водоемам главными информационными целями являются:

- оценка фактического состояния речного бассейна путем проведения регулярных проверок на предмет соответствия стандартам, определяемым для различных видов использования воды человеком, и целевым показателям, установленным для обеспечения функционирования экосистемы соответствующего речного бассейна
- проведение проверок на предмет соответствия условиям, предусмотренным в разрешениях на забор воды или сброс сточных вод, или с целью установления ставок сборов
- проверка эффективности мер, принимаемых в рамках проводимой политики, путем выявления долгосрочных тенденций изменения уровней воды, концентраций и нагрузок и демонстрации степени реализации намеченных целей

- обеспечение раннего оповещения о наводнении или об аварийном загрязнении в целях защиты предполагаемых видов водопользования
- признание и понимание вопросов, связанных с количественными и качественными показателями, относящимися к водам, путем их изучения с помощью обследований, посвященных, например, структурам эрозии или присутствию токсичных веществ.

Поскольку информационные потребности определяются соответствующими вопросами, установление приоритетности этих вопросов приводит, соответственно, к установлению приоритетности информационных потребностей. Информационные потребности развиваются вместе с совершенствованием управления водными ресурсами по мере достижения целевых показателей или в случае изменения политики. Это означает, что стратегия мониторинга зачастую нуждается в периодическом обновлении. Изменение информационных потребностей означает, что для обновления всей концепции может оказаться необходимым регулярный пересмотр информационных стратегий. Вместе с тем не следует игнорировать необходимость обеспечения непрерывности в том, что касается переменных параметров, участков и аналитических методов, используемых при измерении временных рядов в целях обнаружения значимых тенденций в изменении характеристик речного бассейна.

2.8 Оценка законодательства

В трансграничном речном бассейне каждая прибрежная страна использует, как правило, свои собственные критерии оценки, цели водохозяйственной деятельности и системы классификации качества воды. Нередко они являются частью национального водохозяйственного законодательства, включая юридические обязательства, касающиеся измерений. В трансграничном контексте прибрежным странам необходимо согласовать общие критерии оценки и управленческие цели.

Прибрежным странам следует сопоставить и оценить их национальное водохозяйственное законодательство и правовые и другие обязанности по мониторингу и оценке, которые вытекают из конвенций, природоохранного законодательства ЕС, соглашений и других договоренностей. Они должны одобрить критерии и цели в контексте трансграничного сотрудничества (например, систему классификации вод, критерии паводкового риска, политику в области забора воды).

Рекомендуется обеспечить оптимальное использование международных стандартов и международно признанных критериев оценки риска, поскольку они основываются на экспериментальных данных и фактических знаниях. В этом отношении полезными могут

быть также последние результаты и опыт деятельности международных организаций и речных комиссий.

Следует разработать согласованную систему классификации вод в тесной увязке с национальным законодательством прибрежных стран, и особенно с практикой ЕС. Она не должна вступать в конфликт с национальным законодательством прибрежных стран и соответствовать международно признанной практике оценки. Приводимые ниже процедуры могут оказаться полезными при оценке действующего законодательства (ЕЭК ООН, 1998 год):

- Составление реестра связанного с водой природоохранного законодательства и методов классификации вод в различных странах. Составление описи существующих нормативных положений, касающихся обмена данными между странами.
- Установление связанных с функциями водообеспечения международных стандартов для качества поверхностных вод.
- Установление последних изменений в природоохранном законодательстве ЕС по поверхностным водам.
- Выявление значимого опыта, накопленного в области разработки целевых показателей качества воды в рамках комиссий по европейским рекам (например, Международной комиссии по реке Рейн).
- Сопоставление водохозяйственного законодательства и методов классификации, используемых прибрежными странами, и сравнение их с международными стандартами и законодательством ЕС.
- Сравнение применяемых стандартов (в увязке с их целями) с международно признанными критериями оценки риска.
- Подготовка предложения о согласованной системе классификации вод, которая не вступает в конфликт с существующими национальными системами законодательства.

3. СТРАТЕГИИ МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ

3.1 Общая стратегия

Информация, необходимая для оценки трансграничных водоемов или для рассмотрения проблем, связанных с этими водами, может быть получена в ходе проведения мониторинга и других исследований. Это можно продемонстрировать с помощью жизненного цикла проводимой политики (рис. 5). На этапе "признания проблем" требуется осуществлять деятельность, отличную от деятельности на этапах "формулирования политики", "осуществления политики" и "оценки результатов".

На первом этапе необходимо осуществлять научные исследования. Затем важное значение приобретают такие направления деятельности, как составление кадастров и проведение обследований. Потребуется установить критерии и целевые показатели, приступить к мониторингу временных тенденций и структур пространственного распределения и на заключительном этапе сосредоточиться на мониторинге соблюдения установленных требований.

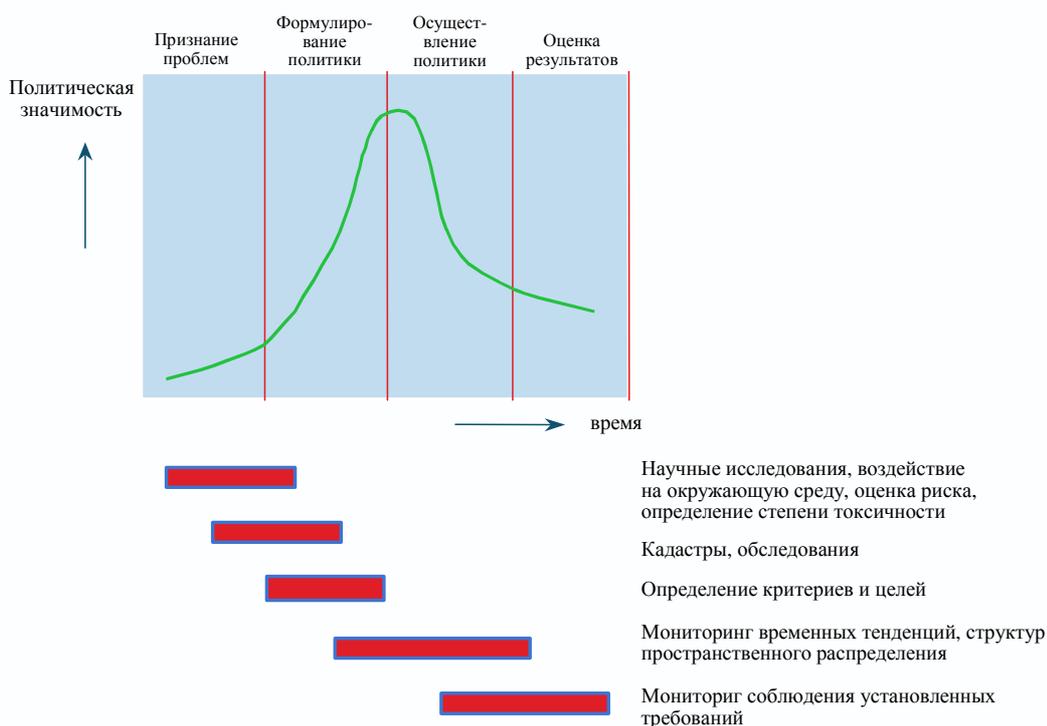


Рис. 5. Жизненный цикл проводимой политики

Процесс мониторинга и оценки следует рассматривать главным образом как последовательность взаимосвязанных операций - от определения информационных потребностей до использования информационного продукта (рис. 6).



Рис. 6. Цикл мониторинга

Следующие друг за другом операции этого цикла мониторинга должны определяться и планироваться с учетом требуемого информационного продукта и специфики предыдущего компонента "цепочки". При составлении программ мониторинга и оценки состояния речных бассейнов прибрежные страны должны совместно рассматривать все стадии процесса мониторинга.

Информацию для управления речным бассейном можно получить из первичных источников, таких, как программы мониторинга, расчеты и прогнозы в увязке с моделями и экспертными оценками, а также из других источников (например, базы данных), содержащих информацию статистического или административного характера. Результаты осуществления национальных программ мониторинга, выполняемых под руководством национальных правительств или местных органов власти, будут являться основным источником информации в рамках Конвенции.

После конкретизации информационных потребностей необходимо разработать стратегии оценки, позволяющие соответствующим образом подготавливать и осуществлять программы мониторинга в целях получения требуемой информации. Стратегии определяют подход и критерии, необходимые для надлежащего структурирования программы мониторинга, обеспечивая отражение информационных потребностей на уровне сетей станций мониторинга.

Схема программы мониторинга включает выбор объектов в сети взятия проб; выбор химических, биологических и микробиологических переменных; определение процедур взятия проб (сбор проб, периодичность, предварительная обработка, метод хранения и транспортировки); и планирование полевых измерений, лабораторного анализа, сбора данных, контроля качества данных, обработки данных и обслуживания данных. В крупных программах с участием ряда сторон важное значение играют институциональные вопросы.

Десять главных принципов, на которых основывается успешное осуществление программы мониторинга и оценки:

1. Сначала необходимо определить информационные потребности и на их основе адаптировать программу, а не наоборот. Затем необходимо получить адекватную финансовую поддержку.
2. Необходимо полностью понять тип и характер водного объекта (главным образом путем проведения предварительных обследований), в особенности характеристики структуры пространственной и временной изменчивости, а также взаимодействие между естественными характеристиками (морфометрические, гидрологические и присущие водосбору), а также озерной воды.
3. Необходимо выбрать соответствующую среду (вода, твердые частицы, биота).
4. С учетом информационных потребностей необходимо обеспечить тщательный выбор параметров, типа проб, периодичности отбора проб и местонахождения станций наблюдения.
5. Необходимо обеспечить выбор полевого и лабораторного оборудования с учетом информационных потребностей, также должны использоваться стандартизованные методы, а при отсутствии таковых - хорошо задокументированные методы.
6. Необходимо разработать всеобъемлющую и оперативную схему обработки данных.
7. Мониторинг качества водной среды необходимо увязать с соответствующим гидрологическим мониторингом.
8. Качество данных необходимо проверять на регулярной основе посредством осуществления внутреннего и внешнего контроля.

9. Полученные данные следует передавать в распоряжение директивных органов не только в форме перечня параметров и их значений, но и сопровождать их пояснениями и оценками экспертов вместе с соответствующими рекомендациями относительно принятия необходимых мер в сфере управления.

10. Необходимо на периодической основе осуществлять оценку программы, особенно в случае изменения общего положения или какого-либо конкретного вида воздействия на окружающую среду в результате естественных изменений и мер, принимаемых в водосборном районе.

В европейских странах осуществление законодательства ЕС является важным стратегическим аспектом, который должен приниматься во внимание. Рамочная водная директива ЕС будет оказывать особо важное воздействие, особенно в определении информационных потребностей в речных бассейнах. Деятельность в области мониторинга будет играть весьма важную роль в процессе осуществления. В РВД деятельность в области мониторинга подразделяется на три следующие категории:

- наблюдательный мониторинг
- оперативный мониторинг
- расследовательский мониторинг.

Программы наблюдательного мониторинга предназначены для обеспечения информации о водоеме, в том что касается:

- дополнения и аттестации процедуры оценки воздействия,
- рационального и эффективного планирования будущих мониторинговых программ,
- оценки долгосрочных изменений природных условий, и
- оценки долгосрочных изменений, являющихся результатом широкой антропогенной деятельности.

Результаты такого мониторинга анализируются и используются в сочетании с процедурой оценки воздействия для определения потребностей существующего и дальнейших планов управления речным бассейном в мониторинговых параметрах.

Оперативный мониторинг проводится с целью:

- определения качественного состояния водных объектов, подверженных риску невыполнения ими своих экологических задач, а также

- оценки любых изменений качества таких объектов в результате осуществления программы мероприятий.

Расследовательский мониторинг проводится в тех случаях, когда:

- установлен факт каких-либо превышений по неизвестным причинам,
- результаты наблюдательного мониторинга показывают, что целевые значения, установленные для водных объектов согласно статье 4, могут не быть достигнуты, а программа оперативного мониторинга еще не была введена в действие,
- необходимо определить причины, по которым экологические задачи не могут быть выполнены данным водным объектом или объектами, или
- необходимо определить масштаб и степень воздействия аварийных загрязнений, а также проинформировать органы власти о программе мероприятий для достижения экологических задач по программе специальных мер для ликвидации последствий аварийного загрязнения.

3.2 Потребность в комплексной оценке

Управление водохозяйственной деятельностью предусматривает, что управление водными ресурсами осуществляется комплексным образом на основе водосборных площадей в целях обеспечения тесной связи между социально-экономическим развитием и охраной природных экосистем, а также увязывания управления водными ресурсами с законодательными мерами по регулированию качества других экологических сред. Такой комплексный подход будет оказывать свое воздействие на способы разработки стратегий мониторинга и осуществления оценок.

Водные экосистемы не являются замкнутыми экологическими системами, поскольку они обмениваются материалами и энергией со своим окружением. В этой связи существует необходимость существенно расширить рамки оценки с целью изучения связей и взаимодействия в рамках экосистемы. Задача заключается в том, чтобы определить абиотические и биотические факторы, а также ключевые связи, которые обеспечивают целостность экосистемы, и сохранить энергетическое, химическое, физическое и биологическое равновесие во взаимосвязанных экосистемах. Следует изучить такие аспекты, как поступление химических веществ на территорию водосборной площади и их перемещение за ее пределы и внутренние динамические характеристики в

рамках водосборной площади. Следует также оценить перенос загрязнителей из одной экологической среды в другую.

Комплексный подход предусматривает также отказ от использования применявшегося ранее подхода, в рамках которого основное внимание уделялось локализованному загрязнению и изолированному управлению отдельными компонентами экосистемы. Следует обеспечить учет глубокого воздействия, оказываемого землепользованием на связанные с водой качественные аспекты. Кроме того, следует оценить такие факторы, как расширение масштабов и изменение характера деятельности человека и соответствующих сред обитания, а также другие изменения вдоль водных объектов, которые могут оказывать воздействие на водную экосистему.

В рамках комплексного подхода человеку отводится роль одного из центральных элементов эффективного функционирования всей системы. Это означает признание социальных, экономических, технических и политических факторов, влияющих на то, каким образом человек использует природу. Учитывая конечное воздействие этих факторов на целостность экосистемы, следует проводить их оценку.

Таким образом, оценки следует основывать в максимально возможной степени на комплексных критериях с точки зрения связанных с водой количественных и качественных аспектов, а также характеристик флоры и фауны. Чтобы обеспечить основу для таких оценок, следует систематически анализировать качество воды, режимы потока и уровни воды, среды обитания, биологические сообщества, балансы массы, а также источники и эволюцию загрязнителей.

Политика по ограничению загрязнения вод, нацеленная на прогнозирование, обнаружение и ограничение нагрузки отходов на водоприемники речного бассейна, оценку качества воды в речных бассейнах и обеспечение экологического функционирования водных экосистем, требует интеграции следующих элементов:

- a) физико-химического анализа воды, взвешенных частиц, отложений и организмов;
- b) биологических обследований;
- c) экотоксикологической оценки.

Комбинированное использование биологических обследований, биологического и химического анализа расширяет возможности для интерпретации причинно-следственных связей. Этот подход обеспечивает также повышение уровня экономической

эффективности стратегий оценки в сравнении с подходом, предполагающим главным образом мониторинг стремительно возрастающего числа отдельных химических веществ.

Оценка качества окружающей среды служит различным целям (например, целям оповещения, контроля или прогнозирования), а поскольку информационные потребности варьируются от определения общих показателей до получения сверхточных диагностических данных, выбор параметров и методов также зависит от них. Рекомендуется применять поэтапный подход, который в целом ведет от общих оценок к точным. В конце каждого этапа необходимо оценивать достаточность полученной информации. Такая стратегия поэтапной проверки может привести к уменьшению информационных потребностей при дальнейшем осуществлении программ мониторинга (рис. 7).

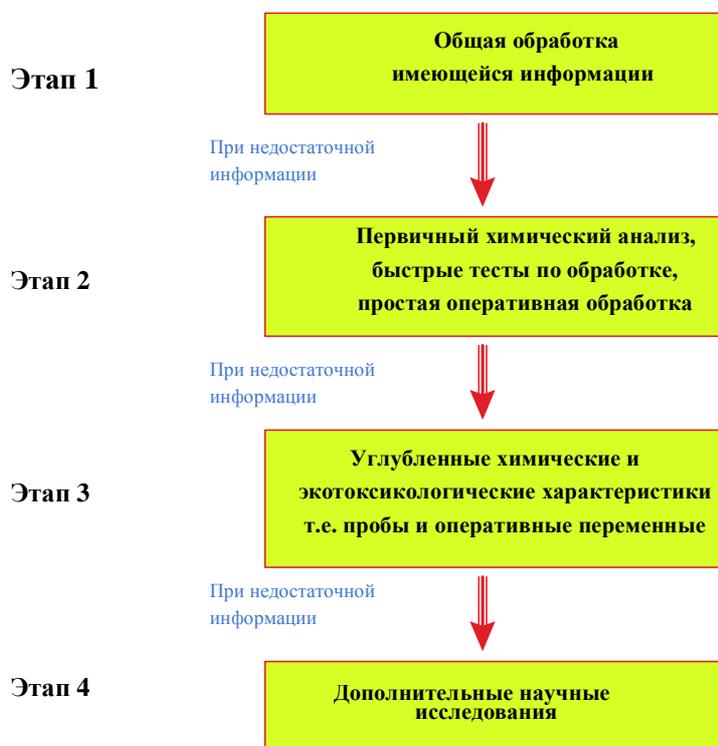


Рис. 7. Стратегия поэтапной проверки

В интересах обеспечения экономической эффективности при организации деятельности в области мониторинга обычно рекомендуется применять подход на основе принципа последовательных приближений от общего к частному и от простого к сложному.

Оценка риска может в значительной степени способствовать определению очередности действий в области мониторинга. При выборе параметров программы трансграничного мониторинга рекомендуется проводить оценку риска. В этой связи могут быть подготовлены прогнозы, касающиеся содержания в окружающей среде химических веществ, которые образуются и поступают в речные экосистемы. Исходя из соотношения между прогнозируемыми уровнями концентрации и ожидаемым вредным воздействием, эти химические вещества могут включаться в качестве параметров в программу мониторинга качества воды. Результаты оценки риска могут быть использованы для определения степени приоритетности конкретных загрязнителей на основе их физико-химических свойств и токсичности.

Оценка риска, проводимая в отношении как биологических агентов, так и химических веществ, будет также способствовать установлению приоритетов при создании систем мониторинга аспектов, касающихся здоровья человека, и/или систем раннего предупреждения в целом и при выборе соответствующих параметров мониторинга.

Модели (цифровые, аналитические или статистические) могут выполнять ряд функций в процессе мониторинга и оценки состояния трансграничных водоемов. Они могут способствовать проведению комплексной оценки трансграничного района, проверке эффективности альтернативной политики, оптимизации структуры сетей мониторинга, анализу эффективности осуществленных мер и определению воздействия на системы поверхностных вод и риска для здоровья человека и экосистем. Модели также играют важную роль в обеспечении функционирования систем раннего оповещения.

Необходимо обеспечить тщательную калибровку и проверку достоверности моделей во избежание получения ненадежных результатов. Разработка эффективных математических моделей возможна только в том случае, если применяемая методология должным образом согласована и объединена с такими элементами, как сбор и обработка данных и другие методы, используемые для оценки характеристик систем поверхностных вод.

3.3 Затратоэффективность

Эффективность и результативность мониторинга и оценки может быть повышена путем принятия следующих мер:

- конкретизация информационных потребностей и надлежащая подготовка программ мониторинга вместе с соответствующим механизмом отчетности

- комбинированное использование методов мониторинга и моделей в тех случаях, когда это целесообразно (например, корреляционные модели при оценке качества воды, кривые расхода речного потока, прогнозирование наводнений)
- выбор показателей проводимой политики и использование агрегированных параметров, параметров токсичности смесей и т.д.
- интеграция химического и биологического мониторинга (включая биоанализ), которая может повысить результативность (причинно-следственные связи) и эффективность мониторинга. В зависимости от обстоятельств применение биологических методов может оказаться менее дорогостоящим в сравнении с методами химического анализа. Однако преимущества использования биологических методов для определения проблем не исключают необходимости проведения химического анализа в диагностических целях и для установления источников загрязнения
- использование поэтапных подходов для селективной проверки состояния воды, отложений и биоты в целях получения дополнительной информации при более низких затратах.

С учетом зарегистрированных и уточненных информационных потребностей, вероятно, потребуется использование различных сетей мониторинга для достижения различных целей мониторинга. Объединение мероприятий в области мониторинга в интересах обеспечения экономической эффективности на начальном этапе цикла мониторинга может привести к завышению или занижению масштабов сетей мониторинга. Поэтому рекомендуется с самого начала разрабатывать информационную стратегию для каждой цели мониторинга или каждого элемента информационных потребностей. Вопрос об объединении усилий в области мониторинга можно рассмотреть на этапе осуществления.

Прибрежным странам следует выделять достаточные финансовые средства для осуществления мониторинга и оценки в трансграничном контексте. Эти средства должны быть предусмотрены в регулярном национальном бюджете или в регулярном бюджете совместного органа, финансируемом при надлежащем участии соответствующих сторон. К финансированию из внешних источников следует прибегать только для решения конкретных задач (например, проведения обследований, организации профессиональной подготовки).

3.4 Гидрологические данные

Мониторинг и составление карт: знание различных гидрологических явлений имеет особо важное значение для управления речным бассейном. Гидрологические характеристики играют особую роль во всех функциях и видах использования любых водоемов, однако они особенно важны для таких аспектов, как водоснабжение, качество воды, экологические функции, регулирование озер, судоходство и защита от наводнений. Во многих ситуациях информация о гидрологических изменениях и экстремальных значениях является особо важной.

Программы гидрологического мониторинга следует систематически разрабатывать на основе тесного сотрудничества между странами для районов озерных бассейнов или для районов, на которые они оказывают воздействие. Географический охват таких программ должен покрывать весь бассейн. Следует с особой тщательностью учитывать такие институциональные аспекты, как роль всех основных участников.

Все основные компоненты гидрологического цикла следует измерять с учетом временных и пространственных аспектов гидрологических процессов. Особо важное значение имеет следующее: факторы, оказывающие воздействие на водный баланс озера, следует измерять либо непосредственно, либо рассчитывать путем использования региональной оценки или уравнения водного баланса.

С точки зрения водного баланса озера, ключевыми гидрологическими переменными являются: типичный региональный уровень осадков, приток воды в озеро, уровень воды в озере, испарение с поверхности озера и отток воды из озера. Снежный покров и запасы подземных вод также являются важными факторами во многих случаях. Такие серьезные физические гидрологические явления, как перенос отложений, эрозия, температура воды и наличие льда, также могут оказывать воздействие на химические и биологические процессы в озерах.

Значительную часть гидрологических данных следует собирать в реальном масштабе времени или почти в реальном масштабе времени с тем, чтобы обеспечить эффективное управление озерами. В тех случаях, когда данные собираются в целях анализа основных гидрологических переменных, требование о сборе данных в реальном масштабе времени не является релевантным.

Программы мониторинга могут включать краткосрочные измерения и целевые кампании, а также долгосрочные наблюдения и могут поддерживаться различными видами исследовательских программ, связанных с проведением более интенсивных измерений.

Все программы гидрологического мониторинга следует на регулярной основе подвергать оценке. Должна существовать тесная координация между программами гидрологического мониторинга и другими программами мониторинга, и делать это следует с учетом процедур моделирования и оценки, а также представления отчетности.

Землепользование и другие характеристики бассейна оказывают воздействие на процесс стока, так что управление озером может значительно выгадать от использования географических информационных систем (ГИС). Основные базы данных ГИС включают границы основных речных бассейнов и их подбассейнов, а также некоторые виды землепользования и геологическую классификацию. Также важна географическая информация о фактических водоемах - реках, озерах и береговой линии.

Морфологические характеристики самого озера имеют ключевое значение. Батиметрическая карта - предпочтительно в формате системы данных - может быть использована для определения морфологических характеристик, а также для различных физических, химических и биологических исследований.

Гидрологическое моделирование и прогнозирование: моделирование гидрологического цикла речной системы является относительно конкретным процессом. Оперативная имитация и модели прогнозирования доказали свою весьма высокую эффективность при управлении дренажным бассейном, а в случае международных озер они могут играть весьма важную роль. Гидрологический мониторинг и моделирование могут обеспечить дополнительные элементы для увязывания с системами поддержки принятия решений, а также с экологическим моделированием и оценкой.

Прогнозирование уровня и потока вод следует обеспечивать на ежедневной основе для многих функций и видов использования, включая водоснабжение, судоходство, экологические функции, работы с руслом рек, эксплуатацию водохранилищ и предотвращение наводнений и защиту от них. Поскольку скорость перемещения аварийного загрязнения в речной системе в основном зависит от характеристик потока, следует предусмотреть положения для использования гидрологических прогнозов при оповещении об аварии или объявлении чрезвычайной ситуации. Прогнозирование также особо важно в периоды засухи, когда речной поток является слабым и подача воды недостаточной для удовлетворения всех различных потребностей в ней.

Прогнозирование наводнений является более интенсивным процессом и требует более частого проведения наблюдений и передачи данных. Необходима более широкая сеть наблюдательных пунктов и наличие более широкого круга информации (например, о функционировании водохранилищ, слабых местах в дамбах и чрезвычайных мерах).

Прогнозы затем могут выпускаться с большей частотой и включать такие дополнительные характеристики, как сроки и масштабы пиковых значений наводнений.

Особые вопросы: некоторые важные данные о водопользовании могут рассчитываться с использованием гидрологических наблюдений. Примеры включают потоки при заборе и сбросе промышленных или коммунально-бытовых вод, выпуски из водохранилищ и другие основные виды забора и спуска воды в озера. Такая информация может использоваться для регулирования режима озера или распределения воды в чрезвычайных ситуациях или в ходе нормального функционирования.

Защита от наводнений на международных озерах требует наличия соглашения в отношении критериев защиты от наводнений и приемлемых рисков наводнений. В данном случае следует учитывать как экономический, так и экологический ущерб. Если используется более одной системы прогнозирования, то особое внимание следует уделять сопоставимости прогнозов наводнений. Следует также согласовывать терминологию и структуру сообщений. Риск серьезного наводнения местного масштаба в случае блокирования рек льдом может являться важным фактором местного масштаба.

Условия с низким уровнем водного потока могут затруднять или препятствовать потреблению воды, а также негативно воздействовать на экологический статус водоема. Долговременные ряды данных по гидрологическим параметрам и соответствующим климатическим факторам необходимы для статистически надежной оценки условий засухи. В период засухи в дополнение к гидрологическим и метеорологическим данным может оказаться необходимым более частый обмен информацией и данными о функционировании водоема, отводе воды и видах водопользования.

Прибрежным странам следует совместно согласовывать обмен гидрологическими данными, включая сроки и процедуры передачи. Информация должна быть достаточно полной, чтобы обеспечивать требующуюся надежность гидрологических прогнозов, гидрологических оценок, управления водными ресурсами и регулирования качества воды. Важно обеспечить, чтобы все участники в каждой стране хорошо понимали свою роль. Эти меры должны также охватывать операции в чрезвычайных ситуациях.

3.5 Функционирование экосистем

Рациональное регулирование состояния водной среды должно быть направлено на поддержание или восстановление надлежащего экологического качества речных бассейнов, в которых вещества или структурные компоненты антропогенного происхождения не оказывают значительного вредного воздействия на экосистему. Следует также учитывать более далеко идущие цели, например такие, как сохранение

водных экосистем и, при наличии возможности, их восстановление до целевого уровня, отвечающего высоким экологическим требованиям.

В Рамочной водной директиве ЕС (РВД) содержится аналогичное описание понятия надлежащего состояния экосистем: "Значения показателей биологического качества типового поверхностного водоема лишь незначительно изменяются в результате антропогенной деятельности и лишь в незначительной степени отличаются от значений параметров, обычно связываемых с типовым поверхностным водоемом в естественном состоянии".

Изучение процесса функционирования речных экосистем следует вести на всей территории водосборных бассейнов. Можно проводить различия между отдельными экорегионами, причем не только на мировом уровне, но и в более мелком масштабе. Следует четко указывать, в каком экорегионе расположен конкретный речной бассейн. Следует также проводить различия между видами рек и озер с учетом их значимости для оценки.

Основные элементы экологической оценки состояния речного бассейна включают в себя аспекты биологического разнообразия и установление и описание эталонных ситуаций. Оценка должна быть тесно связана с существующими проблемами и негативными аспектами и должна основываться на репрезентативных показателях.

Следует тщательно выбирать инструменты биологической оценки с учетом внутренней - фактической или потенциальной - экологической ценности объекта, предполагаемого функционального использования речной экосистемы, а также характера и размера водотока. Биологическое состояние водного объекта можно оценивать с помощью таких факторов, как структура и функционирование биоценозов. Следует ввести понятие категории "эталонное состояние", с помощью которого можно оценивать экологическое состояние системы. Ввиду важности биотических и абиотических факторов для функционирования экосистемы в дополнение к биологической оценке следует применять методы комплексной экологической оценки.

3.6 Требования к качеству воды, предназначенной для использования человеком

В основе устойчивого использования речного бассейна человеком должен лежать многофункциональный подход к водохозяйственной деятельности. При различных видах водопользования могут предъявляться конкретные требования к качеству воды (критерии, целевые показатели, задачи в области качества воды). Следует определить, как влияют на эти требования проблемы и факторы, представляющие опасность. Это предопределяет конкретные информационные потребности для проведения оценки качества воды в целях

ее устойчивого использования и обеспечения охраны здоровья человека и его безопасности.

Предварительные исследования следует нацеливать на выявление конкретных проблем речного бассейна и обеспечение максимально эффективной и продуктивной организации мониторинга. Кадастры и углубленные обследования должны обеспечить соответствующую справочную информацию об использовании воды, возможном присутствии не наблюдавшихся ранее загрязнителей, их токсикологической значимости, а также временной и пространственной изменчивости загрязнителей. Прибрежные страны должны согласовать критерии и целевые показатели качества воды для конкретных видов водопользования.

Следует выбирать подходящие параметры, которые могут служить индикаторами в связи с выявленными проблемами или видами использования ресурсов реки человеком. В соответствующих случаях можно использовать агрегированные параметры. Конкретные химические параметры включаются в программы мониторинга, если они являются предметом особого беспокойства в речном бассейне.

Загрязнители могут встречаться в ряде различных сред, в том числе в виде взвешенных веществ, отложений и организмах, а также собственно в воде. Необходимо установить соответствующие среды для наблюдения за параметрами с учетом следующих критериев:

- распределение загрязнителей между различными средами
- существующие целевые показатели и стандарты для конкретных сред
- возможности точного обнаружения веществ в различных средах.

Мониторинг и оценку качества наносов рекомендуется осуществлять в том случае, если загрязненные отложения могут причинить вред здоровью человека и состоянию окружающей среды и если планируется проводить дноуглубительные работы. Проблемы качества отложений возникают, в частности, в зонах наносообразования (например, в водохранилищах, пойменных равнинах, портах, озерах, низовьях и устьях рек) и речных бассейнов со значительным уровнем загрязнения, а также при береговой фильтрации (например, при производстве питьевой воды), когда вода проходит через загрязненные отложения. Следует заблаговременно вести наблюдение за отложениями, которые будут извлекаться при дноуглубительных работах.

3.7 Системы раннего оповещения

Способность обеспечивать раннее оповещение является важным не только для озер. Как подчеркивалось в других местах, важно учитывать при рассмотрении подобных вопросов речной бассейн в целом. Последствия аварий, такие, как разливы нефти в одной части речного бассейна, неизбежно распространяются вниз по течению и в итоге в море. Поэтому рекомендуется создавать системы раннего оповещения, охватывающие аварии и другие чрезвычайные ситуации, для всего речного бассейна, когда с помощью чрезвычайных мер можно потенциально предотвратить аварийное загрязнение независимо от вида использования воды (например, водозабор). В системах раннего оповещения, создаваемых в речном бассейне, можно выделить четыре основных элемента:

- системы оповещения о возникновении чрезвычайных ситуаций
- выявление опасности путем использования базы данных
- использование моделей при чрезвычайных ситуациях
- локальный скрининг качества речной воды.

Прежде чем создавать системы раннего оповещения, следует четко определить с помощью кадастра потенциальных источников аварийного загрязнения и имеющихся данных о выбросах в верхней части речного бассейна, какие загрязнители могут попасть в окружающую среду в случае аварии. При анализе рисков следует обращать особое внимание на основные факторы риска для функций и видов использования ресурсов реки. В рамках такого кадастра и анализа риска следует указывать приоритетные загрязнители, в отношении которых должно производиться раннее оповещение в данном речном бассейне.

При создании системы раннего оповещения в речном бассейне в качестве первого шага рекомендуется ввести в действие систему оповещения о возникновении чрезвычайных ситуаций в результате аварий, охватывающую такие аспекты, как:

- создание сети международных центров предупреждения об опасности в речном бассейне, которые могли бы принимать и незамедлительно обрабатывать в течение суток сообщения национальных и региональных органов о возникновении чрезвычайных ситуаций
- соглашения по международным процедурам предупреждения об опасности
- наличие надежной международной системы связи, через которую сообщения о чрезвычайных ситуациях направляются в центры предупреждения об опасности прибрежных стран.

Первоначальное обнаружение высоких концентраций загрязнителей или токсичного воздействия на участках реки можно производить путем регулярного (например, ежедневного) анализа речной воды в близлежащих лабораториях. При необходимости проведения частых измерений и/или быстрого реагирования на станциях раннего оповещения может устанавливаться автоматическое оборудование для проведения измерений на месте.

Существует широкий круг конкретных индикативных параметров мониторинга, пригодных для целей раннего оповещения, и их необходимо выбирать с учетом следующих элементов:

- возникновение чрезвычайных ситуаций, связанных с загрязнителями, в прошлом (часто встречающиеся в данной местности вещества с высокой степенью риска)
- параметры, указывающие на характерные для данного речного бассейна проблемы (например, растворенный кислород, pH)
- наличие дополнительных потребностей в обнаружении конкретных микрозагрязнителей (тяжелые металлы, пестициды) с использованием передовых технологий.

Выбор параметров для систем раннего оповещения также зависит от наличия оборудования для измерений, производимых на месте, и соображений экономической целесообразности ввиду высоких инвестиционных затрат и значительных расходов на эксплуатацию и ремонтно-техническое обслуживание автоматического измерительного оборудования. Острое токсическое воздействие можно установить с помощью биологических систем, которые предполагают использование с этой целью видов, относящихся к различным трофическим уровням и отличающихся своими функциями.

Любые потенциальные загрязнители, которые нередко присутствуют в речных бассейнах в опасных концентрациях и могут препятствовать использованию воды в различных целях, следует рассматривать в качестве целевых для систем раннего оповещения. Такие простые индикативные параметры, как содержание растворенного кислорода, pH или наличие нефтепроизводных веществ, можно периодически измерять с помощью устанавливаемых на месте автоматических датчиков. Если необходимо выявить конкретные проблемные микрозагрязнители (например, пестициды), то можно использовать самые современные аналитические системы, однако использование этих методов сопряжено с высокими инвестиционными и эксплуатационными затратами и расходами на техническое обслуживание. Токсикологическое воздействие на организмы

на различных трофических уровнях можно измерять с помощью автоматических биологических систем раннего оповещения.

Системы раннего оповещения должны обеспечивать наличие достаточного времени для принятия срочных мер. Поэтому место размещения станции раннего оповещения должно определяться с учетом соотношения между временем реагирования (временным интервалом между моментом взятия пробы и объявлением тревоги) и временем переноса шлейфа загрязнения в реке от станции оповещения до места использования воды (например, места забора воды для производства питьевой воды). Для степени растворения загрязнителей решающее значение имеют сбросы, производимые выше по течению. Кроме того, выбор места отбора проб, должен осуществляться таким образом, чтобы обеспечить учет всех загрязнителей, присутствующих в воде.

Периодичность измерений следует определять на основе ожидаемого размера шлейфов загрязнителей, с тем чтобы обеспечить учет всех загрязнителей, оказывающих значительное воздействие. Дисперсия шлейфа между местом сброса и местом отбора проб определяется расходом воды в реке. Кроме того, отбор проб должен осуществляться с такой периодичностью, которая обеспечивала бы достаточное время для принятия мер в случае возникновения чрезвычайной ситуации. После обнаружения первых признаков аварийного загрязнения рекомендуется производить дополнительный и более интенсивный отбор проб.

3.8 Сточные воды и нагрузки

Согласно Конвенции сброс сточных вод должен производиться с разрешения компетентных национальных органов, а разрешенные сбросы должны подвергаться мониторингу и контролю в целях охраны трансграничных вод от загрязнения из точечных источников. Предельные нормы для сбросов опасных веществ должны определяться на основе наилучших имеющихся технологий. Более строгие требования вводятся в том случае, если это диктуется качеством воды принимающего водоема.

Отмечается рост интереса к мониторингу новых химических веществ с низкими уровнями концентрации, что обусловлено следующими факторами:

- увеличением числа химических веществ, которые необходимо учитывать при оценке воздействия, выдаче разрешений и в процессе мониторинга
- углублением знаний о неблагоприятном воздействии загрязнителей с крайне низкими уровнями концентрации на здоровье человека и биоту

- общим уменьшением концентраций отдельных химических веществ в сточных водах в результате сокращения уровня загрязнения окружающей среды промышленными предприятиями и повышения качества очистки сточных вод
- стремительным ростом числа имеющихся химических и экотоксикологических методов анализа.

Нередко отсутствует информация и по микробиологическим параметрам.

В результате этого методы мониторинга, основывающиеся исключительно на анализе качества вод в окружающей среде, не удовлетворяют существующим требованиям. По этой причине административный контроль за сбросом опасных веществ является важным средством учета факторов риска в рамках деятельности по ограничению загрязнения вод.

Целями оценки сточных вод являются:

- скрининг сточных вод при подготовке разрешений на сбросы
- контроль за выполнением требований, предусмотренных в утвержденных разрешениях на сбросы (на тех, кто производит сбросы часто возлагается обязанность производить мониторинг самостоятельно)
- проверка соблюдения предельных уровней сбросов и установление платы за фактически сбрасываемые сточные воды (соответствующие органы должны производить инспекции в целях обеспечения выполнения предписаний и контроля)
- оценка нагрузки, сравнение достигнутого уменьшения загрязнения с планируемым или оценка восстановительных мероприятий, получение сведений о реагировании водоприемника на уменьшение нагрузки
- раннее оповещение о технологических нарушениях в производственном процессе или об аварийных разливах загрязнителей.

Стратегия оценки сточных вод зависит от установленных целей, характеристик сброса, числа сбрасываемых веществ, сложности состава сбрасываемой смеси и нерегулярности сбросов. Непрерывный мониторинг рекомендуется проводить в интересах раннего оповещения о крупных сбросах загрязнителей или при осуществлении краткосрочных обследований с целью изучения проблемы изменчивости сбрасываемых сточных вод. В отраслях промышленности с высокой степенью риска следует использовать автоматическую систему раннего оповещения о сточных водах, устанавливаемую в месте их сброса, если существует серьезная угроза аварийного загрязнения реки и если такая система может предотвратить непосредственную опасность для функций реки в результате оперативного осуществления корректирующих мер.

Оценки нагрузок загрязнения используются для анализа общего объема загрязнителей, поступающих в реку, и нагрузки загрязнения этой реки на водоприемники (озера, водохранилища, моря). Прибрежные страны могут согласовать целевые показатели сокращения уровней загрязнения в течение конкретных сроков. В ходе оценки основное внимание будет уделяться долгосрочным изменениям нагрузки загрязнения, а также осуществлению мер, принимаемых с целью сокращения нагрузки загрязнения. В рамках этих оценок следует учитывать загрязнение от всех источников, что позволит определить относительный вклад разных источников в общую нагрузку загрязнения в различных странах. По этой причине следует также составлять кадастры и проводить оценку нагрузок загрязнения в реке и общей нагрузки загрязнения из точечных и диффузных источников. Оценки нагрузок загрязнения в речном бассейне основываются на данных мониторинга качества воды (данных о концентрации загрязнителей) и результатах гидрологических наблюдений (речной расход).

Необходимо осуществлять сбор данных о долгосрочных нагрузках, в том числе об их годовых значениях. Для этого требуется учитывать и объединять показатели водосброса и данные о концентрации загрязнителей в течение всего соответствующего периода. Концентрация загрязнителей и показатели водосброса варьируются с течением времени под воздействием таких факторов, как характер загрязнителей и их источников, механизмы переноса загрязнителей в реках, гидрологическая система реки и повторяемость экстремальных режимов потока.

Для оценки нагрузок диффузного загрязнения рекомендуется использовать простые и транспарентные методы. Впоследствии полученные грубые оценки могут при необходимости уточняться. В интересах сопоставимости данных крайне важно, чтобы прибрежные страны тщательно регистрировали полученные результаты и обеспечивали транспарентность выбираемых ими мер. Сначала необходимо определить основные источники диффузного загрязнения и отдельные вещества, а также каналы поступления этих веществ в реку.

Выбор параметров мониторинга следует основывать на вероятности попадания конкретных загрязнителей в сбросы сточных вод исходя из их использования или присутствия в производственных процессах или их наличия в используемых сырьевых материалах. Периодичность и методы взятия проб в отношении сбросов следует основывать на количествах стоков, учитывая также их периодичность. Статистическая значимость и точность, требующиеся для достижения конкретных целей, таких, как проверка соблюдения или расчет нагрузок, могут обеспечить основу для принятия решения о выборе периодичности и методах взятия проб.

3.9 Практическое осуществление программ мониторинга

Соображения относительно локальной репрезентативности мест отбора проб должны основываться на результатах предварительных обследований с учетом гидрологических и морфологических характеристик. В целом выбор участков взятия проб в речном бассейне должен быть основан на их репрезентативности по отношению к соответствующему водоему.

В трансграничных озерах отбор проб по возможности следует осуществлять на границах или вблизи от них. Отбор проб у источников и на основных притоках выше по течению от озера имеет важное значение для отражения вклада различных притоков. Следует тщательно подходить к отбору части озера, подвергающейся мониторингу, и проверке его результатов.

В тех случаях, когда будет использоваться сочетание количественных и качественных данных, следует по мере возможности использовать одни и те же места для проведения гидрологических измерений и для взятия проб качества воды. Использование различных мест допустимо лишь в тех случаях, когда зависимость между гидрологическими характеристиками обоих участков является совершенно недвусмысленной.

Количественные и качественные характеристики воды, характеристики отложений и биота различаются как в пространственном, так и во временном отношении. Цели мониторинга в значительной степени определяют выбор временных масштабов. Периодичность и методы взятия проб следует определять на основе временных и пространственных переменных факторов, а также целей мониторинга. Для повышения затратоэффективности и сопоставимости результатов рекомендуется производить совместные измерения.

Контроль качества следует осуществлять на национальном уровне, с тем чтобы обеспечить соблюдение учреждениями, участвующими в программах мониторинга, стандартов точности и тщательности. Межлабораторное тестирование на уровне всего речного бассейна является жизненно важным для обеспечения сопоставимости данных, когда речь идет о трансграничных водоемах.

Выбор участков мониторинга качества воды в озере является более сложным. Сеть взятия проб должна быть спланирована с использованием батиметрической карты и соответствующей информации о течениях, преобладающих в озере. Также должно быть известно точное расположение мест поступления сточных вод и других возможных

источников факторов нагрузки. Участки взятия проб обычно располагаются в самых глубоких частях озера, с тем чтобы позволить взятие проб из различных слоев воды.

Число участков взятия проб зависит от общей площади озера и возможного наличия не сообщающихся друг с другом глубоководных участков. Также следует учитывать общее состояние озера. Должен проводиться мониторинг крупных сбросов с использованием сети взятия проб, с тем чтобы воздействие нагрузки также подвергалось оценке в качестве функции от расстояния. В дополнение к взятию проб с глубоких участков необходимы также данные о донных районах озера вблизи от береговой линии. Взятие проб фитопланктона, макрофитов, донной фауны и рыбы должно планироваться для подкрепления наблюдений физических и химических характеристик, а также одновременных гидрологических наблюдений.

Периодичность мониторинга должна выбираться с учетом изменчивости параметров в результате воздействия как природных, так и антропогенных условий. Сроки проведения мониторинга следует определять таким образом, чтобы сводить к минимуму воздействие сезонных колебаний на его результаты, обеспечивая таким образом отражение изменений в водоеме, вызванных факторами антропогенной нагрузки.

В целом переменные параметры для мониторинга выбираются исходя из их полезности в качестве индикаторов, их наличия и любых вредных характеристик. Переменные параметры должны отражать функции и проблемы, существующие в речных бассейнах. В целях обеспечения эффективности число переменных параметров следует ограничивать путем использования только таких переменных параметров, которые характерны для четко определенных видов использования. Дополнительная ценность любого другого переменного параметра должна оцениваться исходя из затратоэффективности.

Необходимость получения информации, интегрированной и дифференцированной по времени и пространству, должна оказывать воздействие на выбор методов измерений и взятия проб воды, отложений и биоты. Могут быть использованы различные альтернативные методы, включая черпаковые пробы, комплексное глубинное взятие проб, пропорциональные составные пробы и пространственные составные пробы. Для всех методов взятия проб должны составляться протоколы, обеспечивающие сопоставимость результатов и предотвращающие загрязнение проб.

Для избежания изменений, возникающих в пробах в ходе транспортировки и хранения до проведения анализа, следует уделять достаточное внимание тщательности обращения и быстрому анализу. Аналитические и биологические методы и экотоксикологические тесты должны быть хорошо проверены, описаны и

стандартизованы, а также быть в достаточной степени избирательными и тщательными. Требуемая чувствительность, тщательность и точность аналитических методов будет зависеть от допусков, определенных для использования информации.

3.10 Особые аспекты, связанные с озерами

В географическом отношении озера распределены по территории Европы весьма неравномерно. В некоторых странах или регионах насчитываются сотни тысяч озер и прудов, а также десятки озер площадью более 100 кв. км - особенно в России (в частности, в Карелии и на северо-западе Кольского полуострова), Норвегии, Швеции и Финляндии - тогда как в других странах имеется лишь небольшое число малых озер и отсутствуют крупные озера.

В некоторых странах водохранилища являются наиболее распространенным типом водоема. Искусственные водохранилища могут напоминать многими своими чертами естественные озера, однако главным критическим различием является то, что водохранилище всегда создается для конкретного вида использования. Наиболее общими целями создания водохранилищ являются водоснабжение, орошение и выработка гидроэлектроэнергии. Основная идея обычно состоит в накоплении воды, задержании ее стока с влажного периода до засушливого, когда возрастает спрос на воду. В южной части Европы, где засухи могут длиться многие годы, некоторые водохранилища предназначены для хранения воды объемом до трех или четырех среднегодовых стоков.

Общие объемы и сроки нахождения воды в озерах являются весьма различными. Обычно средняя глубина озер является довольно небольшой, за исключением некоторых горных районов, где максимальная глубина может достигать нескольких сотен метров. Во многих европейских странах общее количество ресурсов пресной воды, содержащихся в озерах, является чрезвычайно ограниченным, особенно в сравнении с общей численностью населения в соответствующих водосборных бассейнах. В таких районах внешнее давление из различных источников на количество и особенно качество озерной воды является чрезвычайно серьезным.

Озера отличаются от рек как экосистемы во многих отношениях, в том числе по их гидрологическим характеристикам, температурным режимам, соотношению первичного продуцирования/разложения, скорости отложения и его состава, а также стабильности некоторых явлений. Озера являются почти закрытыми системами. Вещества, попавшие в озеро, могут становиться постоянно включенными в проходящие в нем циклические процессы, причем лишь небольшая доля общей нагрузки будет удаляться в зависимости от темпов пополнения воды. Реки являются открытыми системами, в которых вещества более или менее постоянно переносятся вниз по течению. Эти факторы следует

тщательно учитывать при планировании и осуществлении программ мониторинга для озер.

На многих участках рек с быстрым течением качество воды является весьма однородным, и сбросы, поступающие в реки, могут очень быстро разбавляться естественной речной водой. Однако в озерах сточные воды могут проникать через глубинные слои воды в ходе периодов стратификации на значительные расстояния без какого-либо реального перемешивания. Более тяжелые промышленные стоки могут поражать значительные площади донных отложений и их биоту. Концентрации многих загрязнителей в поверхностных водах и в придонном слое могут отличаться друг от друга в десятки или даже сотни раз.

Температура воды в реках весьма тесно следует изменениям температуры воздуха. В глубоких озерах при взятии проб должно учитываться сезонное вертикальное распределение температуры. Многие озера в северной части Европы являются димиктическими, т.е. вся водная масса перемешивается лишь дважды в год - весной и осенью. В течение лета температурная стратификация является явно выраженной во всех глубоких озерах. В верхнем слое воды температура выше и может быть равной температуре воды в местных реках в то же время. Этот теплый слой именуется эпилимнионом. Более глубокие слои озерной воды могут сохранять более холодную температуру (5-10°C) в течение всего периода стратификации. Этот холодный придонный слой именуется гиполимнионом и является весьма важным с точки зрения мониторинга, поскольку во многих случаях первые проявления проблем загрязнения лучше всего отслеживаются именно в гиполимнионе.

Доминирующим биологическим процессом в реках является разложение органического вещества, а первичное продуцирование имеет значительно менее важное значение. И наоборот, в глубоких озерах с четко выраженной термальной стратификацией доминирующим биологическим явлением в эпилимнионе в течение летнего периода является первичное продуцирование. В гиполимнионе первичное продуцирование обычно не может быть обнаружено, и доминирующим процессом является разложение органического вещества бактериями.

Отложение - также весьма важный процесс в озерах, и он играет доминирующую роль в биогенных циклах и соответственно также в процессе эвтрофикации. Зоны отложения должны выявляться до начала осуществления программы мониторинга.

Время нахождения также оказывает значительное воздействие как на эвтрофикацию, так и на степень восстановления загрязненных озер.

Состояние европейских озер весьма различно. Во многих отдаленных районах с низкой плотностью населения, включая многие части скандинавских стран, состояние озер и пригодность озерной воды для использования могут оставаться на отличном уровне. Любые отличия от естественного состояния столь незначительны, что не могут быть обнаружены посредством обычных методов мониторинга. Однако в других регионах, имеющих давнюю историю загрязнения воды, все первоначальные природные структуры и характеристики биотопов были полностью уничтожены. В этих случаях существует весьма малая надежда на то, что когда-либо удастся восстановить первоначальные характеристики таких озер.

Главными проблемами, наиболее широко воздействующими на озера и их экологическое состояние и пригодность для использования людьми в различных целях, были перечислены Премацци и Чиаудани (1992 год):

- чрезмерное поступление биогенных веществ и органического вещества, приводящее к эвтрофикации
- гидрологические и физические изменения, как, например, стабилизация уровня воды
- рост заиления, вызванный неадекватной борьбой с эрозией почв на сельскохозяйственных землях
- подкисление из атмосферных источников
- загрязнение металлами и органическими микрозагрязнителями
- интродукция экзотических видов

В частности, в северной Европе относительно высокие концентрации гумусовых веществ в озерной воде могут вызывать особые проблемы, которые следует учитывать при подготовке программ мониторинга для гумусовых озер и особенно при оценке данных мониторинга. Высокие концентрации гумуса в таких озерах оказывают воздействие как на интенсивность первичного продуцирования в эпилимнионе, так и на кислородный баланс.

4. УПРАВЛЕНИЕ ДАННЫМИ И ИХ КАЧЕСТВОМ

Данные, получаемые в рамках программ мониторинга, должны быть аттестованы и архивированы и быть доступными. Цель деятельности по управлению данными заключается в преобразовании данных в информацию, которая будет удовлетворять

конкретным информационным потребностям и сопутствующим целям в области мониторинга. Комбинированное использование данных, получаемых из широкого круга источников, предъявляет высокие требования к обмену данными и применяемой системе управления данными.

Для обеспечения эффективного использования в будущем собираемых данных необходимо до их надлежащего использования осуществить мероприятия по управлению данными, включающие четыре этапа:

- Данные должны быть проанализированы, интерпретированы и преобразованы в заранее определенные формы представления информации с использованием надлежащих методов анализа данных.
- Данные должны быть аттестованы или утверждены до открытия к ним доступа для пользователей или до их помещения в архив данных.
- Информация должна направляться тем, кто нуждается в ней для принятия решений, оценки методов управления или проведения углубленного исследования. Кроме того, информация должна быть доступной для общественности и представляться в форме, отвечающей потребностям различных целевых групп.
- Данные, необходимые для будущего использования, должны помещаться на хранение, и следует облегчать обмен ими не только на уровне самого органа, занимающегося мониторингом, но и на всех иных соответствующих уровнях (международном, в масштабах региона ЕЭК, на уровне бассейна реки и т.д.).

Первое архивирование данных мониторинга происходит, как правило, в самом органе, осуществляющем мониторинг. Согласно Конвенции, трансграничное сотрудничество должно включать обмен данными. Для обеспечения сопоставимости данных следует заключать строгие и четкие соглашения о кодировании как данных, так и метаинформации. Когда речь идет о хранении данных, следует уделять внимание таким аспектам, как стандартизированные пакеты программного обеспечения для управления данными и форматы хранения данных в целях расширения возможностей для обмена ими. Кроме того, облегчить обмен данными могут рамочные соглашения о доступности и распространении данных. Необходимо согласовать и совместно разработать словарь данных, содержащих эту информацию, а также соглашения об определениях терминов, используемых для обмена информацией или данными.

В дополнение к контролю качества отдельных процедур, например для отбора проб, измерений, анализа, аттестация данных должна стать неотъемлемой частью процесса

обработки данных. Регулярный контроль вновь получаемых данных должен включать в себя обнаружение резко выделяющихся значений, недостающих величин или иных очевидных ошибок. Только после того как данные были тщательно проверены и в них были внесены необходимые исправления и добавления, эти данные можно утвердить и открыть к ним доступ. Для того чтобы данные можно было использовать в будущем, их следует хранить таким образом, чтобы они были доступны и были полными с точки зрения всех условий и параметров сбора и анализа данных.

Кроме того, необходимо хранить достаточный объем вторичных данных или "метаинформации", которые необходимы для интерпретации данных. Как правило, хранится информация о характеристиках, касающихся времени и места отбора проб, вида проб, предварительной обработки и аналитических методов. Если мониторинг осуществляется не в воде, а в иных средах (например, взвешенные твердые частицы или биота), то должна регистрироваться такая соответствующая метаинформация, как данные об общем количестве веществ в различных средах и распределении частиц по размеру.

Данные, необходимые для оценки экологического состояния водоема или для расчета нагрузок, нередко собираются в рамках программ мониторинга, осуществляемых различными лабораториями или учреждениями. Помимо данных мониторинга, для соответствующих оценок необходимо использовать дополнительные данные, получаемые из других источников. Особое внимание следует уделять аттестации и контролю качества процесса сбора данных из этих многочисленных источников. Требуется использовать средства программного обеспечения для объединения данных.

Географическая информационная система (ГИС) является одним из важнейших средств комплексной интерпретации данных вместе с другой информацией (например, картами, спутниковыми снимками, данными о землепользовании и т.д.), необходимой для оценки количественных и качественных характеристик вод, а также в случае аварийного загрязнения, наводнений и т.д. Такое решение позволяет использовать внешние модели, предоставлять контролируемый доступ к этой системе широкому кругу пользователей информации и адаптировать сообщения с учетом потребностей получателей информации.

Интеграция данных, поступающих из различных учреждений или источников, в рамках единой системы сопряжена с определенными сложностями. Следует обеспечить необходимое согласование баз данных. Следует использовать стандартизованные интерфейсы с целью взаимосвязи баз данных и обеспечения интеграции с ГИС. Для интеграции с ГИС и моделями следует использовать по возможности реляционные базы данных. Обработка данных на основе взаимопризнанных и совместных стандартов обеспечит сопоставимость оценок и представляемой отчетности даже в тех случаях, когда в прибрежных странах используются различные средства программного обеспечения.

Преобразование данных в информацию предполагает анализ и интерпретацию данных. Анализ данных должен быть предусмотрен в протоколе об анализе данных (ПАД), в котором четко определяется стратегия анализа данных и учитываются конкретные характеристики соответствующих данных, например недостающие данные, пределы обнаружения, проверенные данные, резко выделяющиеся значения, аномалии и корреляция рядов. Хотя принятие ПАД предоставляет организации или стране, занимающейся сбором данных, возможность проявлять определенную гибкость в ходе осуществления процедур анализа данных, оно предполагает документирование этих процедур. Как правило, данные будут храниться в компьютерах, и при анализе данных, который является в большинстве случаев одним из видов статистических операций, можно использовать типовые пакеты программного обеспечения. Для проведения стандартного автоматического анализа данных рекомендуется использовать специально программное обеспечение.

В целях обеспечения международного хранения данных можно рассмотреть вопрос о создании централизованной системы. Решение этой задачи можно было бы поручить какому-либо совместному органу, в состав которого входили бы представители национальных органов соответствующих прибрежных стран. В ходе этой деятельности можно было бы использовать рекомендации и средства, разработанные в рамках ЕВРОВОТЕРНЕТ.

Цели в области управления качеством при проведении мониторинга и оценки можно выразить понятиями "эффективность" и "действенность". Под эффективностью понимается степень, в которой информация, полученная в рамках системы мониторинга и оценки, удовлетворяет информационные потребности. Действенность подразумевает получение информации с минимально возможными финансовыми затратами и затратами на персонал. Отслеживаемость как одна из целей в области управления качеством связана с определением и документированием процессов и операций, которые позволяют собирать информацию, а также того, каким образом достигаются соответствующие результаты.

Политика в области обеспечения качества определяет необходимый уровень качества. Совместные органы должны разрабатывать политику в области обеспечения качества и, тем самым, установить необходимые предварительные условия для управления качеством. Все организации, участвующие в деятельности по управлению качеством, должны взять на себя соответствующие обязательства. Деятельность по достижению необходимого уровня качества требует осуществления капиталовложений в систему обеспечения качества и в подготовку персонала. Поэтому управление качеством может быть эффективным лишь тогда, когда к этому будут стремиться руководители

компетентных организаций, осуществляющих мониторинг, и когда они будут выделять на эти цели достаточные финансовые средства.

Важное значение, особенно в контексте трансграничного сотрудничества, имеют соглашения о подготовке информации и обмене ею. Система управления качеством способствует заключению таких соглашений, поскольку она предусматривает описание процедур, которые будут осуществляться, и формирует основу для сотрудничества между прибрежными странами. Поэтому совместные органы должны признавать необходимость системы управления качеством, хотя такая система управления качеством должна распространяться только на те виды деятельности, которые пока еще не охвачены существующими системами управления качеством в прибрежных странах.

В рамках системы обеспечения качества должны документироваться соответствующие мероприятия, взаимосвязи между ними и соответствующие продукты в форме процедур и протоколов по каждому элементу цикла мониторинга. Кроме того, в рамках системы обеспечения качества должны также документироваться функции по выполнению отдельных процедур. При разработке процедур особое внимание следует уделять таким функциям при принятии решений, как утверждение стратегий мониторинга и оценки или приемлемости проб для лабораторного анализа. В процедуры и протоколы следует включать описание того, какую документацию необходимо подготавливать по конкретному процессу, например документацию о потере сосудов с пробами или о погодных условиях при отборе проб. На периодической основе следует проверять соблюдение установленных процедур, при этом важнейшее значение имеет оценка эффективности процедур.

В целях конкретизации информационных потребностей прибрежные страны должны разработать и согласовать протоколы, которые будут содержать определения стратегий мониторинга и оценки, программ мониторинга, измерений в полевых условиях и отбора, транспортировки и хранения проб, лабораторного анализа, а также процесса обработки (аттестации, хранения) и анализа данных и обмена ими и представления соответствующей отчетности. Эти протоколы являются практическими этапами процесса, в рамках которого недостаточный контроль качества может привести к получению недостоверных данных. Путем соблюдения таких протоколов можно выявлять и сводить к минимуму ошибки.

При проведении полевых измерений и отборе проб (например, по таким параметрам, как уровень воды, характеристики речного потока, прозрачность воды, температура) особое внимание следует уделять протоколам с описанием осуществляемых в полевых условиях мероприятий, поскольку такие измерения невозможно будет воспроизвести в

будущем. В этих протоколах необходимо документировать условия, в которых осуществлялись отбор проб и измерения.

Требования ко всем соответствующим информационным продуктам должны быть ясно определены и задокументированы. В системах управления качеством описывается, каким образом эти требования интегрируются в процессы и как следует поступать в случае невыполнения этих требований. В рамках системы управления качеством излагаются стандартные требования в отношении периодически представляемых информационных продуктов. Если данные мониторинга используются в качестве входной информации для моделей и их представления с помощью средств ГИС, такие данные должны быть пригодны для этой цели.

Необходимо использовать стандарты в отношении методов и способов, касающихся, в частности, измерений и отбора, транспортировки и хранения проб, лабораторного анализа, обработки данных, обращения с данными (включая аттестацию и хранение) и обмена ими, методов расчета и статистических методов. Предпочтительнее использовать международные стандарты. Если международные стандарты отсутствуют или по той или иной причине использование какого-либо международного стандарта нецелесообразно, то следует применять национальные стандарты, а если таковые отсутствуют, то необходимо их разработать. Стандарты, используемые в прибрежных странах, необязательно должны совпадать, но они должны быть сопоставимыми друг с другом в интересах обмена информацией. Совместные органы должны согласовывать стандарты, которые будут использоваться прибрежными странами.

5. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ

Представление данных является конечным этапом процесса сбора информации и увязывает этот процесс с пользователями информации. В этой связи основной вопрос заключается в представлении интерпретированных данных. Методы представления этой информации в значительной степени зависят от того, на каких пользователей она рассчитана.

Сообщения следует подготавливать на регулярной основе. Их необязательно направлять в документальной форме; они могут представляться в любой иной форме, например устной или цифровой. Содержание сообщения, которое может включать в себя как анализ соответствующих данных, так и краткий обзор сделанных выводов, его периодичность и уровень детализации зависят от сферы использования информации. Например, подробные сообщения чаще будут требоваться техническим экспертам, чем директивным органам.

Представление данных должно быть увязано с потребностями тех, кто запрашивает информацию. Государственные органы, включая совместные органы, обычно запрашивают информацию на основе официальной процедуры. В этом случае содержание и периодичность представления сообщений определяются в протоколах о представлении информации. Такие сообщения обычно представляются в письменном виде с целью обеспечения однозначного понимания передаваемой информации.

Кроме того, государственные органы могут направлять специальные запросы о представлении информации, которая не была заранее определена в протоколах о представлении информации, но относится к конкретным актуальным вопросам в области управления водохозяйственной деятельностью. Такая отчетность должна представляться в соответствии со строгими требованиями в отношении сроков направления ответов и гибкости.

Информация, направляемая физическим лицам или природоохранным группам или организациям, сообщается, как правило, в ответ на специальные запросы о представлении информации, и соответствующие процедуры практически невозможно заранее определить в протоколах о представлении информации. Рекомендации по этим вопросам содержатся в Орхусской конвенции и в Руководящих принципах участия общественности в управлении водохозяйственной деятельностью. Доступу общественности к соответствующей информации особое внимание уделяется в Конвенции о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (1998 год). Широкое распространение информации об успехах в управлении водными ресурсами усилит государственную и общественную поддержку таких мер.

Сообщения о качестве окружающей среды или сообщения об экологических показателях должны содержать краткую информацию, предназначенную для использования в процессе принятия решений в области управления водохозяйственной деятельностью. Как правило, сообщения о качестве окружающей среды содержат информацию о функциях водного объекта и описание существующих проблем и их воздействия на водный объект и позволяют понять последствия мер по исправлению положения. Значимость сообщения о качестве окружающей среды для процесса принятия решений существенно возрастает в том случае, если в нем будут содержаться показатели, упрощающие понимание существующих проблем, и использоваться средства, позволяющие наглядно представить сложившуюся ситуацию.

Стандартизацию сообщений рекомендуется осуществлять по каждому речному бассейну и на международном уровне (например, на уровне региона ЕЭК). Желательно также подготавливать совместные сообщения о качестве окружающей среды речных

бассейнов. Для подготовки достоверных сообщений стран, являющихся Сторонами Конвенции, с описанием состояния речных бассейнов с точки зрения их безопасного использования и функционирования экосистем потребуются повышение степени сопоставимости данных (т.е. стандартизация лабораторных анализов) и разработка ПАД.

ПАД следует расширить до формата представления итоговой информации. Протокол о представлении информации может способствовать определению различных характеристик для каждого вида использования данных или каждой группы пользователей, а также устанавливать формат сообщений, периодичность их публикации, предполагаемую группу пользователей, процедуры распространения и типы подлежащих подготовке и представлению выводов. Информацию всегда следует увязывать с информационными потребностями и связанными с ними целями мониторинга.

Рекомендуется представлять годовые сообщения о состоянии каждого речного бассейна для сосредоточения внимания на связи между реакцией на меры проводимой политики и состоянием вызывающего озабоченность водного объекта. Рекомендуется также представлять (например, один раз в три года) сообщения по всем параметрам Конвенции, которые охватывали бы все водосборные районы Сторон Конвенции, для активизации оценки прогресса в области осуществления Конвенции, стимулирования выполнения ее участниками своих обязательств и доведения достигнутых результатов до сведения общественности.

Необходимо обобщить национальные и международные обязательства по представлению отчетности, с тем чтобы обеспечить выполнение всех требований по представлению отчетности, изложенных в водохозяйственном законодательстве. База данных об обязательствах по представлению отчетности, разработанная Европейским агентством по окружающей среде, содержит обзорную информацию о многих международных обязательствах по представлению отчетности. Эту базу данных можно дополнить информацией об обязательствах по представлению отчетности, содержащихся в национальном и двустороннем или многостороннем законодательстве.

Интернет обеспечивает широкие возможности для представления информации и обмена ею и может использоваться для информирования и привлечения внимания общественности. Должностные лица зачастую с осторожностью сообщают экологическую информацию и данные общественности ввиду опасности неправильной интерпретации данных и информации несведущими людьми; вместе с тем привлечение негосударственных организаций и отдельных лиц к деятельности по управлению трансграничными водами может способствовать развитию более устойчивого сотрудничества между странами.

6. КООРДИНАЦИЯ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

Согласно Конвенции прибрежные страны должны разрабатывать двусторонние и многосторонние соглашения или другие договоренности по вопросам, охватываемым Конвенцией, включая соглашения в области мониторинга и оценки. В Конвенции также предусматривается необходимость создания совместных органов как одного из основных механизмов трансграничного сотрудничества.

Одно из важнейших обязательств предусматривает широкий и в максимальной степени оперативный обмен информацией по вопросам, охватываемым Конвенцией. Это включает в себя обмен собираемыми в ходе мониторинга данными и информацией о состоянии трансграничных вод и предоставление этих данных и информации в распоряжение общественности. Этот обмен также включает в себя обмен данными и информацией, собираемыми в ходе осуществления других видов деятельности, таких, как предварительные исследования, обследования, поиск соответствующих сведений в научно-технической литературе (касающихся, например, законодательства и правил в области водохозяйственной деятельности).

Рекомендации, изложенные в предыдущих главах и разделах, свидетельствуют о том, что повышение эффективности мониторинга и оценки трансграничных вод является сложным процессом, который не ограничивается лишь совершенствованием технологий и методов. Необходимо совершенствовать процедуры определения конкретных информационных потребностей и разработки стратегий оценки, а также совершенствование существующего законодательства в некоторых случаях. Позитивное или негативное воздействие на процессы мониторинга и оценки будут оказывать и другие аспекты. К ним относятся такие факторы, как пути разработки и осуществления планов проводимой политики; разделение обязанностей между учреждениями; соглашения по трансграничным водам; доступ к информации и укрепление доверия между партнерами. Прогресс в этих сферах может способствовать совершенствованию путей мониторинга и оценки трансграничных вод, также верно и то, что правильно организованная деятельность по мониторингу и оценке приведет к прогрессу в решении рассматривавшихся выше вопросов экологической политики и природоохранной деятельности.

Справочная литература

Boschet, A.-F., Nixon S. C. and T. J. Lack, 2001. Topic report 2/2001, European Topic Centre on Inland Waters, Annual topic update 2000.

Конвенция о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (Орхус, Дания, 25.6.1998), E/ECE/1366; Организация Объединенных Наций, Нью-Йорк и Женева, 1998 год.

Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Хельсинки, 17.3.1992); Организация Объединенных Наций, Нью-Йорк и Женева, 1994 год.

EEA. 2001. Environment signals 2001. European Environment Agency regular indicator report. Environmental assessment report No 8.

EUROWATERNET. The European Environment Agency's Monitoring and Information Network for Inland Water Resources, Technical Guidelines for Implementation, Technical Report No. 7. Copenhagen, 1998.

Guidelines on Monitoring and Assessment of Transboundary Groundwaters, UNECE Task Force on Monitoring and Assessment (Lelystad, Netherlands), March 2000.

Guidelines on Water-quality Monitoring and Assessment of Transboundary Rivers, UNECE Task force on Monitoring and Assessment, RIZA report 96.034 (Lelystad, Netherlands), 1996 (second edition in 2000).

Premazzi, G. and Chiaudani, G., 1992. Ecological Quality of Surface Waters. Quality Assessment Schemes for European Community Lakes. European Communities Commission, EUR 14563, Ecological Quality of Surface Waters, Environmental Quality of Life Series. Environmental Institute, University of Milan, Milan, Italy.

Протокол по проблемам воды и здоровья к Конвенции 1992 года по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Лондон, 17.6.1999), MP.WAT/2000/1-EUR/ICP/ENCO020205/8Fin; Организация Объединенных Наций. Женева и Копенгаген.

UN, 2001. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies, New York.

Часть В:

ТЕХНИЧЕСКИЕ РУКОВОДЯЩИЕ ПРИНЦИПЫ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Часть В, "Технические руководящие принципы", содержит необходимые практические руководящие принципы мониторинга и оценки озер и водохранилищ. Эти руководящие принципы основаны на широко применяемой практике гидрологического и лимнологического мониторинга озер. Несомненно, что существует потребность в согласовании программ мониторинга в Европе как по причинам экономического, так и практического характера. Экономическая реальность состоит в том, что отдельные страны не располагают достаточными ресурсами для одновременного проведения программ мониторинга различного содержания. Кроме того, обработка данных и практика представления информации должны быть как можно более идентичными, чтобы сделать возможным участие различных организаций-пользователей (ЕС, ЕАОС, ЕЭК ООН, Евростат и т.д.). Поэтому в данной публикации в максимально возможной степени учтены рекомендации ЕВРОВОТЕРНЕТ ЕАОС и требования различных директив ЕС по водам, особенно Рамочная директива ЕС о водных ресурсах (декабрь 2000 года). Конкретные технические руководящие принципы следует подвергнуть проверке в рамках специальных пилотных проектов. В то же время представляется весьма удобным сопоставить их на практике с Руководством ОСО по мониторингу, опубликованным в январе 2003 года.

Одновременно с настоящими руководящими принципами был подготовлен специальный справочный документ, в котором представлены и подытожены данные о деятельности по мониторингу, охватывающей 20 трансграничных или международных озер. Эта итоговая информация была также использована при подготовке Руководящих принципов мониторинга и оценки озер.

Технические руководящие принципы по озерам состоят из ключевых тем обычной программы мониторинга в признанном порядке: все начинаются с описания наиболее важных гидрологических явлений и методов (глава 2). Прежде чем перейти к вопросам качества, в главе 3 приводится краткое описание методов оценки соответствующих факторов нагрузки. В следующей главе обсуждается вопрос о том, как создать действенную сеть взятия проб и обеспечить подходящую периодичность взятия проб. В главе 5 рассматриваются температурные характеристики и измерение температуры.

Вопросы качества и состояния представлены в последующих главах, причем изложение начинается в главе 6 с вопросов измерения и оценки традиционных физико-химических переменных величин. Гидробиологические методы, которые могут быть использованы для их характеристики экологического состояния озер, определенного в Рамочной водной директиве, обсуждаются в главе 7. Вредные вещества, особенно те, которые являются первоочередными, согласно РВД, рассматриваются в главе 8. В главе 9

обсуждаются микробиологические параметры озер. Особо важный вопрос мониторинга озер и отложений представлен в главе 10.

И наконец, наиболее важная часть деятельности по мониторингу в целом - оценка и представление результатов мониторинга, рассматриваются в главе 11. В конце каждой из основных глав приводится список использованной литературы, относящейся к методам мониторинга и соответствующей практике. Главная идея каждой главы представлена в специальной врезке в ее конце.

Руководящие принципы мониторинга и оценки трансграничных и международных озер, а также справочный документ были одобрены на совещании Рабочей группы ЕЭК ООН по мониторингу и оценке, организованном в Вьякси, Финляндия, 5-8 сентября 2001 года. Технические руководящие принципы были доработаны следующими экспертами:

Основная группа (Финляндия):

- Пертти Хейнонен, Финляндский институт окружающей среды SYKE
(pertti.heinonen@ymparisto.fi)
- Сирпа Херве, Центральный финляндский региональный экологический центр
(sirpa.herve@ymparisto.fi)
- Лийса Ленисто, Финляндский институт окружающей среды SYKE
(liisa.lepisto@ymparisto.fi)
- Маарит Ниemi, Финляндский институт окружающей среды SYKE
(maarit.niemi@ymparisto.fi)
- Олли-Пекка Пиетилайнен, Финляндский институт окружающей среды SYKE
(olli-pekka.pietilainen@ymparisto.fi)
- Маркку Пууппонен, Финляндский институт окружающей среды SYKE
(markku.puupponen@ymparisto.fi)
- Олави Сандман, Региональный экологический центр Етеля-Саво
(olavi.sandman@ymparisto.fi)
- Маркку Вильянен, Университет Йоэнсуу (markku.viljanen@joensuu.fi)

Содействие оказывали:

- Тийна Ногес, Эстония (tnoges@zbi.ee)
- Миклош Паннонхалми, Венгрия (pannonhalmi.miklos@eduvizig.hu)
- Руи Родригес, Португалия (rtr@inag.pt)
- Ханна Сошка, Польша (hasoszka@ios.edu.pl)
- Юло Султс, Эстония (Ylo@ctc.ee)

В работе также приняли участие несколько экспертов из Финляндского института окружающей среды, которые представили специальные разделы и проводили выверку окончательного текста. Всем им, без конкретного упоминания их имен, выражается глубокая признательность, как и Тиму Уэйлу (tim.whale@eurokieli.inet.fi), осуществлявшему редактирование текста на английском языке.

Содержание Части В

ПРЕДИСЛОВИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ

- 1.1 Озера и мониторинг озер как часть мониторинга всего речного бассейна
- 1.2 Озеро как экосистема
- 1.3 Выбор элементов качества для озер в соответствии с Рамочной водной директивой ЕС (РВД)

2. ГИПЕРЛОГИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- 2.1 Морфологические характеристики
- 2.2 Основные характеристики гидроморфологических элементов качества для озер в соответствии с Руководством по мониторингу РВД
- 2.3 Гидрологические характеристики
- 2.4 Компоненты водного баланса
- 2.5 Гидродинамика, температура воды и ледовые условия
- 2.6 Моделирование и прогнозирование водного баланса

3. ОЦЕНКА НАГРУЗОК

- 3.1 Общие вопросы
- 3.2 Проверка нагрузок в соответствии с Руководством РВД в отношении нагрузок и воздействий
- 3.3 Сбросы сточных вод
- 3.4 Неточечная нагрузка
- 3.5 Землепользование
- 3.6 Внутренняя нагрузка

4. ПРОГРАММЫ МОНИТОРИНГА, МЕСТА И ЧАСТОТА ОТБОРА ПРОБ

- 4.1 Программы мониторинга
- 4.2 Места отбора проб
- 4.3 Частота отбора проб

5. ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ

- 5.1 Температурные сезонные режимы озера
- 5.2 Измерение температурных характеристик
- 5.3 Некоторые специальные замечания

6. ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- 6.1 Определения
- 6.2 Основные характеристики химических и физико-химических элементов качества для озер в соответствии с Руководством РВД по мониторингу
- 6.3 Физические параметры
- 6.4 Насыщенность кислородом
- 6.5 Соленость
- 6.6 Условия подкисления
- 6.7 Биогенные вещества

7. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

- 7.1 Определения
- 7.2 Основные характеристики биологических элементов озер в соответствии с Рекомендациями РВД по мониторингу
- 7.3 Фитопланктон
- 7.4 Макрофиты и фитобентос
- 7.5 Бентическая беспозвоночная фауна
- 7.6 Рыба

8. ОПАСНЫЕ ВЕЩЕСТВА

- 8.1 Определения
- 8.2 Стойкие органические загрязнители (СОЗ)
- 8.3 Приоритетные вещества РВД
- 8.4 Ртуть
- 8.5 Тяжелые металлы
- 8.6 Радионуклидное заражение

9. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО

- 9.1 Микробиологическое качество воды и гигиеническое состояние воды
- 9.2 Временные и пространственные изменения гигиенического состояния воды
- 9.3 Организмы-индикаторы и методы их подсчета
- 9.4 Оценка данных микробиологического мониторинга

10. ОТЛОЖЕНИЯ

- 10.1 Отложения в качестве принимающей среды и источника элементов
- 10.2 Мониторинг отложений

11. ОЦЕНКА И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА

- 11.1 Вводная информация об использовании результатов мониторинга
- 11.2 Первоначальные данные, регистры данных, индикаторы и карты
- 11.3 Статистические методы
- 11.4 Системы классификации
- 11.5 Отчеты о мониторинге

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Озера и мониторинг озер как часть мониторинга всего речного бассейна

Универсального определения озера не существует. В Международном гидрологическом словаре (ЮНЕСКО и ВМО, 1992 год) кратко указывается, что озером является "внутренний водоем значительного размера". Куусисто (1985 год) привел следующий перечень критериев, определяющих озеро:

Впадина или группа впадин, частично или полностью заполненная водой, все части водоема имеют одну и ту же поверхность, за исключением временных изменений, вызванных ветром или льдом, соотношение между притоком и объемом является достаточно малым и позволяет большей части взвешенного, притекающего материала формировать донные отложения, а площадь поверхности превышает заданную минимальную величину (например, 1 га).

Небольшие озера с площадью поверхности менее 1 га могут быть определены как пруды. Минимальное значение для пруда не определено.

Рамочная водная директива ЕС (РВД) (2000/60/ЕС) определяет озеро как объект стоячих внутренних поверхностных вод. В приложении II РВД некоторым образом также определяется минимальный размер озера, который должен составлять по крайней мере 0,5 км² (50 га).

Согласно ЮНЕСКО и ВМО (1992 год), водохранилище представляет собой "водоем, естественный или искусственный, используемый для хранения, регулирования и контроля водных ресурсов". В некоторых случаях понятие водохранилища используется в качестве синонима для искусственного озера, в результате чего применяется следующая основная классификация: "озера и водохранилища" или "естественные озера, регулируемые озера и водохранилища". Понятие водохранилища всегда включает аспект использования.



Рис. 1. Гидрологический цикл

В дополнение к степени использования или регулирования, озера часто классифицировались исходя из их происхождения. Что касается крупных озер, то наиболее значительными категориями являются тектонические и ледниковые озера. Водохранилища также могут быть классифицированы различным образом. Например, исходя из их основного вида использования, размера или структуры.

Озеро представляет собой всего лишь один из элементов, участвующих в гидрологическом цикле бассейна реки (рис. 1), и мониторинг озера составляет лишь часть мониторинга речного бассейна. Различные водоемы в районе водосбора тесно связаны со всей окружающей средой.

При мониторинге водных ресурсов необходимы одновременно, с одной стороны, адекватная информация о природных условиях в районе водосбора, а с другой стороны - обо всех факторах давления на водоемы для надежной обработки данных мониторинга (количество и качество). Наиболее важной базовой информацией о районе водосбора является следующая:

- климат (времена года, температура, осадки, преобладающие направления ветров)
- землепользование (для сельского и лесного хозяйства, застроенные участки)
- плотность населения в районе бассейна реки (число жителей/км², также рассчитывается для суббассейнов)

- нагрузка сточных вод (городские и промышленные сточные воды, рыбоводство и т.д.)
- неточечная нагрузка (сельское и лесное хозяйство, ливневые стоки и т.д.).

Каждая из перечисленных позиций представляет собой столь обширный вопрос, что они не могут быть обсуждены подробно в контексте подготовки и осуществления программ мониторинга, и поэтому требуется проведение своего рода грубой оценки. Более конкретная и точная информация требуется на более позднем этапе при оценке данных мониторинга озер или всего речного бассейна.

1.2 Озеро как экосистема

Озера отличаются от рек как экосистемы во многих отношениях: гидрологические условия, температурные характеристики, соотношение первичного продуцирования/разложения, темпы отложения и осаждения и стабильность некоторых явлений. Озера являются почти закрытыми системами. Вещества, попав в озеро, включаются в процесс постоянной циркуляции. Лишь часть из них удаляется (в зависимости от коэффициента сменяемости воды). Реки же являются открытыми системами, в которых происходит постоянный перенос веществ вниз по течению (дополнительно об озерах см. Хатчинсон 1957, 1963 и 1967, Ветцель 1983, Хейнонен и др. 2000).

В озерах важным явлением является вертикальное распределение температуры в зависимости от времени года. В летнее время во всех глубоких озерах может быть отмечена явно выраженная температурная стратификация. В верхнем слое воды температура является наиболее высокой и может быть на том же уровне, что и температура в реках в одно и то же время. Этот теплый слой называется эпилимнионом. Эпилимнион может также быть назван трофогенным слоем в экологическом смысле.

Температура в более глубоких слоях озера, напротив, обычно весьма холодная (5-10°C) в течение всего летнего периода стратификации. Этот холодный придонный слой называется гиполимнионом или трофолитическим слоем. Гиполимнион является весьма важной частью озера с точки зрения мониторинга. Многие слабые указания на загрязнение могут быть, в частности, обнаружены впервые только в гиполимнионе, обычно в очень тонком слое воды, наиболее прилегающем к донным отложениям.

Доминирующим биологическим явлением в реках, как правило, является разложение органического аллоктонического вещества, а первичное продуцирование имеет меньшее

значение. В озерах с явно выраженной тепловой стратификацией доминирующим биологическим явлением в эпилимнионе в летний период является первичное продуцирование. Обычно в гипolimнионе не бывает замеченным какого-либо трофогенного первичного продуцирования, а преобладающим явлением можно считать разложение органического вещества, производимое в основном бактериями.

Осаждение представляет собой важный процесс в озерах и играет доминирующую роль в биогенных циклах, и тем самым - также в процессе эвтрофикации. Районы осаждения должны быть определены до начала осуществления программ мониторинга.

Озеро является весьма четко ограниченным районом речного бассейна и формирует отдельную водную экосистему. Экосистема озера теоретически состоит из двух различных частей: биотопа и биоценоза (рис. 2).

Биотоп является абиотической частью экосистемы. Главные качественные характеристики биотопа определяются в первую очередь свойствами дренажного бассейна и гидрологическими условиями. Вполне оправданно можно отметить, что озеро является "пленником водосбора". Если озеро расположено на плодородной почве, то озеро не может быть явно олиготрофным. Вследствие естественного выщелачивания большого количества биогенных веществ из почвы озеро будет иметь более эвтрофный характер.

Биотоп в естественном состоянии может быть вполне удовлетворительно охарактеризован как относительно небольшое число обычных физических и химических параметров, таких, как измеренные концентрации кислорода и диоксида углерода в различных вертикальных слоях, содержание основных биогенных веществ, фосфора и азота, и органических материалов, щелочность, рН, проводимость, тяжелые металлы и т.д.

Совокупность живых организмов озера составляет биоценоз. Эти организмы привыкли жить именно в таких условиях, которые характеризуются различными параметрами биотопа. Биоценоз может быть охарактеризован наблюдениями за различными группами растений, животными и микробов. Первичное продуцирование является самым доминирующим явлением в верхних слоях воды (эпилимнион) озера. Водоросли и макрофиты в наибольшей степени ответственны за первичное продуцирование озерной экосистемы. Информация об оптических параметрах в значительной мере связана с первичным продуцированием.



Рис. 2. Упрощенная схема биотопа озера и биоценоза озера

Теоретически биотоп первым подвергается изменениям (например, концентрация фосфора возрастает вследствие плохой очистки стоков) и затем биоценоз реагирует на такое изменение (например, биомасса водорослей возрастает, если фосфор является ограничивающим фактором продуцирования водорослей). На практике затруднительно усмотреть такую зависимость в связи с тем, что эти основные процессы, происходящие в экосистеме, постоянно воздействуют друг на друга.



Рис. 3. Озеро Пихляявеси - типичное олиготрофное озеро Финляндии поздней осенью (фото Олли-Пекка Пиетилийнен)

В Европе имеются следующие виды трансграничных озер:

- *Арктические озера* (например, оз. Инари, оз. Турнетреск, оз. Вирихауре, оз. Вастеньяуре и т.д.). Эти озера обычно являются олиготрофными, и для них характерны длительный период ледового покрова и низкая температура воды. Сообщество водных растений небогато видами, однако наличие отдельных видов растений, фитопланктона и зоопланктона может быть высоким. Арктические экосистемы чувствительны и легко реагируют на любую нагрузку загрязнения из-за пределов озера.
- *Предальпийские озера со значительным антропогенным воздействием* (оз. Констанц/Боденское оз., оз. Леман/Женевское оз.). Эти озера обладают относительно небольшим районом водосбора, стратифицированы в температурном отношении и имеют относительно значительный приток подземных вод. Сообщество водных растений в литоральной зоне находится под сильным воздействием антропогенной деятельности, такой, как изменение в уровне воды, судоходство и парусный спорт, сброс биогенных веществ и т.д. Бактериопланктон (сине-зеленые водоросли), а также фитопланктон, зоопланктон и зообентические сообщества находятся под воздействием сточных вод и другой деятельности человека. Токсиканты могут наносить ущерб сообществу рыб.
- *Предальпийские озера с реликтовыми и эндемическими экосистемами* (Охридское оз.). Сообщества водных растений богаты эндемическими видами. Сообщества фитопланктона, зоопланктона и зообентоса богаты реликтовыми и эндемическими видами, а сообщества рыб изобилуют различными видами. Озера глубоки, и время нахождения может быть значительным, например в Охридском озере - 83 года.
- *Озера на равнинах с большими водосборными районами* (Ладожское оз., Чудское оз., оз. Сайма). Типичными для этих озер являются значительные водосборные районы и заметные колебания уровня воды. В глубоких озерах существует упорядоченная температурная стратификация, однако таковая отсутствует в мелких озерах. Приток подземных вод незначителен по сравнению с притоком поверхностных вод. Сообщества водных растений в мелкой литоральной зоне отличаются быстрым ростом, вызванным нагрузкой биогенных веществ из района водосбора, цветение водорослей может проходить в теплые летние дни, а высокий уровень биопродуцирования фито- и зоопланктона обычно находится в прямой зависимости с высоким уровнем продуцирования рыб.

1.3 Выбор элементов качества для озер в соответствии с Рамочной водной директивой ЕС (РВД)

Государства - члены ЕС, Норвегия и Европейская комиссия совместно разработали общую стратегию для поддержки осуществления директивы 2000/60/ЕС, создающую структуру для деятельности Сообщества в области водной политики (Рамочная водная директива). Основная цель этой стратегии заключается в обеспечении последовательного и согласованного осуществления указанной Директивы. Главное внимание уделяется методологическим вопросам, связанным с общим пониманием технических и научных последствий осуществления Рамочной водной директивы.

Одной из основных краткосрочных целей стратегии является разработка не являющихся обязательными в юридическом отношении и имеющих практический характер руководящих документов по различным техническим аспектам Директивы. Эти руководящие документы ориентированы на тех экспертов, которые прямо или косвенно занимаются осуществлением Рамочной водной директивы в речных бассейнах. Поэтому ее структура, форма изложения и терминология приспособлены к потребностям этих экспертов и по мере возможности в ней не используется официальная и правовая терминология.

В контексте вышеупомянутой стратегии в декабре 2000 года было начато осуществление проекта 2.7 "Разработка руководства по мониторингу". Для содействия подготовке этого руководства была учреждена неофициальная рабочая группа (Рабочая группа 2.7). Проект 2.7 был инициирован для того, чтобы обеспечить государства-члены руководящими принципами мониторинга внутренних поверхностных вод, переходных вод, прибрежных и подземных вод на основе критериев, указанных в приложении V Рамочной водной директивы. Италия и Европейское агентство по окружающей среде, будучи совместными руководителями Рабочей группы 2.7, несут совместную ответственность за координацию деятельности этой Рабочей группы, состоящей из научных работников и технических экспертов государственных и негосударственных организаций.

Дополнительная информация о Руководящих принципах мониторинга для Рамочной водной директивы может быть найдена в Интернете:

<http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/wfd/library>

Более точным адресом является:

http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/wfd/library?1=/framework_directive/guidance_documents/monitoring&vm=detailed&sb=Title

В вышеупомянутых Руководящих принципах подробно обсуждается аспект выбора элементов качества для различных водоемов. Резюме требований РВД и интерпретация экспертов из Рабочей группы 2.7 изложены на рис. 4 (рис. 3.2 в окончательном Руководстве ОСО по мониторингу (2003), стр. 47 английского текста).

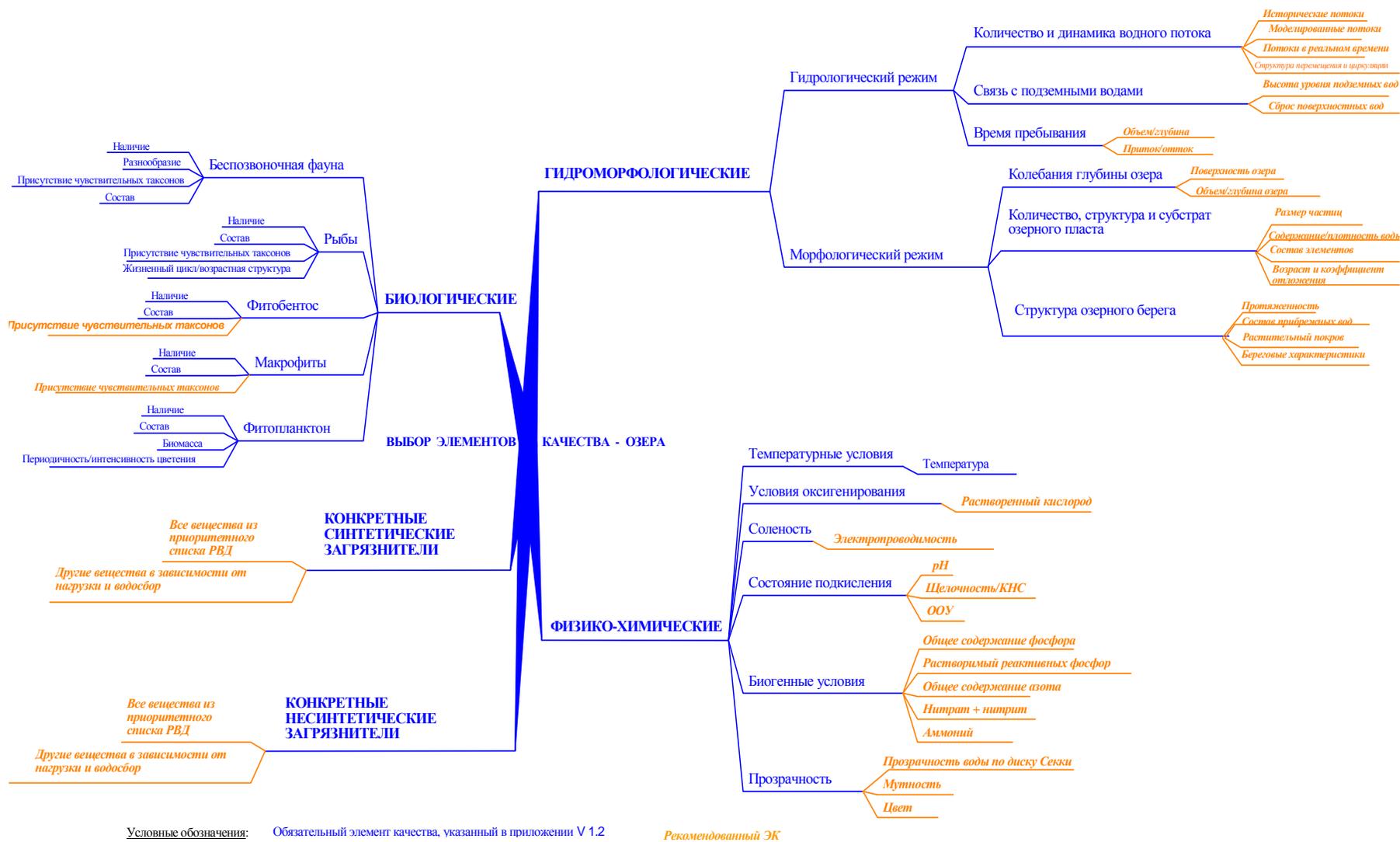


Рис. 4. Обязательные элементы качества, указанные в приложении V (1.2) Рамочной водной директивы ЕС (Руководство ОСО по мониторингу, 2003)

Справочная литература:

- Breukel, R.M.A. & Timmerman, J.G. (1996). *Transboundary Rivers and Lakes*. UNECE Task Force on Monitoring & Assessment. RIZA Report nr.: 95.064, Lelystad, January 1996. ISBN 9036945569, 54p.
- CIS Guidance on Monitoring 2003. *Water Framework Directive. Common Implementation Strategy, Working Group 2.7, Monitoring. Final Version*. 23 January 2003, 164 p.
- Heinonen, P., Ziglio, G. & Van der Beken, A. (Eds.) (2000). *Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring*. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester. ISBN 0-471-89988-7. 372 p.
- Hutchinson, G.E. (1957). *A Treatise on Limnology, Volume 1: Geography, Physics, and Chemistry*, John Wiley & Sons, New York.
- Hutchinson, G.E. (1967). *A treatise on limnology, Volume 2. Introduction to lake biology and the limnoplankton*. John Wiley & Sons, New York.
- Hutchinson, G.E. (1975). *A Treatise on Limnology, Volume III: Limnological Botany*, John Wiley & Sons, New York.
- Hutchinson, G.E. (1993). *A Treatise on Limnology, Volume 4, The Zoobenthos*. John Wiley & Sons, New York.
- Kuusisto, E. & Hyvärinen, V. (2000). *Hydrology of Lakes*. In: *Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring* (Eds. Heinonen, P., Ziglio, G. & Van der Beken, A.). John Wiley & Sons, Ltd. Chichester. ISBN 0-471-89988-7. 3-11.
- Kristensen, P. & Hansen, H.O. (eds), 1994. *European Rivers and Lakes: Assessment of their Environmental State*, EEA Environmental Monographs 1, European Environment Agency, Silkeborg, Denmark.
- Kuusisto, E. (1985). *Lakes: Their Physical Aspects*. In: Rodda, J.C. (ed.), *Facets of Hydrology, Volume II*, John Wiley & Sons Ltd., pp. 153-181.
- ЮНЕСКО И ВМО (1992 год). *Международный гидрологический словарь*, 2-е издание, ЮНЕСКО и ВОЗ, 413 стр.
- Рамочная водная директива (2000). *Директива 2000/60/ЕС Европейского парламента и Совета от 23 октября 2000 года, устанавливающая основы для деятельности Сообщества в области водной политики*. Официальный вестник Европейских сообществ L327/1-72 (22.12.2000).
- Wetzel, R.G. (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems*, 3rd edition. Academic Press. ISBN 012744601. 850 p.

РЕЗЮМЕ главы 1:

- Прежде чем приступать к планированию и осуществлению программы мониторинга соответствующего озера, необходимо определить гидрологический цикл всего водосбора.
- Произвести грубую оценку климата, землепользования, плотности населения, нагрузки сточных вод и неточечной нагрузки водосбора соответствующего озера.
- Определить концепции озерного биотопа и озерного биоценоза.
- Ознакомиться с соответствующей лимнологической литературой.
- Также ознакомиться с приложением V Рамочной водной директивы ЕС, (РВД) (2000/60/ЕС).

2. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1 Морфологические характеристики

Для описания формы поверхности и дна озер был разработан ряд морфологических характеристик. Многие из этих параметров являются важными показателями экологических характеристик озер, а также играют весьма существенную роль в обеспечении рационального использования озер. К основным морфологическим параметрам относятся площадь, объем, протяженность, ширина, глубина, протяженность береговой линии, гипсографическая кривая (отношение глубины к площади) и кривая объемов (отношение глубины к объему). Большинство из указанных выше параметров может быть далее разбито на группы более детальных параметров.

Следует отметить, что большинство морфологических параметров зависит от колебания уровня поверхностных вод. Таким образом, значения этих параметров должны включать информацию об эталонном уровне вод.

В Рамочной водной директиве приводится ряд так называемых элементов качества, используемых для определения экологического состояния поверхностных вод. Для оценки и классификации озер следует применять следующие гидроморфологические элементы:

Гидрологический режим:

- количественные и динамические характеристики водного потока,
- время пребывания воды и
- связь с подземными водами.

Морфологические условия:

- колебания глубины озер,
- количественные характеристики, структура, состояние субстрата дна озер и
- структура прибрежной зоны.

Элементы гидрологического режима относятся главным образом к водному балансу озер, который более подробно рассматривается в пункте 2.3.

2.2 Основные характеристики гидроморфологических элементов качества для озер в соответствии с Руководством по мониторингу РВД

В разработанном Рабочей группой 2.7 ОСО Руководстве по Рамочной водной директиве (Мониторинг) представлена некоторая систематически собираемая и обрабатываемая информация о различных элементах качества. В Руководстве информация об основных характеристиках каждого гидроморфологического элемента качества для озер представлена в таблице 1 (таблица 3.5 в окончательном варианте Руководства ОСО по мониторингу (2003 год), стр. 52-54 английского текста).

Структура этой таблицы (а также всех приводимых ниже соответствующих таблиц) аналогична структуре приложения V РВД, поскольку все элементы качества (ЭК) представляются в ней в том же порядке, а затем рассматриваются следующие вопросы, касающиеся всех элементов:

- измеряемые параметры, отражающие ЭК
- нагрузка, на которую реагируют ЭК
- отбор проб и методология
- стандарты
- применимость ЭК к озерам
- основные преимущества
- основные недостатки
- выводы/рекомендации.

Эта таблица приводится на последующих страницах.

Таблица 1. Основные характеристики каждого гидроморфологического элемента качества для озер

Аспект/ характеристика	Количество и динамика водного потока	Время пребывания	Связь с подземными водами	Колебания глубины озера (колебания уровня воды)	Количество, структура и субстрат дна озера	Структура озерного берега
Измеряемые параметры, отражающие ЭК	Уровни прихода и расхода. Уровень воды, верхний и донный водосбросы (водохранилищ), особенности смещения и циркуляции	Объем, глубина, приход и расход	Поверхность озера, объем озера	Площадь, объем, глубина озера	Гранулометрический состав, состав воды, плотность, LOI, химический состав, коэффициент осаднения, возраст отложений (Cs 137), обнаружение мелких ископаемых при проведении палеолимнологических исследований	Протяженность, прибрежный растительный покров, существующие виды, береговые особенности и состав
Нагрузки, на которые реагируют ЭК	Климатические колебания, борьба с наводнениями, деятельность человека	Климатические колебания, деятельность человека	Климатические колебания, деятельность человека	Климатические колебания, заиление, водопользование, водорасход	Заиление	Изменения в результате деятельности человека, эрозия, колебания уровня водяного стока в водохранилищах
Уровень и источники колебаний ЭК	Средний уровень колебаний	Низкий уровень колебаний, способный изменяться в экстремальных климатических условиях	Высокий уровень колебаний	В целом низкий уровень колебаний, высокий уровень колебаний в водохранилищах (эпилимнетические/ гиполимнетические сбросы)	Высокий уровень колебания, зависит от особенностей распространения и загрязнения за прошлый период	Изменчивая
Методология отбора проб	Измеритель уровня воды, измерители расхода и измерители скорости течения. Использование на местах масштабированных линеек и погружаемых зондов, связанных или не связанных с системой дистанционной передачи данных	Эхолокация, необходимая для составления кривых соотношения глубины и объема, гипсографических кривых	Кривые соотношения глубины и объема, гипсо-графические кривые. Измеритель уровня воды	Гидролокатор (эхолот), фотометр, трансектная методология с использованием глубономеров	Грунтовые и черпаковые пробоотборники. В зависимости от целей исследования можно выделить три основных вида отбора проб: детерминистские, стохастические и равномерные сетчатые системы	Трансекты, аэрофотосъемка, планиметрия

Аспект/ характеристика	Количество и динамика водного потока	Время пребывания	Связь с подземными водами	Колебания глубины озера (колебания уровня воды)	Количество, структура и субстрат дна озера	Структура озерного берега
Типичная периодичность отбора проб	Еженедельно/ ежемесячно. Почасно/ежедневно (водохранилище)	Каждые пять/десять лет или реже, если изменения не предполагаются. Один раз в год для водохранилищ	Подвержен колебаниям	Естественные озера: каждые 15 лет. Водохранилища: с разными промежутками	Как правило, один раз в год или реже, если изменения не предполагаются (эталонные условия), в загрязненных озерах с интервалами от трех до пяти лет	Каждые шесть лет
Время года взятия проб	Все времена года	Все времена года, за исключением периодов ледяного покрова	Все времена года	Водохранилища: как правило, во время оперативного функционирования, весна/начало осени	Обычно зимой (со льда в северных странах)/летом	В разные периоды. Весной/летом в период роста растений
Типичный размер площади "взятия проб" или площади обследования	Приход/расход; гидрометрические станции	Все озеро	Все озеро	Все озеро	Колеблются в зависимости от целей исследования	Вся прибрежная среда обитания
Степень сложности взятия проб/измерений	Простая после минимального практического обучения	Простая для теоретической оценки времени пребывания Сложная для оценки действительного времени пребывания	Сложная	Относительно простая после минимального обучения	Относительно простая после минимального практического обучения	
Базис любых сопоставлений результатов/ качества/станций, например эталонных условий/ наилучшего качества	Данные за прошлый период	Данные за прошлый период	Данные за прошлый период	Данные за прошлый период	Палеолимнологические исследования/исследования отложений	Данные за прошлый период
Наличие совместимой методологии в рамках ЕС	Да, согласно практике других стран	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет

Аспект/ характеристика	Количество и динамика водного потока	Время пребывания	Связь с подземными водами	Колебания глубины озера (колебания уровня воды)	Количество, структура и субстрат дна озера	Структура озерного берега
Текущее применение в программах мониторинга или для классификации в ЕС	Нет/да (водохранилища)	Нет	Нет	Нет, Франция, Соединенное Королевство, Испания	Нет	Нет
Отвечает ли существующая система мониторинга требованиям РВД?	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Отвечает ли система классификации требованиям РВД?	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Стандарты ИСО/ЕКС	Есть, соответствуют ИСО/ТК 113 ЕКС/ТК 318	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Степень применимости к озерам	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая
Основные преимущества	<ul style="list-style-type: none"> Гидрологические измерения имеют важнейшее значение для толкования данных о качестве воды и для рационального использования водных ресурсов 	<ul style="list-style-type: none"> Гидрология озер служит основой для оценки качества воды; Время пребывания воды воздействует на удержание биогенных веществ и развитие аноксии в глубинных стратифицированных водах 	<ul style="list-style-type: none"> Гидрология озер служит основой для оценки качества воды 	<ul style="list-style-type: none"> Колебания уровня воды оказывают прямое воздействие на литоральную водную флору и фауну Морфология озерного бассейна воздействует на гидродинамику озера и чувствительность к поступлению биогенных веществ 	<ul style="list-style-type: none"> Могут рассматриваться как "экологические тахометры". Палеолимнологическое исследование зачастую является единственным средством сбора данных об эталонных условиях в прошлом Загрязнители часто накапливаются в отложениях в высоких концентрациях, и поэтому частота взятия проб может быть довольно низкой 	<ul style="list-style-type: none"> Показатели, необходимые для сохранения биологической целостности

Аспект/ характеристика	Количество и динамика водного потока	Время пребывания	Связь с подземными водами	Колебания глубины озера (колебания уровня воды)	Количество, структура и субстрат дна озера	Структура озерного берега
Основные недостатки	Требует много времени и больших затрат	Требует много времени и больших затрат	Требует много времени и больших затрат	Необходимые для экологического анализа точные и достаточно подробные гидрографические карты озер, как правило, отсутствуют и даже в случае наличия батиметрических карт их точность следует тщательно проверять*	Палеолимнологические исследования нередко сопряжены с относительно большими расходами, и их результаты зависят от нетронутости осадочного слоя. Степень сохранности мелких ископаемых может быть разной	Для учета требований РВД следует разработать соответствующую методологию
Выводы/ рекомендации	Имеет большое значение для расчета балансов масс и т.д. Базисный элемент для использования с другими соответствующими параметрами	Имеет важное значение для характеристики и оценки данных о качестве озер	Имеет значение только в тех случаях, когда подземные воды представляют собой основную часть водного баланса озера. Требуется дальнейшая разработка методологии	Уместно только в тех случаях, когда это имеет экологическое значение. Имеет большое значение при разработке программ мониторинга. Имеет весьма важное значение для водохранилищ. В качестве вспомогательных элементов важное значение имеют измерения глубины как во времени, так и в пространстве. В этой связи рекомендуется проводить оба вида изменений	Обычно не используются в программах мониторинга. Обменные процессы между отложениями и водой имеют большое значение при определении качества воды многих озер	Необходима для толкования биологических параметров (например, макрофитов, некоторых видов рыб), особенно в случае мелководных озер или озер со значительной мелководной литоральной зоной.

В существующую систему классификации в настоящее время включен лишь ограниченный мониторинг гидрологических характеристик.

За исключением колебания глубины озер, ни в одну существующую систему классификации в ЕС не включен мониторинг морфологических характеристик.

2.3 Гидрологические характеристики

Гидрологический цикл представляет собой ту движущую силу, которая регулирует водные ресурсы озер. Фактически именно геологические и гидрометеорологические условия создали существующие ныне озера, и их дальнейшее развитие зависит от тех же факторов. Гидрологический цикл питает озера, удаляет из них воду и в сочетании с климатическими и геологическими условиями определяет основные параметры колебаний состояния водных ресурсов. Экстремальные гидрометеорологические явления ведут к наводнениям и засухам в озерной среде, а также в других звеньях речной системы.

Огромное воздействие на водные ресурсы во всем мире оказывает деятельность человека. Изменения в землепользовании влияют на гидрологический цикл, а вода весьма широко используется для ирригации и удовлетворения потребностей промышленности и населения. Сооружаются водохранилища, и регулирование состояния озер и водохранилищ играет заметную роль в водном балансе и поведении речных систем.

Уравнение водного баланса озера часто приводится в следующем виде (1):

$$\Delta L = I_s + I_u + P_1 - (Q_s + Q_u + E_1) \quad (1)$$

ΔL = изменение водного запаса

I_s = поверхностный приток

I_u = подземный приток

P_1 = атмосферные осадки в озеро

Q_s = поверхностный расход

Q_u = подземный расход

E_1 = озерное испарение

Сумма значений I_s , I_u и P_1 называется чистым притоком, а соответственно сумма значений Q_s , Q_u и E_1 - чистым расходом. Единицей измерения может выступать либо толщина водного слоя (мм) или какая-либо объемная единица в зависимости от фактических объемов и временной шкалы.

В большинстве естественных европейских озер самыми значительными являются компоненты поверхностного притока. Если у озера большая площадь поверхности по сравнению с площадью водосбора, то весьма существенными являются компоненты, связанные с атмосферными осадками и испарением. В сухих южных районах заметную роль играет испарение. В некоторых водохранилищах самым значительным компонентом может быть изменение водного запаса. Доля компонентов, связанных с подземным потоком, часто невелика.

Время пребывания воды в озере - это комбинированное последствие его морфологии и водного баланса. Данный параметр весьма часто используется для описания физических, химических и биологических характеристик озер. Теоретическое время пребывания воды - это соотношение объема озера и чистого годового притока. Фактическое время пребывания может быть гораздо меньшим, поскольку лишь ограниченная часть водной массы может пропускать поток через озеро.

2.4 Компоненты водного баланса

Одни компоненты водного баланса озер можно легко измерить, а другие элементы поддаются только оценке или расчету. В целом можно утверждать следующее:

- Изменение водного баланса и поверхностного притока можно измерить с достаточной или удовлетворительной степенью точности.
- Атмосферные осадки на поверхности озера и поверхностный приход можно определить относительно точно при допущении, что имеются данные гидрометеорологических и гидрометрических наблюдений за площадью водосбора озера.
- Подземный приход, подземный расход и испарение озера не поддаются прямому измерению, по крайней мере с удовлетворительной точностью; на практике подземные компоненты могут часто не учитываться, а испарение рассчитываться как остаточное значение уравнения водного баланса озера.

В современной практике мониторинга основной единицей переменных значений потока (поверхностного) является m^3s^{-1} . Другие переменные значения измеряются с использованием в качестве основной единицы мм (или см). В случае использования уравнения водного баланса переменные приводятся либо как объемные величины, либо как изменение водного запаса за какой-либо промежуток времени.

Изменение водного запаса определяется посредством мониторинга уровня поверхностных вод. Помимо измерений уровня воды необходимо знать зависимость между глубиной и объемом. При мониторинге уровня воды следует применять следующие руководящие принципы и рекомендации.

- Измерение уровня воды следует производить на постоянно действующих стационарных станциях наблюдения. На практике минимальным требованием

является ежедневное измерение величины на данный момент или средней величины. В крупных озерах рекомендуется проводить непрерывную регистрацию данных.

- На международных озерах (за исключением очень малых озер) следует иметь как минимум две станции контроля уровня воды.
- Станции должны размещаться так, чтобы они давали ясную картину об основных колебаниях и среднем уровне воды в озере. Для протяженного и узкого озера это означает, что требуется минимум две станции, размещенные вблизи от двух оконечностей озера.
- Когда то или иное озеро (береговая линия озера) расположено на территории двух или более стран, в мониторинге уровня воды должна принимать участие каждая из этих стран. Данный принцип следует рассматривать как основной, даже если он приведет к увеличению числа станций мониторинга.
- Основные (главные) станции мониторинга уровня вод международных озер должны передавать данные в режиме реального времени.
- К другим общим факторам, которые следует учитывать при размещении станций, относятся расходы, связанные с инвестициями, обычной эксплуатацией, обслуживанием и телекоммуникационным оборудованием.

Измерения поверхностного расхода зависят от структуры озерного стока (стоков). В этой связи можно отметить два основных подхода:

- Если у озера имеется зона естественного стока (без каких-либо крупных гражданских инженерных объектов), часто имеется возможность определить зависимость уровня воды от ее расхода. В этом случае для расчета расхода можно использовать данные наблюдений за уровнем воды. Станцию эталонного уровня воды следует размещать близко к району стока.
- Если для регулирования расхода воды используются гидротехнические сооружения, то мониторинг сброса можно часто производить посредством использования гидравлических характеристик гидротурбин, ворот, дамб, канальных затворов или других водоводов. В основу этого метода должны быть положены хорошо организованные наблюдения и измерения на местах (калибровка).



Рис. 5. Гидрологическая измерительная станция.

Если ни один из указанных выше методов нельзя использовать и если расход не может быть рассчитан путем использования данных с близко расположенной речной станции, в зоне расхода следует разместить постоянно действующую систему измерения потока (например, ультразвуковую). Независимо от метода измерений, мониторинг поверхностного расхода должен вестись непрерывно. На практике ежедневно рекомендуется производить 24 замера мгновенных значений.

При определении поверхностного прихода используются те же принципы, что и при измерении поверхностного расхода. Однако в отличие от расхода может существовать ряд крупных источников прихода, и это усложняет задачу. Кроме того, вокруг большинства озер существует несколько небольших участков водосбора. Гидравлические факторы также часто облегчают измерение расхода по сравнению с приходом. В этой связи определение поверхностного прихода может осуществляться в соответствии с установившейся региональной практикой оценки (измеряются отдельные сбросы крупных впадающих рек и оценивается общий сброс небольших впадающих рек). Максимальный промежуток времени определения прихода должен составлять одни сутки.

Международная организация по стандартизации (ИСО) разработала набор стандартов, которые служат руководством для измерения уровня внутренних поверхностных вод и речного стока. Эта работа проводится в соответствии с разработанным Техническим комитетом стандартом ИСО 113 под названием "Измерение потока жидкости". В настоящее время имеется в общей сложности порядка 50 стандартов. Одни из них носят общий характер, другие же содержат весьма подробное описание только одного конкретного метода. В настоящее время лишь несколько европейских стандартов (ЕКС) имеют отношение к гидрологии. Таким образом, стандарты ИСО являются общей основой, которую можно рекомендовать для ряда гидрологических измерений, или по крайней мере они могут служить весьма эффективным подспорьем для некоторых видов технического применения.

В большинстве случаев определение атмосферных озерных осадков (средних атмосферных осадков на поверхность озера) основывается на данных наземных станций. В результате этого происходят ошибки, поскольку озера иначе воздействуют на пространственное распределение атмосферных осадков. По мере увеличения соотношения между площадью поверхности озера и площадью водосбора роль прямых атмосферных озерных осадков становится все более и более значимой. Помимо основных принципов гидрометеорологического наблюдения следует учитывать следующие факторы:

- В крупных озерах измерение атмосферных осадков должно основываться на данных наблюдений в нескольких точках (плювиометры или осадкомеры).
- Большинство из этих станций должны быть расположены вблизи от береговой линии. Если атмосферные озерные осадки играют весьма важную роль, рекомендуется размещать станции на островах и открытой водной поверхности.
- Если атмосферные озерные осадки играют важную роль, следует рассчитывать пространственные колебания атмосферных осадков, привлекая для этого экспертов-метеорологов. На оперативном уровне весьма полезным может оказаться использование метеорологических радиолокаторов или других соответствующих методов.
- В случае расчета величины атмосферных осадков максимальный промежуток времени для каждого расчета должен составлять одни сутки.

С точки зрения гидрологического моделирования и прогнозирования, безусловно, весьма важную роль играет величина средних по площади осадков для всего района водосбора озера. В большинстве стран плювиометры, а также радиометеорологические

локаторы эксплуатируются метеорологическими институтами. Вместе с тем для определения некоторых конкретных характеристик осадков (например, оценки по площадям) организации, занимающиеся вопросами гидрологии и водных ресурсов, могут эксплуатировать свои собственные станции.

Роль подземного прихода и подземного расхода зависит от геологических факторов. Их следует всегда принимать во внимание, поскольку даже если они и не оказывают существенного воздействия на водный баланс озера, они могут быть важными с точки зрения качества воды. В большинстве расчетов водного баланса компоненты подземного водного баланса могут не учитываться. Однако так бывает не всегда, и поэтому отказ от учета подземного потока должен быть обоснован соответствующими геологическими данными.

Испарение озера может рассчитываться как остаточный элемент уравнения водного баланса. Его прямое измерение в масштабах всего озера не представляется возможным. Вместе с тем роль испарения следует всегда принимать во внимание в силу того, что оно может быть весьма значительным для крупных озер в условиях теплого климата. Несмотря на то, что общая величина испарения озера не поддается измерению, для его оценки все же можно использовать ряд методов. Во-первых, уровень испарения можно измерять в различных точках, используя буи, оснащенные эвапорометром и другим гидрометеорологическим оборудованием. Во-вторых, можно использовать различные виды математических моделей. В основу большинства из этих моделей положены метеорологические факторы и они могут колебаться от весьма простых, до весьма сложных. В случае расчета величины испарения озера максимальный расчетный промежуток времени должен составлять одни сутки.

2.5 Гидродинамика, температура воды и ледовые условия

Гидродинамические исследования озер часто основываются на измерениях расхода воды (потока). Эти измерения, как правило, производятся при помощи автоматических расходомеров, которые регистрируют величину различных компонентов скорости потока. Большинство измерительных приборов оснащено также сенсорами для различных физических и химических наблюдений. Вся установка может быть либо стационарной (часто включающей несколько расходомеров), либо мобильной для применения на плавучих средствах.

В принципе стационарные расходомеры можно использовать для непрерывного мониторинга. Вместе с тем в большинстве случаев гидродинамические полевые исследования проводятся на периодической основе и их цель заключается в моделировании потока в рамках озера или прибрежной зоны. В целом

гидродинамические исследования содержат в себе серьезный исследовательский компонент и их нельзя считать оперативным мониторингом. В этой связи настоящие руководящие принципы не содержат каких-либо определенных указаний в отношении гидродинамических измерений озер.

Наблюдения за температурой воды весьма часто проводятся в связи с гидродинамическими измерениями потока. Отбор проб для определения качества воды также нередко включает измерения температур поверхностных и подземных вод. Температурные свойства озер и руководящие принципы проведения температурных измерений рассматриваются в главе 5.

Если озеро покрыто льдом - либо постоянно, либо в определенный период, - следует проводить определенный мониторинг ледовых условий. Потенциальными параметрами являются сроки и процессы замерзания и вскрытия льда, а также временные периоды зонального покрытия, толщина и структура. Ледовое покрытие может оказывать различное воздействие, например, на водный транспорт, управление, рыбное хозяйство, первичное продуцирование и качество воды.

В настоящих руководящих принципах не приводится подробного описания мониторинга ледовых условий на озерах.

2.6 Моделирование и прогнозирование водного баланса

При современном рациональном использовании водных ресурсов весьма важную роль играют гидрологическое моделирование и прогнозирование. Применительно к озерам эти средства используются для ряда целей, важнейшей из которых нередко является прогнозирование прихода. В то же время уровень вод озер прогнозируется посредством моделирования, например в регулируемых озерах путем допущения различных вариантов регулирования. В принципе модель водосбора (модель расхода) охватывает все основные элементы гидрологического цикла, включая подземные воды. Помимо прогнозирования, важными средствами для сравнения различных стратегий и сценариев управления являются модели.

В случае комплексного использования гидрологического моделирования и мониторинга они взаимодополняют друг друга. На практике это означает, что результаты мониторинга используются как исходный материал для моделей и их актуализации, при этом имитационные модели могут расширить понимание водного баланса, а также повысить рентабельность программ мониторинга.

В случае международных озер процедуры составления исходного материала для моделирования могут быть весьма требовательными в силу того, что данные и прогнозы об атмосферных осадках и температуре воздуха необходимы со всей площади водосбора озера в режиме, близком к реальному времени. Это же относится к гидрометрическим наблюдениям (особенно стока) в верхних частях речного бассейна. В случае крупного международного озера предполагается, что в эти процессы будет вовлечено большое количество участников (организаций) из нескольких стран.

Что касается рационального использования, то весьма важно стремиться к разработке широкомасштабных оперативных моделей. В случае общей заинтересованности нескольких стран необходимо четкое распределение обязанностей и нагрузки. В этой связи можно определить различные уровни, например техническая эксплуатация, научные исследования и разработки, принятие решений, отчетность и обработка данных.

Справочная литература:

ИСО ТК 13 - Измерение потока жидкостей. Серия стандартов, доступная через национальные органы по стандартизации.

Всемирная метеорологическая организация. 1994 год. Руководство по гидрологической практике. ВОЗ № 168, пятое издание, Всемирная метеорологическая организация, 735 стр. англ. текста.

РЕЗЮМЕ главы 2

- Составление карты основных морфологических характеристик соответствующего озера.
- Исследование роли (величины и колебаний) компонентов водного баланса и обеспечение хорошей информационной базы о всех важных компонентах.
- Оценка необходимости гидрологических измерительных станций различного вида. Обеспечение достаточных данных и информации о гидрологических переменных по всей площади водосбора.
- Разработка системы управления качеством для гидрологического мониторинга, отчетности и услуг. Эта система должна охватывать все озеро и его бассейн.
- Разработка оперативных средств гидрологического моделирования и прогнозирования для рационального использования озера в случае отсутствия такой системы.

3 ОЦЕНКА НАГРУЗОК

3.1 Общие вопросы

При планировании программ мониторинга озера, и особенно при оценке данных его мониторинга, абсолютно необходима информация об общих нагрузках на озеро. Наиболее важными данными обычно являются надежные статистические данные о сбросах сточных вод. В то же время РВД (статья 5) требует, чтобы в районе речного бассейна проводился обзор влияния деятельности человека на окружающую среду и экономический анализ водопользования. Каждое государство-член должно обеспечить, чтобы для каждого района речного бассейна или для части района международного речного бассейна, находящейся на его территории, проводились следующие оценки:

- анализ его характеристик и
- обзор влияния деятельности человека на состояние поверхностных и подземных вод.

Государства-члены должны собирать и пополнять информацию о виде и масштабах значительных антропогенных нагрузок, которым подвергаются поверхностные воды на каждом участке речного бассейна. Во многих случаях самая значительная доля от общей нагрузки приходится на прямой сброс в озера сточных вод. Однако и другие виды деятельности человека все чаще оказывают негативное воздействие на водотоки и их биоту.

Особенно расширились масштабы неточечного сброса из нескольких разных источников, таких как сельское хозяйство и лесное хозяйство, что даже создало опасные с точки зрения загрязнения ситуации, которые в первую очередь связаны с серьезным увеличением уровня эвтрофикации. В то же время землепользование изменило естественное состояние многих водных объектов, и в частности значительно ухудшило эксплуатационную пригодность водотоков.

Относительно новым явлением является так называемая внутренняя нагрузка в димиктических озерах. Существуют две основные причины, вызывающие внутреннюю нагрузку:

- Донные отложения, состояние которых ранее значительно ухудшилось в результате сбросов недостаточно очищенных сточных вод, теперь, находясь в процессе очистки, выделяют в воду в течение удивительно длительного времени дополнительное количество биогенных веществ.

- В ходе расширения масштабов эвтрофикации озер образуется значительное избыточное поголовье рыбы, обычно состоящее из мелкой плотвы, леща и т.д. Эти породы рыбы, как правило, питаются донным кормом и возвращают отложившиеся биогенные вещества, особенно фосфор, назад в эпилимнетическую водную массу в минеральной форме, готовой для первичного продуцирования.

3.2 Проверка нагрузок в соответствии с Руководством РВД в отношении нагрузок и воздействий

Прежде чем начинать планирование программы мониторинга для озера, необходимо иметь, в частности, информацию в отношении всех нагрузок. При проведении этой работы рекомендуется использовать отдельные проверочные перечни для обеспечения выявления всех соответствующих загрязнителей. Весьма полезным примером является соответствующий перечень, представленный в таблице 2 Руководства ОСО по анализу нагрузок и воздействий (2002 год) (Таблица 4.2 в окончательном варианте Руководства ОСО по анализу нагрузок и воздействий (2002 год), стр. 55-57 английского текста).

Таблица 2. Неполный перечень нагрузок, подлежащих рассмотрению.

№.	Вид источника	Источник в рамках конкретного вида источника
10	ДИФФУЗНЫЙ ИСТОЧНИК	
12	Городская канализация (включая поверхностный сток)	Промышленные/коммерческие предприятия
11		Городские районы (включая канализационные сети)
16		Аэропорты
19		Автомагистрали
19		Железнодорожные пути и объекты
19		Порты
13		Сельскохозяйственный диффузный источник
13	Культуры с интенсивным использованием биогенных веществ или пестицидов или длительными периодами оголенной почвы (например, кукуруза, картофель, сахарная свекла, виноград, хмель, фрукты, овощи)	
13	Чрезмерный выпас скота, ведущий к эрозии	
13	Садоводство, включая теплицы	
13	Сброс сельскохозяйственных отходов на земли	
15	Лесное хозяйство	
15		Посадка леса/подготовка грунта
15		Лесоповал
15		Использование пестицидов

№.	Вид источника	Источник в рамках конкретного вида источника
15		Использование удобрений
22		Дренаж
19		Загрязнение нефтепродуктами
11	Прочие диффузные источники	Утилизация осадков сточных вод в земле
		Атмосферные осадения
19		Сброс в поверхностные воды отвалов с дноуглубительных выработок
19		Судоходство/навигация
ТОЧЕЧНЫЙ ИСТОЧНИК		
11	Сточные воды	Городские сточные воды, главным образом бытовые
11		Городские сточные воды со значительным промышленным компонентом
11		Ливневые стоки и аварийные сливы
11		Сточные воды из частного сектора, преимущественно бытового характера
11		Сточные воды из частного сектора со значительным промышленным компонентом
19		Порты
12	Промышленность	Газ/нефть
12		Химические вещества (органические и неорганические)
12		Целлюлоза, бумага и картон
12		Шерстяные изделия/текстильные изделия
12		Черная металлургия
12		Пищевая промышленность
12		Пивоварение/перегонка
12		Электроника и другие потребители хлорсодержащих растворителей
12		Дровяные склады/обработка древесины
12		Строительство
25		Энергетика
12		Кожевенное производство
19		Судостроительные верфи
12		Другие перерабатывающие производства
17	Горнодобывающая промышленность	Активная разработка глубоких шахт
17		Действующие карьеры открытой добычи угля/открытые разработки
17		Разведка и добыча угля и нефти
15		Торфодобыча
17		Заброшенные угольные (и другие) шахты
17		Заброшенные угольные (и другие) шахтные отвалы (горные выработки)
17		Хвостовые отвалы

№.	Вид источника	Источник в рамках конкретного вида источника
18	Загрязненные земли	Старые свалки
18		Городские промышленные объекты (органические и неорганические)
18		Сельские объекты
18		Военные объекты
13	Сельскохозяйственные точечные источники	Навозная жижа
13		Силос и другие корма
13		Использование раствора для купания овец и его сброс
13		Складирование навоза
12		Химические вещества сельскохозяйственного назначения
19		Сельскохозяйственное топливо
19		Сельскохозяйственные предприятия
18	Управление отходами	Эксплуатация свалок
18		Эксплуатация станций по обработке мусора, склады лома и т.д.
18		Сброс несельскохозяйственных отходов на земли
14	Аквакультура	Прудовое рыбоводство/возделывание водяного креса/аквакультура
14		Разведение рыбы в морских клетях
12	Переработка, использование и выбросы из всех промышленных/сельскохозяйственных секторов	Приоритетные вещества
12		Приоритетные опасные вещества
12		Другие соответствующие вещества
ЗАБОР ВОДЫ		
21	Сокращение расхода	Забор для сельского хозяйства
21		Забор для снабжения питьевой водой
21		Забор промышленностью
24		Забор рыбоводческими предприятиями
23		Забор гидроэнергетическими объектами
21		Забор открытыми разработками/карьерами открытой добычи угля
22		Забор для нужд навигации (например, водопроводящие каналы)
20	ИСКУССТВЕННОЕ ПОДПИТЫВАНИЕ	
26		Пополнение запасов подземных вод
30	МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК	
22	Регулирование потока	Гидроэнергетические плотины
21		Водоснабжающие водохранилища

№.	Вид источника	Источник в рамках конкретного вида источника
22		Защитные дамбы от наводнений
22		Отводы воды
22		Водосливы
36	Управление речным бассейном	Физическое изменение русла
35		Инженерная деятельность
31		Активизация сельского хозяйства
31		Активизация рыбного хозяйства
32		Земельная инфраструктура (сооружение дорог/мостов)
36		Землечерпальные работы
36	Переходное управление и рациональное использование прибрежной зоны	Устьевые/прибрежные дночерпальные работы
36		Судоремонтные предприятия, верфи и порты
31		Мелиорация земель и польдеры
30		Подсыпка песка для крепления берегов (защитные меры)
30	Другие морфологические источники	Заграждения
	ДРУГИЕ АНТРОПОГЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ	
12		Незаконный сброс мусора/отходов
11		Удаление осадков сточных вод в море (в прошлом)
33		Штольни/туннели, затрагивающие потоки подземных вод
40		Эксплуатация/добыча других животных/растительных ресурсов
10		Создание зон отдыха
41		Вылов/ужение рыбы
40		Интродуцированные виды
40		Интродуцированные заболевания
10		Изменения климата
31		Осушение земель

В этом же Руководстве были представлены также определенные критерии для различных видов нагрузок.

3.3 Сбросы сточных вод

Мониторинг городских сточных вод имеет в большинстве европейских стран долгую историю, поскольку, как правило, все начиналось с очистки городских сточных вод, за которой вскоре последовала очистка промышленных сточных вод. Законодательство в отношении очистки сточных вод также хорошо разработано. Обычно не существует никаких реальных проблем с регулярным получением относительно надежной информации об общих характеристиках нагрузки, например о БПК, фосфоре и азоте.

Кроме того, в настоящее время законодательство ЕС содержит весьма четкие директивы, касающиеся очистки и мониторинга сбросов сточных вод. К числу важнейших директив относятся директива об очистке городских сточных вод (ДОГС) и так называемая директива КПОР, конкретно посвященная промышленным сбросам.

Директива об очистке городских стоков (Директива ДОГС)

В законодательстве ЕС директива Совета от 21 мая (91/271/ЕЕС) касается сбора, очистки и удаления городских стоков и удаления стоков предприятий некоторых отраслей промышленности. Целью данной Директивы является защита окружающей среды от вредного воздействия сбросов стоков.

В статье 9 Директивы ДОГС содержится также обязательство, касающееся трансграничных водных объектов:

- В том случае, когда воды, находящиеся под юрисдикцией какого-либо государства-члена, подвергаются вредному воздействию городских стоков из другого государства-члена, пострадавшее государство-член может уведомить о происходящем другую страну и Комиссию.

В статье 15 Директивы ДОГС приводятся следующие общие руководящие принципы проведения мониторинга:

- Компетентные органы или соответствующие организации обязаны вести мониторинг:
 - стоков, сбрасываемых с очистных сооружений;
 - количества и состава шлама, утилизируемого в поверхностных водах.
- Компетентные органы или соответствующие организации обязаны вести мониторинг стоков, сбрасываемых с очистных сооружений, а также прямых сбросов в тех случаях, когда возможно значительное воздействие на окружающую среду.

Директива об очистке городских стоков содержит следующие обязательства, касающиеся методов мониторинга и оценки результатов:

- Государства-члены обязаны обеспечить применение метода мониторинга, как минимум соответствующего уровню изложенных в Директиве требований.
- Образцы (пропорционально нагрузке на очистные сооружения или отбираемые в определенные часы) должны отбираться в одном и том же установленном месте на выходе и, при необходимости, на входе очистных сооружений для обеспечения соблюдения требований данной Директивы в части сбрасываемых стоков.

- В процессе работы должны применяться общепринятые лабораторные методы с тем, чтобы свести к минимуму деградацию образцов за период времени с отбора до анализа.
- Минимальное годовое количество образцов должно устанавливаться в соответствии с размерами очистных сооружений и отбираться регулярно в течение всего года. Например, если подушевой эквивалент очистного сооружения составляет от 2 000 до 9 999, то в течение первого года мониторинга должно отбираться 12 образцов.

Наиболее часто анализируемыми параметрами при осуществлении программы мониторинга стоков являются следующие: биологическая потребность в кислороде (БПК₅ при 20°C без нитрификации), химическая потребность в кислороде (ХПК_{Cr}, гомогенизированный, нефилтрованный, неотстоянный образец с окислением дихроматом калия), общее количество взвешенных твердых частиц, общее содержание фосфора (спектрофотометрия методом молекулярной абсорбции) и общее содержание азота (сумма всего азота по методу Кьельдаля (органический N + NH₃), нитрат (NO₃) - азота и нитрит (NO₂) - азота).

Директива о комплексном предотвращении и ограничении загрязнения (Директива КПКЗ)

Директива Совета 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 года о комплексном предотвращении и ограничении загрязнения, так называемая Директива КПКЗ, также включает обязательства по проведению мониторинга. Целью данной директивы является обеспечение комплексного предотвращения и ограничения загрязнения, вызываемого видами деятельности, перечисленными в приложении I. В приложении I приводятся следующие основные категории видов производственной деятельности:

- Энергетика.
- Производство и обработка металлов.
- Обработка минерального сырья.
- Химическая промышленность.
- Управление отходами.
- Прочие виды деятельности (промышленные установки для производства целлюлозы из древесины или иных волокнистых материалов и производство бумаги и картона).

В статье 6 (Заявления на получение разрешений) Директивы КПКЗ перечислены обязательные пункты, которые должны отражаться в заявлениях на получение разрешения. Заявление компетентному органу должно, в частности, содержать описание:

- Источников выбросов с объекта.
- Условий, существующих в месте расположения объекта.
- Характера и объема предполагаемых выбросов с объекта в каждую из сред, а также выявления случаев значительного воздействия выбросов на окружающую среду.
- Мер, запланированных для мониторинга выбросов в окружающую среду.

Разрешение должно включать предельные величины выбросов для загрязняющих веществ, в частности для тех из них, которые перечислены в приложении III и которые могут содержаться в больших количествах в выбросах объекта, с учетом их особенностей и их способности переносить загрязнение из одной среды в другую (вода, атмосфера, земля). Примерный перечень основных загрязняющих веществ, которые следует принимать во внимание (если они имеют место), содержит следующие вещества:

- Органогалогенные соединения и вещества, которые могут образовывать такие соединения в водной среде.
- Фосфорорганические соединения.
- Оловоорганические соединения.
- Вещества и препараты, о которых достоверно известно, что они обладают канцерогенными или мутагенными свойствами или свойствами, которые могут оказывать отрицательное воздействие на воспроизводство в водной среде или через нее.
- Стойкие углеводородные и стойкие и биоаккумулируемые органические токсические вещества.
- Цианиды.
- Металлы и их соединения.
- Мышьяк и его соединения.
- Бициды и препараты для защиты растений.
- Материалы во взвешенном состоянии.
- Вещества, способствующие эвтрофикации (в особенности нитраты и фосфаты).
- Вещества, оказывающие неблагоприятное воздействие на кислородный баланс (и которые могут измеряться с использованием таких параметров как БПК, ХПК и т.д.).

Во всех случаях условия, содержащиеся в разрешении, должны предусматривать, согласно Директиве КПЗ, положения, направленные на сведение к минимуму загрязнений, распространяющихся на большие расстояния, или трансграничного загрязнения и на обеспечение высокого уровня охраны окружающей среды в целом.

Разрешение должно содержать соответствующие требования по мониторингу выбросов с указанием методологии и частоты измерений, метода оценки и обязательства предоставлять компетентному органу данные, необходимые для проверки соответствия условиям, содержащимся в разрешении.

Результаты мониторинга выбросов, как это требуется согласно условиям разрешения, должны быть доступны для общественности. Один раз в три года Комиссией публикуется реестр основных выбросов и их источников, основанный на данных, предоставленных государствами-членами. В статье 17 (Трансграничное воздействие) Директивы КПКЗ содержатся важные разделы, касающиеся трансграничных вод. Они сводятся к следующему:

- Если одному из государств-членов становится известно, что эксплуатация объекта может оказывать значительное отрицательное воздействие на окружающую среду в другом государстве-члене, или соответствующее требование выдвигается государством-членом, которое может ощутить на себе указанное значительное воздействие, то государство-член, на территории которого в соответствии со статьей 4 или статьей 12 (2) было подано заявление на получение разрешения на эксплуатацию объекта, направляет информацию, предоставленную в соответствии со статьей 6, второму государству-члену, одновременно доводя ее до сведения своего собственного населения. Такая информация используется в качестве основы для консультаций, которые могут проводиться в рамках двусторонних отношений между двумя государствами-членами на обоюдной и равноправной основе.
- В рамках двусторонних отношений государства-члены следят за тем, чтобы в случаях, о которых говорится в пункте 1, заявления на получение разрешения в течение надлежащего периода времени были также доступны для общественности государства-члена, которое может ощутить на себе указанные последствия, с тем чтобы она имела возможность выразить свое мнение до того, как компетентным органом будет принято соответствующее решение.

3.4 Неточечная нагрузка

Оценка неточечной нагрузки на водный бассейн сопряжена с большими трудностями, поскольку на количественные и временные колебания воздействует очень

много разных факторов. В целом можно допустить, что важнейшие факторы имеют гидрологический характер. Вместе с тем следует уточнить следующие подобласти различных видов деятельности, которые могут являться причиной значительного увеличения неточечной нагрузки:

1. Оценка и выявление значительного загрязнения из диффузных источников, вызванного городскими, промышленными, сельскохозяйственными и другими объектами и видами деятельности.
2. Оценка и выявление значительного расхода воды городскими, промышленными, сельскохозяйственными и другими пользователями, включая сезонные колебания и общегодовой спрос, а также потери воды в системах распределения.
3. Оценка и выявление воздействия активного регулирования водных потоков, включая переброску и отвод воды, на общие характеристики потока и водные балансы.
4. Выявление значительных морфологических изменений, влияющих на водные объекты.
5. Оценка и выявление других значительных антропогенных воздействий на состояние поверхностных вод.
6. Оценка методов землепользования, включая выявление основных городских, промышленных и сельскохозяйственных зон и, где это уместно, зон рыбного промысла и лесных зон.

В РВД, особенно в статье 10 (Комплексный подход к точечным и диффузным источникам), указывается на важность неточечной нагрузки. Значение неточечной нагрузки из различных источников, как весьма важный фактор эвтрофикации, также отмечается в других международных соглашениях.

Директива о нитратах

Директива Совета 91/676/ИИС от 12 декабря 1991 года о защите воды от загрязнения нитратами из сельскохозяйственных источников направлена на уменьшение загрязнения воды, вызванного или индуцированного нитратами из сельскохозяйственных источников, и предотвращение такого дальнейшего загрязнения.

В статье 5 Директивы о нитратах предусматриваются обязательства о мониторинге: государства-члены должны разрабатывать и осуществлять соответствующие программы

мониторинга для оценки эффективности программ действий, а в статье 10 - обязательства об отчетности: государства-члены должны представлять в отношении четырехлетнего периода после получения уведомления о данной Директиве и в отношении каждого последующего четырехлетнего периода доклад Комиссии, содержащий резюме результатов мониторинга, включая изложение соображений, на основании которых производится выявление каждой уязвимой зоны, а также осуществляется любой их пересмотр или отнесение к этой категории новых зон.

3.5 Землепользование

Изучение неточечной нагрузки, особенно из сельскохозяйственных районов, проводилось в ряде стран в течение длительного времени, и теперь можно с достаточной степенью надежности оценить, например, количественные и сезонные колебания общей фосфорной и азотной нагрузки от культивируемых площадей. Весьма схожая ситуация наблюдается в лесном хозяйстве.

Хотя связь между интенсивностью сельскохозяйственного использования земель и стоком биогенных веществ не вызывает сомнения, возможность создания универсальной модели этого явления, которую можно было бы использовать на практике, по-прежнему остается иллюзорной. Сток биогенных веществ из бассейна водосбора определяется рядом различных факторов, таких, как гидрологические и метеорологические условия, использование удобрений, вид почв, растительный покров, сельскохозяйственные культуры, рельеф ландшафта и размеры барьерной среды обитания, например водно-болотные угодья и другие.

Это подразумевает индивидуальный подход к конкретным водным объектам. Оценка попадания биогенных веществ из сельскохозяйственных районов становится исключительно важной, когда источники загрязнения в значительной степени ликвидированы и когда можно утверждать, что причиной эвтрофикации поверхностных вод являются неточечные источники.

Нагрузка, вызываемая городскими или пригородными поверхностными стоками, напротив, не так хорошо изучена. Мониторинг этого вида нагрузки сопряжен со многими трудностями, причем колебания значений весьма отчетливы и достигают значительных размеров. Вместе с тем общегодовая нагрузка, например фосфора, находится в диапазоне от 20 до 200 кг/км² (Меланен, 1981 год). В некоторых случаях эта нагрузка может оказывать серьезное воздействие на процессы эвтрофикации озера.

3.6 Внутренняя нагрузка

Во многих случаях, несмотря на полное прекращение сбросов в озеро сточных вод, улучшение экологического положения озера происходит крайне медленно. Существуют две основные причины, вызывающие внутреннюю нагрузку:

- Повторное накопление в придонном слое озера фосфора и других элементов из сильно разложившихся донных отложений в анаэробных условиях.
- Чрезмерное увеличение поголовья рыбы, обычно мелкой плотвы, леща и т.д., которое происходит в ходе расширения масштабов эвтрофикации озер.

Оценка внутренней нагрузки требует проведения специальных обследований соответствующего озера. Различия в нагрузках на разные озера настолько велики, что разработка общих руководящих принципов оценки не представляется возможной. К числу важнейших переменных, подлежащих обследованию, обычно относятся фосфор и азот.

Справочная литература:

CIS Guidance for the analysis of the Pressures and Impacts. 2002. In accordance with the Water Framework Directive. 104 p.

Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment (Директива Совета 91/271/EEC от 21 мая 1991 года об очистке городских стоков). Official Journal L 135, 30/05/1991. p. 40–52.

Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (Директива Совета 91/676/EEC от 12 декабря 1991 года о защите вод от загрязнения нитратами из сельскохозяйственных источников). Official Journal L 375, 31/12/1991. p. 1-8.

Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control (Директива Совета 96/61/EC от 24 сентября 1996 года о комплексном предотвращении и контроле загрязнений). Official Journal L 257, 10/10/1996. p. 26-40.

Keto J. and Sammalkorpi I. 1988. A Fading recovery: a conceptual model for lake Vesijärvi man-agement and research. Aqua Fennica 18: 193-204. ISSN 0356-7133.

Maybeck, M. 1983. Dissolved loads of rivers and surface water quantity/quality relationships. Atmospheric inputs and river transport of dissolved substances. IAHS Publication No. 141, Galliard Ltd. Great Yarmouth, UK.

Melanen, M. 1991. 1981. Quality of runoff water in urban areas. Publications of the Water Research Institute, National Board of Waters, Finland, No. 42, 123-190. ISBN 951-46-6066-8, ISSN 0355-0982.

Soranno, P.A., S.R. Carpenter and R.C. Lathrop. 1997. Internal phosphorus loading in Lake Mendota: response to external loads and weather. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54:1883-1893.

РЕЗЮМЕ главы 3:

- Выявление нагрузки городских стоков, сбрасываемых в озера или через реки.
- Выявление промышленных сбросов.
- Выявление всех возможных причин неточечной нагрузки, особенно из сельскохозяйственных зон.
- Оценка землепользования в водосборном бассейне озера.
- Проведение некоторых оценок внутренней нагрузки, особенно в сильно эвтрофицированных или загрязненных озерах.
- Определение нагрузки из различных источников, например БПК, концентрации фосфора и азота (кг/год).
- Выявление всех соответствующих загрязняющих веществ, сброшенных в озеро.

4. ПРОГРАММЫ МОНИТОРИНГА, МЕСТА И ЧАСТОТА ОТБОРА ПРОБ

4.1 Программа мониторинга

Первый этап осуществления мониторинга заключается в планировании самой программы мониторинга. Для определения объекта программы существуют самые разные возможности. Иногда ее целью может быть лишь один отдельный объект, например одно озеро, в рамках определенного водотока. Кроме этого, местный мониторинг может также осуществляться в форме различных видов региональных программ мониторинга. В то же время во многих странах имеются собственные национальные программы мониторинга.

В Рамочной водной директиве (РВД) (200/60/ЕС) мониторинг подразделяется на следующие три принципиально различные части:

- Наблюдательный мониторинг
- Оперативный мониторинг
- Расследовательский мониторинг

Программы наблюдательного мониторинга предназначены для получения информации о соответствующем водном объекте для:

- Дополнения и подтверждения достоверности оценки воздействия.
- Рационального и эффективного планирования будущих программ мониторинга.
- Оценки долгосрочных изменений природных условий.
- Оценки долгосрочных изменений, являющихся результатом широкой антропогенной деятельности.

Результаты такого мониторинга анализируются и используются в сочетании с процедурой оценки воздействия для определения потребностей существующих и дальнейших планов управления речным бассейном. Осуществление этого этапа мониторинга относится к компетенции органа, занимающегося водными ресурсами.

Оперативный мониторинг проводится с целью:

- Определения состояния водных объектов, подверженных риску невыполнения ими своих экологических задач.

- Оценки любых изменений состояния таких объектов в результате осуществления программы мероприятий.

В период действия плана управления речным бассейном программа может корректироваться на основании информации, полученной во исполнение требований приложения II (РВД) или данного приложения. Такая корректировка осуществляется, в частности, для сокращения частоты мониторинга там, где воздействие оказалось незначительным или была снята нагрузка. Осуществление этого этапа мониторинга возлагается на загрязнителей.

Расследовательский мониторинг проводится в тех случаях, когда:

- Установлен факт каких-либо превышений по неизвестным причинам.
- Когда результаты наблюдательного мониторинга показывают, что целевые значения, установленные для водных объектов согласно статье 4, могут не быть достигнуты, а программа оперативного мониторинга еще не была введена в действие с целью определения причин, по которым экологические задачи не могут быть выполнены данным водным объектом или объектами.
- Необходимо определить масштабы и степень воздействия аварийных загрязнений и информировать о программе мероприятий для достижения экологических задач и специальных мер для ликвидации последствий аварийных загрязнений.

4.2 Места отбора проб

Важной составной частью любой программы мониторинга озера является измерение и оценка таких основных гидрологических и гидрометеорологических характеристик, как атмосферные осадки, снежный покров, уровень воды, речной сток, сбросы осадений (осаждения во взвешенном состоянии и донная нагрузка), испарение и эвапотранспирация, влажность почв, температура и данные о ледовых условиях.

При выборе мест гидрологического мониторинга для управления трансграничным речным бассейном следует учитывать цель, для которой данные или регистрационные показатели собираются, и доступность конкретного места. В целом для обеспечения интерполяции уровня воды и сбросов между станциями вдоль основного русла реки следует размещать достаточное количество гидрометрических станций. Кроме этого, для измерения водных балансов требуется оборудовать достаточное количество наблюдательных станций на мелких рукавах реки и на ее притоках. Гидрометрические

станции на озерах и водохранилищах обычно размещаются вблизи их нижнего окончания водотока, но в достаточном отдалении от него во избежание воздействия водопонижения.

При отборе мест в рукавах реки важным фактором являются гидрологические условия, особенно там, где уровни воды используются для расчета величин сброса посредством определения зависимостей водного уровня (кривые расхода). Четкие зависимости определяются на станциях, расположенных в рукавах с естественным режимом, на которые не оказывают воздействие колебания подпора воды на гидрометрическом пункте, возникающие в результате влияния расположенных вниз по течению притоков или эксплуатации водохранилищ либо приливного эффекта.

Для большинства рукавов требуется систематическая регистрация уровня воды, в дополнение к более частым снятиям данных во время наводнений. Установка регистраторов уровня воды особенно необходима для тех рукавов, уровень которых подвержен резким колебаниям. Постоянная регистрация речного стока необходима при проектировании систем водоснабжения и оценке осадочной или химической нагрузки рукавов, включая загрязняющие вещества.

К факторам, которые следует учитывать при определении плана частоты и распределения измерений сброса в течение года, относятся:

- Стабильность соотношения уровня и сброса; сезонные характеристики сброса и колебания.
- Доступность гидрометрических станций в различные периоды года.

На новых станциях требуется проводить много измерений сброса при различных уровнях стока для определения соотношения уровня и сброса, а на существующих станциях следует проводить столько измерений, сколько требуется для регистрации и обновления данных о соотношении уровня и сброса. Важнейшее значение имеет надлежащее определение сброса во время наводнений и в ледовых условиях.

Инструкции, касающиеся мониторинга внутренних вод, содержатся в статье 8 РВД (Мониторинг состояния поверхностных вод, подземных вод и охраняемых зон), и они заключаются в следующем:

- Государства-члены должны обеспечить разработку программ для мониторинга состояния воды для того, чтобы получить взаимосвязанный и полный обзор состояния воды по каждому району речного бассейна.

- Для поверхностных вод такие программы должны охватывать:
 - i) объем, уровень или интенсивность потока до степени, соответствующей экологическому и химическому состоянию, а также экологическому потенциалу, и
 - ii) экологическое и химическое состояние и экологический потенциал.
- Эти программы должны стать работающими не позднее, чем через 6 лет с даты вступления в силу данной Директивы (декабрь 2006 года).

Подробные требования, предъявляемые к программам мониторинга, изложены в приложении V.

Сеть мониторинга экологического и химического состояния поверхностных вод должна организовываться в соответствии с требованиями статьи 8 (как указано выше). Сеть мониторинга должна быть спроектирована таким образом, чтобы обеспечивать взаимосвязанный и полный обзор экологического и химического состояния в рамках каждого речного бассейна и позволять подразделять водные объекты на пять классов. Государства-члены должны включать в план управления речным бассейном карту или карты, отражающие сеть мониторинга поверхностных вод.

Процедура отбора проб при мониторинге озер отличается от соответствующей процедуры при мониторинге рек. Как правило, состояние озер стабильнее, чем состояние рек. Выбор мест для отбора проб является самым первым этапом осуществления программ мониторинга.

Наблюдательный мониторинг осуществляется на базе поверхностных водных объектов, достаточных для проведения оценки общего состояния поверхностных вод в пределах зоны и подзоны водосбора внутри района речного бассейна. При выборе таких объектов страны-члены обеспечивают, чтобы мониторинг проводился, где это применимо, в таких точках, где:

- Скорость водного потока является значительной внутри района речного бассейна в целом, включая точки расположения на крупных реках, площадь водосбора которых превышает 2 500 км².
- Объем имеющейся воды является значительным в пределах района речного бассейна, включая крупные озера и водохранилища.

- Значительные водные объекты пересекают границу страны-члена.
- Места расположения определены согласно Решению об информационном обмене 77/795/ЕЕС.
- Существуют другие места, которые необходимы для оценки нагрузки загрязнений, переносимых за границы государства-члена, а также тех, которые переносятся в морскую водную среду.

Оперативный мониторинг должен проводиться для всех водных объектов, где было установлено - либо на основании оценки воздействия, проведенной согласно приложению II, либо на основании результата наблюдательного мониторинга, - что они подвержены риску невыполнения своей экологической роли в соответствии со статьей 4, а также для объектов, в которые сбрасываются вещества из приоритетного списка загрязняющих веществ. Расположение точек мониторинга веществ из приоритетного списка следует выбирать исходя из тех законодательных актов, в которых изложен соответствующий стандарт экологического качества.

Во всех остальных случаях, включая вещества из приоритетного списка, по которым в данных законодательных актах специальные инструкции отсутствуют, выбор расположения точек мониторинга осуществляется исходя из следующего:

- Для объектов, подверженных риску значительных воздействий нагрузки точечных источников, - достаточное количество точек мониторинга для оценки масштаба и степени воздействия данного точечного источника. В случаях, когда водный объект подвержен воздействию нескольких нагрузок точечных источников, выбор точек мониторинга осуществляется с целью оценки общего масштаба и степени воздействия.
- Для объектов, подверженных риску значительных воздействий нагрузки диффузных источников, - достаточное количество точек мониторинга для оценки масштаба и степени воздействия данных диффузных источников. Выбор объектов мониторинга осуществляется таким образом, чтобы они являлись репрезентативными в отношении относительных рисков проявления воздействий диффузных источников, а также в отношении риска несоответствия хорошему состоянию поверхностных вод.
- Для объектов, подверженных риску значительного гидроморфологического воздействия, - достаточное количество точек мониторинга для выбранных объектов с целью оценки масштаба и степени гидроморфологического воздействия. Выбор

объектов мониторинга должен быть индикативным в отношении общего гидроморфологического воздействия, которому подвержены все данные водные объекты.

Пример размещения мест взятия отбора для различных видов озер представлен на рис. 6.

Расследовательский мониторинг проводится в тех случаях, когда:

- Установлен факт каких-либо превышений по неизвестным причинам.
- Результаты наблюдательного мониторинга показывают, что целевые значения, установленные для водных объектов согласно статье 4, могут не быть достигнуты, а программа оперативного мониторинга еще не была введена в действие с целью определения причин, по которым экологические задачи не могут быть выполнены данным водным объектом или водными объектами.
- Необходимо определить масштаб и степень воздействия аварийных загрязнений и информировать о создании программы измерений для достижения экологических задач и специальных мероприятий для ликвидации последствий аварийных загрязнений.

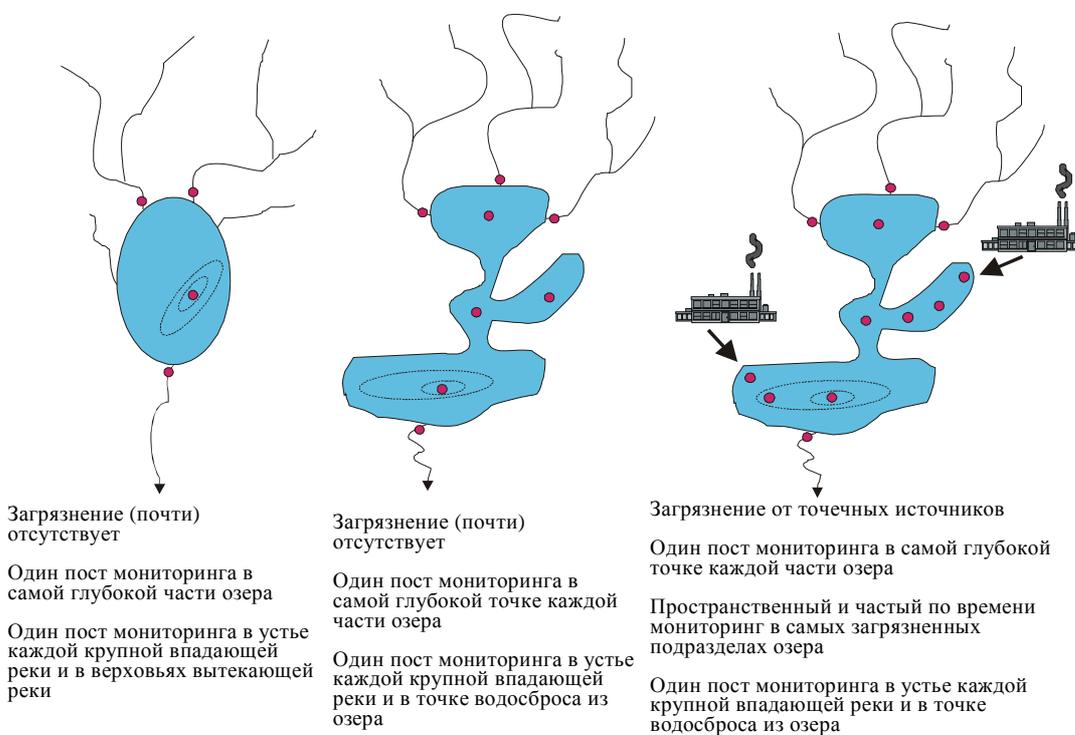


Рис. 6. Примеры размещения постов мониторинга для различных видов озер

В стратифицированных озерах пробы должны отбираться по вертикали с различных глубин. Даже в естественных озерах в период стратификации могут наблюдаться существенные различия в качестве воды между эпилимнионом и гиполимнионом. В особенности содержание кислорода в гиполимнионе может указывать на первые признаки загрязнения в конце периода стратификации, прежде всего в северных странах, где озера покрыты льдом в течение более длительного времени.

Биологические процессы в эпилимнионе и гиполимнионе в период стратификации также неодинаковы. В эпилимнионе доминирующим процессом является первичное продуцирование с более высокой плотностью водорослей и значительными суточными колебаниями, например концентрации кислорода и рН. В гиполимнионе доминирующую роль играют процессы бактериального разложения, ведущие к снижению концентраций кислорода и создающие весьма высокую степень загрязненности и даже полное отсутствие кислорода.

Пример вертикального отбора проб показан на рис. 7. Для данного озера характерна высокая степень летней стратификации, которая иллюстрируется температурной кривой. В данном случае можно весьма четко выделить эпилимниотические и гиполимниотические слои. Причина вертикального отбора проб очевидна.

На рис. 7 изображено нормальное размещение глубины отбора проб. Во всех случаях требуется производить отбор проб с определенных уровней, которые можно использовать для всех озер для расширения возможности сопоставления с разными озерами. Такими глубинами является один метр и один метр выше дна в самой глубокой части озера ($z-1$ м на рис. 7). В то же время в более глубоких озерах в качестве постоянного слоя отбора проб довольно часто используется глубина в 5 м ввиду более стабильного качества по сравнению со слоем глубиной в 1 м, расположенным под самой поверхностью озера.

Другие глубины отбора проб следует определять в соответствии с температурной стратификацией, для того чтобы можно было получить информацию о более глубокой части эпилимниона, а также о верхней части гиполимниона. В более глубоких озерах вертикаль отбора проб во многих случаях составляет более десяти глубин отбора проб. В программах мониторинга, предусматривающих сбор данных в течение более длительного периода, глубины мониторинга могут ограничиваться самыми информативными (и стабильными) слоями.

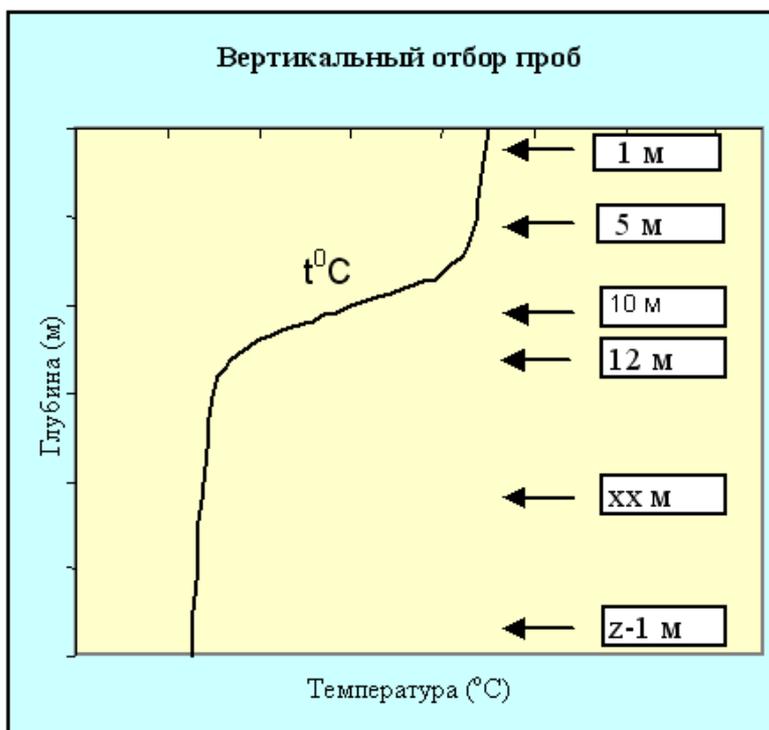


Рис. 7. Пример вертикального размещения точек отбора проб в стратифицированном озере (в летний период)

4.3 Частота отбора проб

Частота отбора проб определяется как компромисс между экологическими потребностями и экономическими возможностями. При обычном мониторинге озера пробы обычно отбираются несколько раз в год. Самыми важными периодами являются периоды стратификации вод. Основным периодом мониторинга является летний период стратификации. В этот период процессы первичного продуцирования наиболее динамичны, равно как и процесс разложения органических веществ. В эвтрофизированных или загрязненных озерах в летний период следует отбирать несколько проб.

В северной части Европы озера могут быть покрыты льдом в течение более короткого или длительного зимнего сезона. В этих случаях также требуется отбор проб в условиях зимней стратификации.

РВД содержит также ряд общих рекомендаций в отношении проведения наблюдательного мониторинга. Частота мониторинга переменных значений, отражающих физико-химические элементы качества, определяется на основании имеющихся технических

знаний и экспертных заключений. Мониторинг биологических и гидроморфологических элементов качества должен проводиться по крайней мере один раз в течение периода наблюдательного мониторинга, т.е. один раз в шесть лет.

Частота оперативного мониторинга по любому параметру должна определяться государствами-членами таким образом, чтобы получать достаточный объем данных для достоверной оценки состояния соответствующего элемента качества. Проводить мониторинг рекомендуется с интервалами, не превышающими интервалы, указанные в таблице ниже, если только по техническим показателям и мнению экспертов более продолжительные интервалы между замерами не являются более предпочтительными.

Частота должна обеспечивать приемлемую степень надежности и точности. Степень надежности и точность, обеспечиваемая системой мониторинга, должна быть указана в плане управления речными бассейнами.

При определении частоты мониторинга следует принимать во внимание колебания параметров под влиянием как природных, так и антропогенных факторов. Время проведения мониторинга должно быть определено таким образом, чтобы минимизировать воздействие сезонных колебаний на его результаты и таким образом обеспечить, чтобы результаты отражали изменения в состоянии водного объекта под воздействием антропогенной нагрузки. Для достижения этой цели, где это необходимо, в разное время года должен проводиться дополнительный мониторинг.

Диапазон гидрологических характеристик озер весьма широк и колеблется от проточных озер с весьма быстрой сменой воды до озер с подземным стоком с длительным временем пребывания воды. Для большинства озер с быстрой сменой воды рекомендуется проводить ежемесячный отбор проб. Более частый отбор проб может время от времени требоваться в озерах, в которых происходит кратковременное повышение кислотности или наблюдаются резкие скачки концентрации нитратов. В то же время в тех случаях, когда имеются данные для расчета величины переноса элементов из районов водосбора, рекомендуется увеличивать частоту отбора проб в периоды наводнений (Маннио, 2000 год).

Квартальный или сезонный отбор проб представляется достаточным для озер с длительным временем пребывания воды. В отдаленных районах, в которых частый отбор проб невозможен в силу практических и экономических причин, даже одноразовый отбор проб в течение года может оказаться полезным для долгосрочного мониторинга. Такой отбор проб должен производиться ежегодно в одно и то же время, обычно в конце летней стратификации, хотя при мониторинге тенденций подкисления воды предпочтительнее производить отбор проб вскоре после осенних циркуляций (Маннио, 2000 год).

Согласно РВД наблюдательный мониторинг проводится по каждой точке мониторинга в течение одного года в период, охватываемый планом управления речным бассейном по:

- Параметрам, являющимся показателями для всех биологических элементов качества.
- Параметрам, являющимся показателями для всех гидроморфологических элементов качества.
- Параметрам, являющимся показателями для всех общих физико-химических элементов качества.
- Списку приоритетных загрязняющих веществ, сбрасываемых в речной бассейн или подбассейн.
- Другим загрязняющим веществам, сбрасываемым в значительных количествах в речной бассейн или подбассейн, если только при проведении предыдущего наблюдательного мониторинга не было установлено, что данный водный объект достиг хорошего состояния, а анализ антропогенной деятельности, согласно приложению II, не выявил каких-либо изменений данного воздействия на объект. В таких случаях наблюдательный мониторинг должен проводиться по каждому из трех планов управления речным бассейном.

Инструкция по проведению мониторинга внутренних вод содержится в статье 8 Рамочной водной директивы (Мониторинг состояния поверхностных вод, подземных вод и охраняемых зон), как это описывается в главе 1.3. Наблюдательный мониторинг осуществляется на базе поверхностных водных объектов, достаточных для проведения оценки общего состояния поверхностных вод в пределах зоны и подзоны водосбора внутри района речного бассейна. При выборе таких объектов государства-члены обеспечивают, чтобы мониторинг проводился, где это применимо, в таких точках, где:

- Скорость водного потока является значительной внутри района речного бассейна в целом, включая точки расположения на крупных реках, площадь водосбора которых превышает 2 500 км².
- Объем имеющейся воды является значительным в пределах района речного бассейна, включая крупные озера и водохранилища.
- Значительные водные объекты пересекают границу государства-члена.

- Места расположения определены согласно Решению об информационном обмене 77/795/ЕЕС.
- Существуют другие места, которые необходимы для оценки нагрузки загрязнений, переносимых за границы государства-члена, а также тех, которые переносятся в морскую водную среду.

Оперативный мониторинг проводится для всех тех водных объектов, где было установлено - либо на основании оценки воздействия, проведенной согласно приложению II, либо на основании результатов мониторинговых исследований, - что они подвержены риску невыполнения своей экологической роли в соответствии со статьей 4, а также для объектов, в которые сбрасываются вещества из приоритетного списка загрязняющих веществ. Расположение мониторинговых точек по веществам из приоритетного списка следует выбирать исходя из тех законодательных актов, в которых изложен соответствующий стандарт экологического качества.

Во всех остальных случаях, включая вещества из приоритетного списка, по которым в данных законодательных актах специальные инструкции отсутствуют, выбор расположения мониторинговых точек осуществляется исходя из следующего:

- Для объектов, подверженных риску значительных воздействий нагрузок точечных источников, - достаточное количество мониторинговых точек для оценки масштаба и степени воздействия данного точечного источника. В случаях, когда водные объекты подвержены воздействию нескольких нагрузок точечных источников, выбор мониторинговых точек осуществляется с целью оценки общего масштаба и степени воздействия.
- Для объектов, подверженных риску значительных воздействий нагрузок диффузных источников, - достаточное количество мониторинговых точек для оценки масштаба и степени воздействия данных диффузных источников. Выбор объектов мониторинга осуществляется таким образом, чтобы они являлись репрезентативными в отношении относительных рисков проявления воздействий нагрузок диффузных источников, а также в отношении риска несоответствия хорошему состоянию поверхностных вод.
- Для объектов, подверженных риску значительного воздействия гидроморфологической нагрузки, - достаточное количество мониторинговых точек для выбранных объектов с целью оценки масштаба и степени воздействия данных гидроморфологических нагрузок. Выбор объектов для мониторинга должен быть

индикативным в отношении общего воздействия гидроморфологической нагрузки, которому подвержены все данные водные объекты.

Наблюдательный мониторинг проводится по каждой точке мониторинга в течение одного года в период, охватываемый планом управления речным бассейном по:

- Параметрам, являющимся показателями для всех биологических элементов качества.
- Параметрам, являющимся показателями для всех гидроморфологических элементов качества.
- Параметрам, являющимся показателями для всех общих физико-химических элементов качества.
- Списку приоритетных загрязняющих веществ, сбрасываемых в речной бассейн или подбассейн.
- Если при проведении предыдущего наблюдательного мониторинга не было установлено, что данный водный объект достиг хорошего состояния, а анализ антропогенной деятельности, согласно приложению II, не выявил каких-либо изменений данного воздействия на объект, то в этих случаях наблюдательный мониторинг должен проводиться по каждому из трех планов управления речных бассейном.

Расследовательский мониторинг проводится в тех случаях, когда:

- Установлен факт каких-либо превышений по неизвестным причинам.
- Результаты мониторинговых исследований показывают, что целевые значения, установленные для водных объектов согласно статье 4, могут не быть достигнуты, а программа оперативного мониторинга еще не была введена в действие, с целью определения причин, по которым экологические задачи не могут быть выполнены данным водным объектом или водными объектами, или
- Необходимо определить масштаб и степень воздействия аварийных загрязнений и информировать о программе мероприятий для достижения экологических задач и специальных мер для ликвидации последствий аварийных загрязнений.

Справочная литература:

Bartram, J. & Ballance. R. (2001). Water Quality Monitoring. A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. Spoon Press, London. ISBN 0419223207. 383 p.

CIS Guidance on Monitoring 2003. Water Framework Directive. Common Implementation Strategy, Working Group 2.7, Monitoring. Final Version. 23 January 2003, 164 p.

Heinonen, P., Ziglio. G. & Van der Beken, A. (Eds.) (2000). Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester. ISBN 0-471-89988-7. 372 p.

Mannio, J. 2000. Principles of Monitoring the Acidification of Lakes. In Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring (Eds. Heinonen, P., Ziglio, G. & Van der Beken, A.), 247-255.

Wetzel. R.G. (2001). Limnology: Lake and River Ecosystems, 3rd edition. Academic Press. ISBN 012744601. 850 p.

РЕЗЮМЕ главы 4:

- Определение зоны мониторинга в соответствии с информационными потребностями.
- Определение мест отбора проб исходя из гидрологической и морфологической информации, информации о сбросах и других факторов нагрузки.
- Определение требуемых характеристик.
- Определение частоты отбора проб.
- Определение глубин отбора проб в стратифицированных озерах.
- Произведение реалистичных расчетов стоимости программы мониторинга и возможностей непрерывного финансирования.

5. ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ

5.1 Температурные сезонные режимы озера

Самая первая информация о физических свойствах озера, которой следует располагать, это данные о температурных условиях. Естественно, это означает необходимость проведения наблюдений за температурными сезонными режимами, особенно в период стратификации. Регулярная/нерегулярная стратификация и циркуляция воды оказывают огромное воздействие на физические, химические и особенно биологические характеристики экосистемы озера.

Самые большие температурные колебания озер наблюдаются в северных странах. В течение года в северных озерах можно регулярно регистрировать следующие четыре отдельных температурных режима:

- Летняя стратификация
- Осенняя циркуляция
- Зимняя стратификация (= обратная стратификация)
- Весенняя циркуляция.

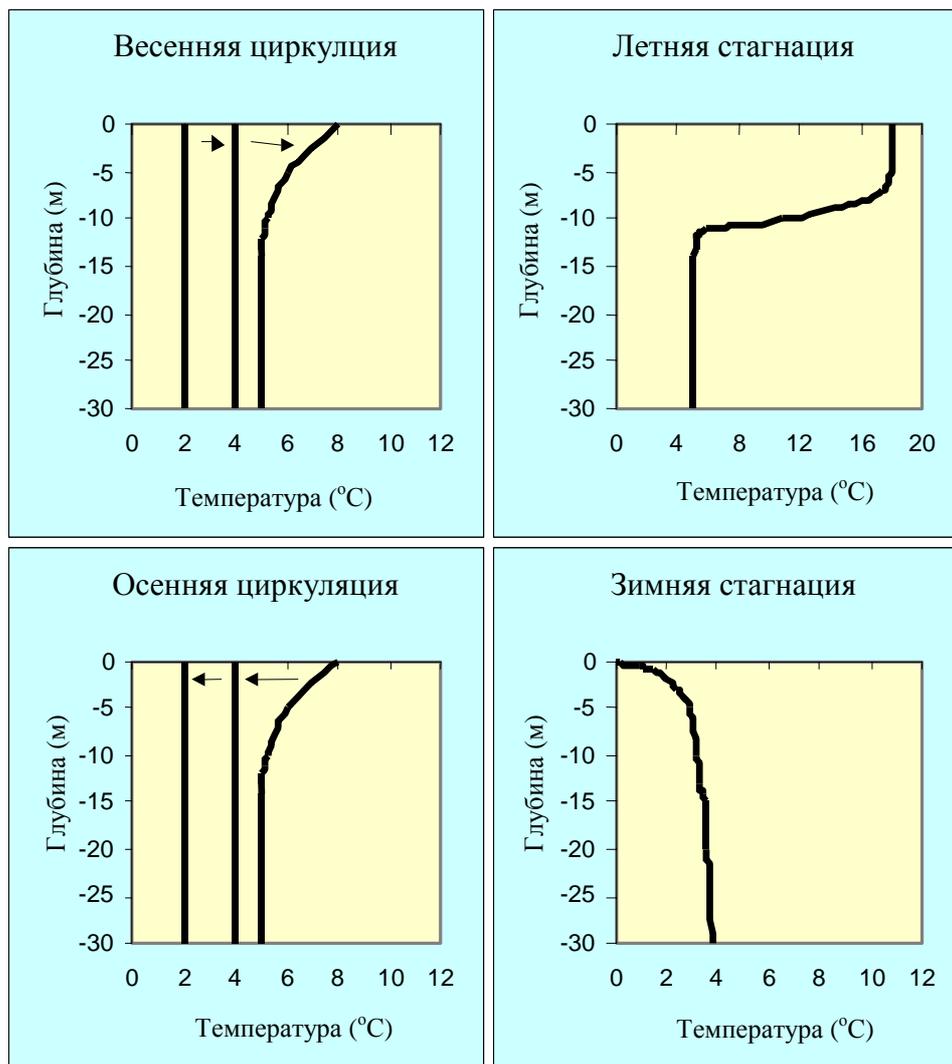


Рис. 8. Четыре температурных сезонных режима типичного димиктического озера и температурная стратификация в эти периоды года

Существование разных циклов температурных свойств озера можно в общем теоретически обосновать аномальными свойствами воды; максимальную плотность воды можно обнаружить при температуре $+4,0^{\circ}\text{C}$. По мере охлаждения воды ее плотность начинает постепенно уменьшаться и при $0,0^{\circ}\text{C}$ она составляет 0,9998. В момент замерзания такой холодной воды плотность льда резко падает до величины всего 0,9168 (Хатчинсон, 1957 год). Аналогичным образом по мере потепления воды от $+4,0^{\circ}\text{C}$ плотность воды уменьшается и, например, при $+25,0^{\circ}\text{C}$ она составляет 0,9970.

Рассмотрение температурных сезонных режимов можно начать с ситуации озера ранней весной, когда вода начинает прогреваться. Солнечная энергия выступает в качестве основного фактора, вызывающего индуцированный плотностью воды

температурный цикл озера. Солнечное тепло поглощается водой и распределяется и изменяется в результате воздействия на озеро ряда таких факторов, как ветровая энергия, течение воды и морфометрия бассейна. Если озеро более глубокое, придонные слои водной массы не прогреваются. В период летней стратификации такое озеро обычно стратифицируется на три слоя (рис. 8): эпилимнион (верхний слой), металимнион (промежуточный слой) и гиполимнион (самый глубокий слой).

Эпилимнион - это менее плотный, более или менее равномерно прогретый и довольно турбулентный слой воды, а гиполимнион - это более плотный, более холодный и относительно спокойный слой. Переходным слоем между эпилимнионом и гиполимнионом является металимнион, в котором происходит быстрое падение температуры в узкой зоне, называемой зоной температурного скачка.

В период летней стратификации в любом глубоком озере обычно можно обнаружить разные температурные слои. Эти слои называются:

- Эпилимнион - верхний слой озера, который более или менее равномерно прогрет и постоянно циркулирует
- Гиполимнион - глубинный, холодный и относительно спокойный слой
- Зона температурного скачка (или металимнион) - слой быстрого падения температуры, отделяющий эпилимнион от гиполимниона.

Общая глубина озера оказывает заметное воздействие на вид летней стратификации, который можно обнаружить в озере. В этой связи важными факторами являются форма соответствующего озера и преобладающие направления ветра. В период ветреного и относительно холодного лета вид стратификации полностью отличается от стратификации в условиях спокойного и преимущественно теплого лета.

В глубоких озерах границы эпилимниона и гиполимниона обычно легко обнаруживаются. Наоборот, в мелководных озерах (глубиной менее 10 м) гиполимнион зачастую не является очевидным и весь объем воды представляет собой полностью циркулирующий продуктивный эпилимнион. Такое также обычно происходит в водохранилищах.

Осенью вода в озере начинает охлаждаться и на более позднем этапе вся масса воды достигает той же температуры, что и температура гиполимниона в предшествующий период летней стратификации. Затем начинается осенняя циркуляция. Если осенний период продолжителен и сопровождается относительно сильным ветром, вся масса воды

охлаждается в период осенней циркуляции до температуры явно ниже $+4^{\circ}\text{C}$ и еще ниже до $+2^{\circ}\text{C}$, а в самых больших и глубоких озерах - даже до $+1-1,5^{\circ}\text{C}$.

Зима начинается, когда охлаждавшаяся осенью вся масса воды достигает температуры менее $+4^{\circ}\text{C}$, а температура воздуха, особенно в условиях спокойной погоды, падает ниже 0°C . Зимой стратификация происходит в обратном порядке по сравнению с летом, т.е. самый холодный слой воды находится прямо под ледовым покровом, а более теплая вода - в более глубоких слоях. Когда озеро покрыто льдом, температура воды прямо под ним составляет $+0,1^{\circ}\text{C}$. Если предшествующая осень была долгой, разница между температурами эпилимниона и гипolimниона весьма незначительна. Это оказывает большое воздействие на, например, кислородный баланс озера.

Наоборот, если зима наступает рано, замерзание озера может происходить уже после весьма короткого периода циркуляции. Температура воды подо льдом составляет в силу наличия ледяного покрова $+0,1^{\circ}\text{C}$, однако в самых глубоких частях она может равняться даже $+4^{\circ}\text{C}$. При такой температуре потребление кислорода разлагающимся органическим веществом происходит значительно быстрее, что может привести к общему дефициту кислорода вблизи дна.

Весной ледовый покров разрушается, при этом весенняя циркуляция воды может быть быстрой, а если температура воздуха достаточно высока, то и неполной.

Во всем мире в озерах можно обнаружить огромное количество различных видов стратификации. Наиболее часто встречаются следующие виды:

- Холодные мономиктические озера; циркуляция только один раз в год. В короткий летний период температура остается ниже $+4^{\circ}\text{C}$.
- Теплые мономиктические озера; циркуляция только один раз в год без замерзания. Озера умеренной зоны.
- Димиктические озера; циркуляция происходит дважды в год с ежегодным замерзанием. Озера умеренной зоны.
- Полимиктические озера; циркуляция происходит несколько раз в год. Мелководные озера. Озера умеренной или тропической зоны.

Существование температурной стратификации можно легко выявить посредством измерения температуры на различных глубинах озера. Информация о температурных

условиях озера имеет огромное значение для определения стратегии отбора проб (например, времени и глубины отбора).

5.2 Измерение температурных характеристик

Программа фактического мониторинга на месте отбора проб начинается с наблюдений за вертикальной стратификацией температуры. В некоторых случаях может также потребоваться информация о горизонтальном распределении.

Температуру можно измерять при помощи стеклянного термометра, который помещается внутрь пробы воды. Измерение температуры облегчается при использовании электронного термометра, который (зондирующий щуп) можно опускать на длинных шнурах на различные глубины от поверхности до дна озера.

Температура должна измеряться *in situ* вертикальными сериями, начиная от самого близкого к поверхности воды уровня. Первое измерение обычно производится на глубине одного метра, затем двух, трех, четырех и пяти метров. После пяти метров можно переходить к измерению температуры с интервалами в пять метров, а на глубине 20 м - с интервалами в 10 м. Вместе с тем, если различие между двумя вертикальными последовательными измерениями превышает 1°C (пример, приведенный на рис. 9), потребуются более частые измерения.

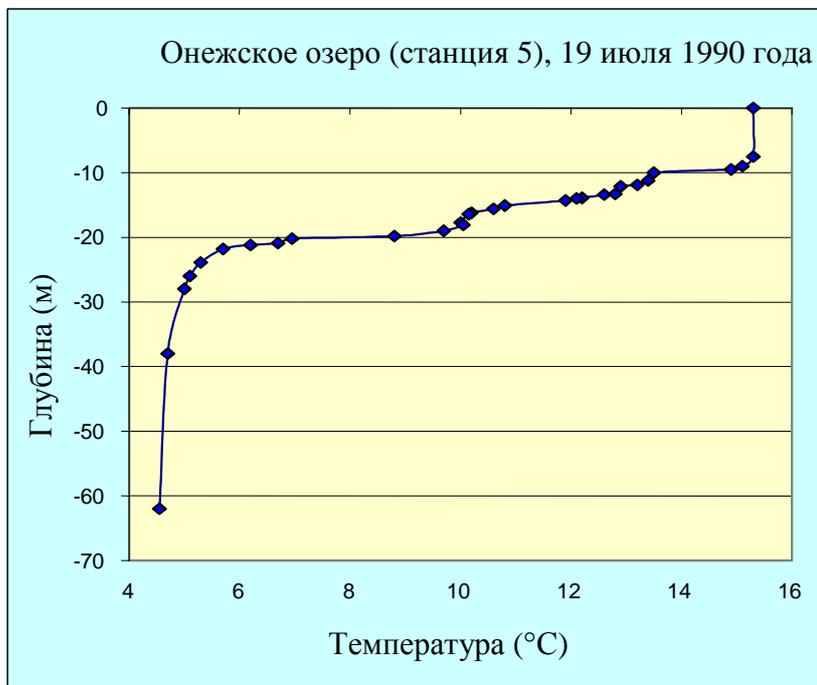


Рис. 9. Измерение температурных характеристик в димиктическом озере в период летней стратификации (Онежское озеро, лето 1990 года, Филатов и Хейнонен, 1997 год).

В Онежском озере, представляющем собой весьма открытое озеро, летняя стратификация очень отчетливо выражена. Первые десять метров эпилимниона являются однородными при температуре чуть выше 15°C . На глубине от 10 до 20 м изменение температуры воды значительно и составляет более восьми градусов. Гиполимнион начинается примерно с 20 метров. Глубже 30 м и до самого дна (около 62 м) уменьшение температуры воды составляет всего лишь порядка $0,5^{\circ}\text{C}$.

Величина эпилимниона крайне значительна. При помощи температурных измерений можно получить надежные оценки толщины, а при помощи батиметрической карты - оценки объема продуктивного эпилимниона.

Кроме того, требуется определить толщину или объем гиполимниона, в котором происходит частичный распад. Без точных температурных измерений невозможно сформулировать на основании результатов анализа надежные выводы, касающиеся, например, первичного продуцирования или концентрации кислорода.

5.3 Некоторые специальные замечания

Иногда в ходе часто повторяемых вертикальных измерений температуры воды можно столкнуться с ситуациями, которые весьма легко интерпретировать как ошибки в практическом проведении измерений. Чаще всего эти ситуации вызваны так называемым явлением сейши (рис. 10) и притоком подземных вод в озера. Реже такие случаи вызываются меромиксисом озер.

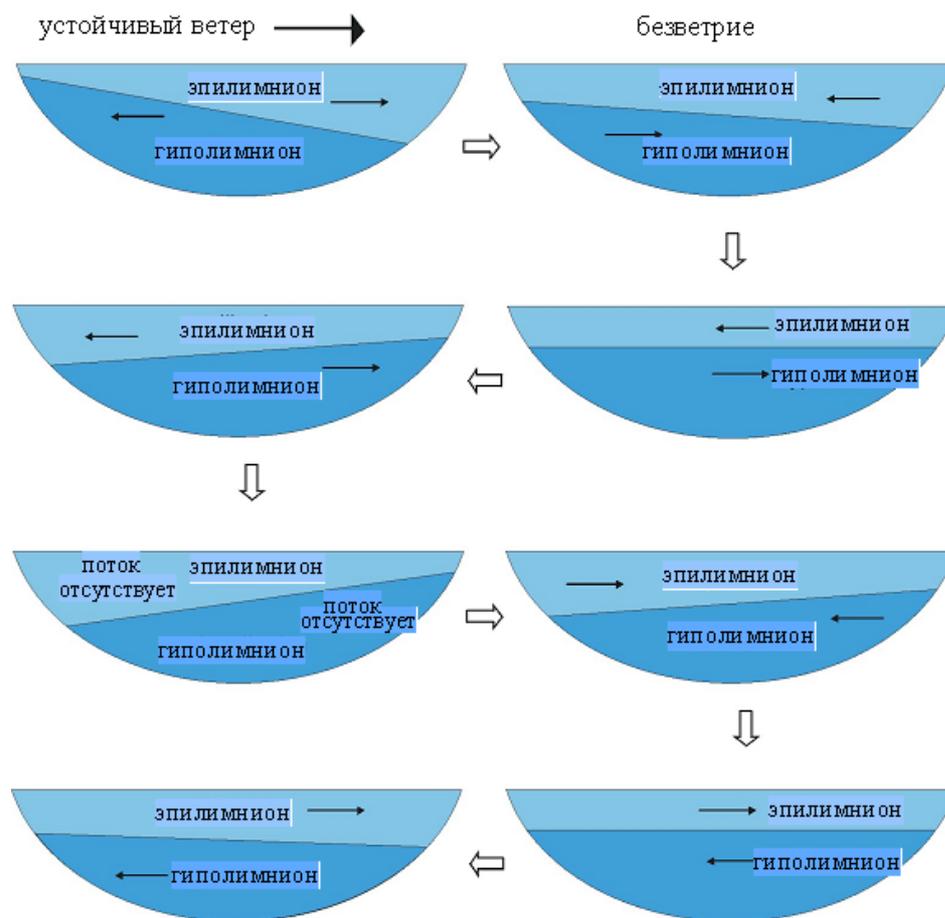


Рис. 10. Схематическое развитие сейш в озере

Хатчинсон (1957 год) использует слово "сейши" для определения стационарных колебаний озера или крупных независимых разделов озера. Сейши - это французское слово, которое переводится как нечто напоминающее "колебания назад и вперед". Иногда сейши также называют стоячими волнами. В большинстве случаев причиной возникновения сейш является любая сила, т.е. быстрое изменение превалярующего направления ветра, атмосферное давление и обильные дожди, которые гонят воду в один конец бассейна, а затем прекращают свое действие.

Существует два различных вида сейш - поверхностные и внутренние сейши. Поверхностные сейши характерны для нестратифицированных крупных и обычно вытянутых в длину озер, в которых сильный ветер гонит воду в один конец озера. Когда ветер прекращается, вода возвращается назад против ветра и таким образом она колеблется взад и вперед. Амплитуда колебаний обычно весьма невелика по сравнению с внутренними сейшами и не оказывает значительного воздействия на химический или

биологический состав озера. Поверхностные сейши можно обнаружить на озерах лишь в виде небольших повышательных и понижательных движений воды.

Внутренние сейши характерны для крупных, протяженных и стратифицированных озер. Они обычно возникают, когда озеро находится в стратифицированном состоянии и связано с колебаниями эпилимнетических и гиполимнетических слоев и слоя температурного скачка в стоячей волне. Чаще всего внутренние сейши можно наблюдать в слое температурного скачка, и обычно они обнаруживаются как увеличение и уменьшение этого слоя. Внутренние сейши могут быть незаметны с поверхности. Высота внутренних сейш обычно гораздо больше поверхностных сейш и может достигать десяти и даже более метров. Внутренние сейши формируют основное движение воды в гиполимнионе.

Во время образования внутренних сейш температура воды может сильно колебаться, особенно на глубине температурного скачка. Внутренние сейши играют важную роль, поскольку они переносят тепло и растворенные вещества на большие расстояния как вертикально, так и горизонтально и таким образом могут значительно изменять распространение, а также продуктивность фитопланктона и зоопланктона за счет изменений в температурной и химической стратификации.

Другой причиной неожиданных результатов температурных измерений являются относительно теплые подземные воды, которые попадают в стратифицированные озера, обычно в прохладный или холодный гиполимнион. Как правило, их можно обнаружить в важных с лимнологической точки зрения и относительно тонких водных слоях, расположенных весьма близко от донных отложений. Вода здесь явно теплее, чем поверхностные воды. Например, в период зимней стратификации можно обнаружить температуры, которые значительно превышают теоретический максимум в $+4^{\circ}\text{C}$. Химический состав этих слоев подземных вод также весьма различен.

Одна из причин аномальных температурных кривых заключается в явлении, известном как меромиксис. Хатчинсон (1957 год) определяет термин меромиксис следующим образом: озеро, в котором в периоды циркуляции определенная часть воды остается частично или полностью несмешанной с основной водной массой, называется меромиктическим озером. Озеро, относящееся к обычному виду, называется голомиктическим.

Причины меромиксиса согласно Хатчинсону можно отнести к эктогеническим, креногеническим и биогеническим категориям. Меромиктические условия можно обнаружить прежде всего в умеренных зонах в озерах на относительно больших глубинах и местах, защищенных от ветра. Развитию меромиксиса способствует континентальный

климат. Чаще всего меромиксис встречается во время застоявшейся зимы в относительно глубоких озерах, защищенных высокими горами.

Справочная литература:

Filatov, N. & Heinonen, P. (Eds.). 1997. Results of the Finnish-Russian Joint Study of the Lakes Onega, Ladoga and Saimaa Conducted in the Summer of 1990. The Finnish Environment. International Cooperation 105, 97p. ISBN 952-11-0131-8, ISSN 1238-7312.

Herve, S., 2000. Chemical Variables in Lake Monitoring. In: Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring (Eds. Heinonen, P., Ziglio, G. & Van der Beken, A.). John Wiley & Sons, Ltd. Chichester. ISBN 0-471-89988-7. 41-54.

Hutchinson, G.E., 1957. A Treatise on Limnology, Volume I: Geography, Physics, and Chemistry, John Wiley & Sons, New York.

Wetzel. R.G. (2001). Limnology: Lake and River Ecosystems, 3rd edition. Academic Press. ISBN 012744601. 850 p.

РЕЗЮМЕ главы 5:

- Мониторинг озера всегда начинается с измерения температуры в самой глубокой части озера.
- Следует стремиться как можно точнее определить слой температурного скачка.
- На основании температурных данных следует планировать проведение окончательного вертикального отбора проб.
- При оценке данных следует использовать температурные показатели.

6. ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

6.1 Определения

В настоящей главе рассматриваются физические и химические переменные, которые характеризуют абиотическую часть водного биотопа. Они упоминаются в Рамочной водной директиве (РВД) в качестве вспомогательных физико-химических элементов качества при оценке экологического состояния водного бассейна на основе биологических элементов качества (как это описано в главе 7 настоящих Руководящих принципов). В Рамочной водной директиве (приложение V) перечислены следующие химические и физико-химические элементы, играющие вспомогательную роль по отношению к биологическим элементам:

- общие элементы
- прозрачность
- температурные условия
- насыщенность кислородом
- соленость
- подкисление
- концентрация биогенных веществ
- специфические загрязняющие вещества
- загрязнение всеми приоритетными веществами, которые обнаруживаются в водном объекте
- загрязнение другими веществами, которые обнаруживаются в водном объекте в значительных количествах.

В РВД приводятся общие определения для общих условий экологического состояния озер. Экологическое качество озера считается высоким, если оно отвечает следующим характеристикам:

- значения физико-химических элементов полностью или почти полностью соответствуют значениям при отсутствии воздействия
- концентрация биогенных веществ остается в диапазоне, который обычно ассоциируется с отсутствием воздействия
- уровни солености, рН, кислородный баланс, кислото-нейтрализующая способность, прозрачность и температура не обнаруживают признаков антропогенного воздействия и остаются в диапазоне, обычно ассоциируемом с отсутствием воздействия

Если в озере уже произошли незначительные изменения в результате антропогенного воздействия, то его экологическое состояние можно считать хорошим при условии, что:

- температура, кислородный баланс, рН, кислото-нейтрализующая способность, прозрачность и соленость не достигли значений, превышающих диапазон, установленный для обеспечения функционирования экосистемы и достижения величин, определенных для биологических элементов качества (как это описано в главе 6)
- концентрации биогенных веществ не превышают значений, установленных для обеспечения функционирования экосистемы и достижения величин, определенных для биологических элементов качества (как это описано в главе 7).

Если в озере уже произошли неблагоприятные изменения и оно подверглось загрязнению, то его состояние должно классифицировать только как "умеренное состояние", причем это определение означает, что условия должны соответствовать достижению величин, определенных для биологических элементов качества.

6.2 Основные характеристики химических и физико-химических элементов качества для озер в соответствии с Руководством РВД по мониторингу

В разработанном Рабочей группой 2.7 ОСО Руководстве по Рамочной водной директиве (Мониторинг) представлена некоторая систематически собираемая и обрабатываемая информация о различных элементах качества. Информация об основных характеристиках каждого химического и физико-химического элемента качества для озер представлена в таблице 3 (Таблица 3.6 в окончательном варианте Руководства ОСО по мониторингу (2003 год), стр. 55-57 англ. текста).

Структура этой таблицы аналогична структуре приложения V РВД, поскольку все элементы качества (ЭК) представляются в ней в том же порядке, а затем рассматриваются следующие вопросы, касающиеся всех элементов:

- измеряемые параметры, отражающие ЭК
- значимость ЭК
- нагрузка, на которую реагируют ЭК
- отбор проб и методология
- стандарты
- применимость ЭК к озерам
- основные преимущества

- основные недостатки
- выводы/рекомендации.

Данная таблица приводится на страницах ниже.



Рис. 11. Озеро Хапаярви, эвтрофицированное озеро в юго-восточной части Финляндии с высокими концентрациями фосфора и азота

Таблица 3. Основные характеристики каждого химического и физико-химического элемента качества для озер

Аспект/ характеристика	Прозрачность	Температурные условия	Насыщенность кислородом	Соленость	Подкисление	Биогенные вещества
Измеряемые параметры, отражающие ЭК	Глубина прозрачности по диску Секки, мутность, цвет, общее содержание твердых взвешенных веществ (ОСТВВ)	Температура	Растворенный кислород, ООУ, БПК, ХПК, ДОС	Проводимость	Щелочность, pH, КНС	Общее содержание P, SRP, общее содержание N, N-NO ₃ , N-NO ₂ , N-NO ₄
Значимость элемента качества	Эвтрофикация, подкисление	Гидрологический цикл, биологическая активность	Производство, респирация, минерализация		Буферная способность, чувствительность к подкислению	Эвтрофикация
Нагрузки, на которые реагируют ЭК	Сельскохозяйственные, бытовые и промышленные сбросы	Термальные сбросы. Управление водными ресурсами в водохранилищах	Эвтрофикация, загрязнение органическими веществами, промышленные сбросы	Промышленные сбросы, стоки	Кислотные дожди, промышленные сбросы	Сельскохозяйственные, бытовые и промышленные сбросы
Уровень и источники колебаний ЭК	Высокий уровень колебаний, зависящий от аллохтонного и автохтонного материала	Высокий уровень колебаний, зависящий от климатических условий, топографии, морфологии и размеров водного объекта	Изменчивый уровень колебаний, суточные изменения в результате биологического круговорота кислорода/ фотосинтеза	Низкий - средний уровень колебаний, зависящий от климатических факторов	Низкий - средний уровень колебаний, зависящий от климатических факторов	Низкий - средний уровень колебаний, зависящий от климатических факторов
Мониторинговые соображения	Сезонные колебания	Сезонные колебания (перемешивание и стратификация)	Суточные колебания. Высокий градиент в стратифицированных озерах	Сезонные колебания	Сезонные колебания	Достаточное видообразование для распознавания источников (точечных и диффузных)
Методология отбора проб	In situ с использованием диска Секки.	Использование in situ термисторных зондов или ртутных	Получение данных в режиме реального времени;	Использование in situ погружаемых зондов	Измерение in situ pH при помощи зондирования.	Отбор проб на местах и их последующий лабораторный анализ

Аспект/ характеристика	Прозрачность	Температурные условия	Насыщенность кислородом	Соленость	Подкисление	Биогенные вещества
	ОСТВВ: отбор проб на местах и последующий лабораторный анализ. Мутность: использование in situ мутномеров, нефелометров Цвет: сопоставление in situ со шкалой Фореля-Уле или в лаборатории	термометров реверсивного типа	использование in situ погружаемых зондов; отбор проб на местах и их последующее лабораторное титрование по методу Винклера		Отбор проб и их последующий лабораторный анализ	
Типичная частота отбора проб	Ежемесячно/ ежеквартально, в зависимости от периодичности отбора проб биологических элементов. В северных странах раз в две недели или раз в месяц в период сезона роста.	Ежемесячно/ ежеквартально	В зависимости от морфологических характеристик озера: ежедневно/ ежемесячно или в конце периодов стратификации (поздней зимой в случае ледового покрытия или поздним летом)	Ежемесячно/ ежеквартально. Должна измеряться в период таяния снега или обильных дождей	Ежемесячно/ ежеквартально. Должна измеряться в период таяния снега или обильных дождей	Ежемесячно/ ежеквартально. В северных странах раз в две недели или раз в месяц в период сезона роста
Время года отбора образцов	Все времена года	Все времена года	Все времена года	Все времена года	Все времена года	Все времена года или главным образом в период роста. Поздней зимой в придонных водах также измеряется SRP
Типичный размер "пробы"	Наблюдения in situ. Отбор образцов для химических анализов (муть, ОСТВВ)	Параметры водяной толщи	Единичные измерения, параметры водяной толщи. 100 мл для титрования по методу Винклера	Параметры водяной толщи in situ, весь эпилимнион или единичная проба в месте стока (в зависимости от цели мониторинга)	Единичная проба в месте стока озера или профиль водяной толщи	Весь эпилимнион, единичные пробы или профиль водяной толщи (100-500 мл)

Аспект/ характеристика	Прозрачность	Температурные условия	Насыщенность кислородом	Соленость	Подкисление	Биогенные вещества
Степень сложности отбора проб/измерений	Простая при использовании in-situ зондов или пробы поверхностных вод	Простая при использовании in situ зондов или проб пробоотборников воды	Простая при использовании in situ погружаемых зондов или отбора проб с последующим титрованием	Простая при использовании in situ зондов	Простая	Относительно простая. Для глубоких озер требуется глубинный пробоотборник
Базис любых сопоставлений результатов/качества/станций, например эталонных условий/наилучшего качества	Данные за прошлый период или данные по сопоставимым нетронутым озерам	Данные за прошлый период или данные по сопоставимым нетронутым озерам	Данные за прошлый период или данные по сопоставимым нетронутым озерам	Данные за прошлый период или данные по сопоставимым нетронутым озерам	Данные за прошлый период или данные по сопоставимым нетронутым озерам	Статистические методы: индекс MEI для определения общего содержания фосфора. Данные за прошлый период или данные по сопоставимым нетронутым озерам
Наличие совместимой методологии в рамках ЕС	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Текущее применение в программах мониторинга или для классификации в ЕС	Да	Финляндия, Франция, Италия, Норвегия	Финляндия, Франция, Италия, Норвегия, Швеция	Финляндия, Бельгия, Франция, Италия	Бельгия, Финляндия, Франция, Италия, Норвегия, Швеция, Соединенное Королевство	Германия, Испания, Финляндия, Франция, Италия, Ирландия, Нидерланды, Норвегия, Швеция, Соединенное Королевство
Отвечает ли существующая система мониторинга требованиям РВД?	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Отвечает ли система классификации	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет

Аспект/ характеристика	Прозрачность	Температурные условия	Насыщенность кислородом	Соленость	Подкисление	Биогенные вещества
требованиям РВД?						
Стандарты ИСО/ЕКС	Нет	Нет	ИСО 5813:1983 Растворенный кислород ИСО 5815:1989 БПК ₅	Есть	Есть, для КНС стандартов нет	Есть, существует несколько стандартов ИСО
Степень применимости к озерам	Высокая	Высокая	Высокая	Средняя	Высокая	Высокая
Основные преимущества	<ul style="list-style-type: none"> • Простота отбора проб • Возможно, самый универсальный параметр, используемый в лимнологии: служит простым и мощным средством для отслеживания долгосрочных тенденций 	<ul style="list-style-type: none"> • Простота измерения • Имеют важное значение для понимания гидрологического цикла и экологии озера 	<ul style="list-style-type: none"> • Простота отбора проб и измерения • Крайне полезна, поскольку по ней можно судить об общем здоровье озера 	<ul style="list-style-type: none"> • Простота измерения • На проводимость оказывают слабое воздействие антропогенные факторы. Обнаружено наличие хорошей корреляции с проводимостью MEI и концентрацией P, позволяющей определять естественные фоновые (эталонные) концентрации для P. 	<ul style="list-style-type: none"> • Простота измерения • Позволяет выявлять долгосрочные тенденции в процессах подкисления • На щелочность оказывают незначительное влияние антропогенные факторы (за исключением подкисленных и известковых озер). Обнаружено наличие хорошей корреляции с щелочностью MEI и концентрацией P, позволяющей определять 	<ul style="list-style-type: none"> • Позволяет получать информацию и долгосрочные данные о трофическом состоянии

Аспект/ характеристика	Прозрачность	Температурные условия	Насыщенность кислородом	Соленость	Подкисление	Биогенные вещества
					естественные фоновые (эталонные) концентрации для Р.	
Основные недостатки	<ul style="list-style-type: none"> Недостатки отсутствуют 	<ul style="list-style-type: none"> Для надлежащей характеристики температурных условий может потребоваться интенсивный мониторинг 	<ul style="list-style-type: none"> После случаев истощения кислорода в стратифицированных озерах может потребоваться интенсивный мониторинг 	<ul style="list-style-type: none"> Не дает долгосрочных данных о тенденциях 	<ul style="list-style-type: none"> Нет 	<ul style="list-style-type: none"> Необходимость стандартизации аналитических методов
Выводы/ рекомендации	Простота мониторинга. Диск Секки широко используется в лимнологии для оценки биологического состояния озер. Вместе с тем диск Секки не пригоден для оценки эвтрофикации гуминовых озер	Важный вспомогательный параметр для толкования экологических условий. Следует проводить мониторинг сезонных колебаний, изменений с глубиной, а в крупных озерах горизонтальные колебания	Рекомендуется измерять и имеет особенно важное значение в глубоких/стратифицированных озерах и озерах с ледовым покровом	Важный параметр для характеристики озера. Например, по нему можно судить о процессах смешения и метаболической активности в озерах	Важный параметр для характеристики озера. Подкисление имеет большое значение, поскольку от него зависит, в какой химической форме металлы присутствуют в водном объекте. Щелочность и связанные с ней переменные, рН и проводимость являются важными классификационными параметрами	Очень важный показатель деятельности человека/эвтрофикации. Следует как минимум проводить мониторинг общей концентрации N и P, нитратов и ортофосфатов. Мониторинг аммония проводится в тех случаях, когда его концентрация, как это предполагается, может стать

Аспект/ характеристика	Прозрачность	Температурные условия	Насыщенность кислородом	Соленость	Подкисление	Биогенные вещества
						<p>проблематичной, например когда предельные значения превышают конкретный предел. Фосфор чаще всего относят к биогенному веществу, которое определяет рост водорослей в озерах. В этой связи Р следует уделять особое внимание применительно к эвтрофикации озер. Мониторинг биогенных веществ следует проводить не только в воде, но и в отложениях, где, как предполагается, идут активные процессы обмена между водой и наносами.</p>

6.3 Физические параметры

Среди способов физических измерений самым старым и по-прежнему эффективным является метод определения прозрачности при помощи диска Секки (Хатчинсон, 1957 год). Этот метод довольно прост и заключается в оценке того, насколько глубоко его можно видеть. Белый диск, обычно размером всего лишь 10 x 20 см, погружают с поверхности вниз, и та глубина, на которой он исчезает из виду, называется глубиной Секки. Как правило, этой глубиной является та, на которой его можно увидеть снова при подъеме наверх. Средняя величина этих двух глубин является окончательной величиной прозрачности по диску Секки.

Этот метод позволяет достаточно точно оценить степень прохождения света в воде. Значения, полученные методом определения прозрачности при помощи диска Секки, можно использовать, например, при оценке трофогенного слоя озера, а в естественных очень прозрачных озерах и при мониторинге тенденций эвтрофикации в силу того, что водорослевая масса уменьшает глубину Секки.

В самых прозрачных олиготрофных озерах значения прозрачности по диску Секки могут достигать 20 метров, хотя чаще всего они находятся в пределах 10-20 метров. Однако в северных озерах ситуация во многом иная, поскольку находящиеся в них природные гуминовые вещества в значительной степени уменьшают значение прозрачности по диску Секки. В естественных полигуминовых озерах значение по диску Секки составляет всего 0,5-1,0 метра. Из-за гуминовых соединений цвет воды настолько темный, что первичное продуцирование водорослями ограничивается уже на глубине одного метра.

Цветность воды является еще одной действующей физической характеристикой, которая в течение длительного времени используется при мониторинге озер. Это очень эффективный и экономичный метод, особенно в гуминовых водах, служащий для оценки содержания гуминовых веществ. Цветность воды выражается тем или иным числом, которое показывает значение на основе сравнения с определенным эталоном (который готовится из хлористых солей платины (Pt) и кобальта (Co) и выражается в единицах (Pt).

В сильно загрязненных водах рекомендуется измерять так называемую истинную цветность после фильтрации и кажущуюся цветность до фильтрации.

Очень прозрачные воды имеют показатель цветности очень близкий к нулю. Максимальные значения показателя цветности были получены в малых темных полигуминовых озерах, окруженных торфяными болотами. В таких озерах показатели цветности могут нередко превышать 300 Pt единиц.

6.4 Насыщенность кислородом

Кислород, несомненно, является важнейшим газом, который растворяется в воде из атмосферного воздуха, поскольку он выступает в качестве основного биотопного фактора, регулирующего жизнь в водной среде. Степень растворимости кислорода в воде прямо пропорциональна парциальному давлению в газовой фазе и уменьшается в нелинейной прогрессии по мере повышения температуры. В такой весьма равнинной стране, как Финляндия, при расчете уровня насыщения кислородом учитывается только температура воды.

Для определения насыщенности кислородом всегда отбираются пробы в вертикальной последовательности, начиная от самого верхнего слоя в эпилимнионе (обычно один метр) и заканчивая слоем в гиполимнионе на глубине одного метра от донных отложений. Количество проб, которые требуются для оценки кислородного баланса озера, всецело зависят от температурной стратификации озера. В период циркуляции насыщенность кислородом можно измерять путем отбора меньшего количества проб, чем в случае, когда наблюдается значительная разница эпилимнетических и гиполимнетических температур.

Концентрация кислорода определяется при помощи титриметрического метода, который начинается с проведения анализа уже на месте после вертикальных измерений температуры. Результаты выражаются в мг/л или в процентах насыщенности кислородом (рис. 12).

В олиготрофных озерах различие между эпилимнионом и гиполимнионом с точки зрения концентрации кислорода относительно невелико. То же самое относится и к глубоким озерам. Кислородная кривая называется ортоградной кривой. В эвтрофированных озерах ситуация выглядит весьма по-иному. Основным процессом в эпилимнионе - это первичное продуцирование, и поэтому здесь содержание кислорода может значительно повышаться. В гиперэвтрофированных озерах величина насыщения кислородом нередко превышает 150%. В отличие от этого, в гиполимнионе основным процессом является распад органического вещества, образованного в результате первичного продуцирования. В этом слое концентрация кислорода уменьшается.

Насыщенность кислородом в загрязненных или эвтрофированных озерах изменяется в течение продолжительного зимнего периода. В начале зимы после осенней циркуляции концентрация кислорода может быть вполне нормальной во всей массе воды. Зимой максимальное потребление кислорода происходит вблизи придонного слоя, где наблюдается самая высокая температура воды. Потребление кислорода в течение

длительного зимнего периода может привести к его полному дефициту. Концентрация кислорода является весьма эффективным показателем при мониторинге долгосрочных тенденций качества воды в загрязненных или эвтрофированных озерах.

При мониторинге озер проводятся измерения другого газа - диоксида углерода (CO_2). Существует определенный баланс между концентрацией кислорода и концентрацией диоксида углерода, поскольку изменения этих концентраций в озерах в значительной степени связаны с биологическими реакциями.

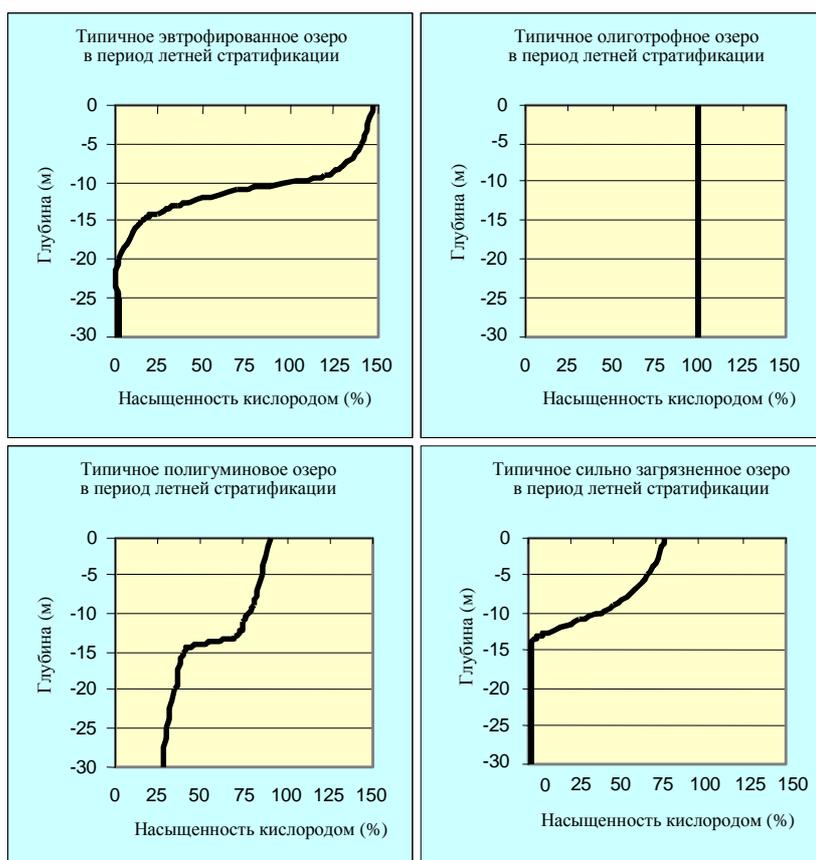


Рис. 12. Кислородный режим в различных видах озер

Содержание органического вещества в озерных водах определяется непосредственно путем анализа ООУ (общее содержание органического углерода) или чаще косвенно путем анализа биохимической потребности в кислороде (БПК_5 или 7 дней), особенно в реках, или химической потребности в кислороде (ХПК_{Mn} , измеряемой с использованием перманганата калия или ХПК_{Cr} , измеряемой с использованием дихромата).

Природные гуминовые вещества могут повышать значение ХПК_{Mn} и ХПК_{Cr} в большинстве озер Финляндии. Кроме того, межсезонные колебания могут достигать

значительной амплитуды. Определенные оценочные данные о концентрациях органического вещества можно также получить путем проведения измерений цветности воды и прозрачности воды по диску Секки.

6.5 Соленость

Соленость озерных вод зависит прежде всего от качества подстилающей породы, почвы водосборного бассейна, месторасположения озера и источника его подпитывания. По показателям солености разные геологические зоны сильно отличаются друг от друга. Пресные воды содержат растворенные двууглекислые и углекислые соли щелочных и щелочноземельных металлов, сульфаты, хлориды и в значительной степени недиссоциированные кремниевые кислоты. В меньших количествах встречается целый ряд других элементов (таких, как фосфорные и азотные биогенные вещества, а также алюминий, железо, марганец, медь, цинк и т.д.), которые можно обнаружить повсеместно в мире.

Значительные колебания концентрации солей в озерной воде являются результатом изменения уровня воды в озере. Долгосрочные изменения можно также заметить в соотношении отдельных ионов. Падение уровня воды может вызывать осушение значительных периферийных участков озера, и это способно вызывать быстрое увеличение солевой концентрации. Повышение содержания солей может также происходить в результате испарения и транспирации озерной воды. С другой стороны, обильные дожди могут способствовать уменьшению солености.

Количество видов водорослей зависит главным образом от химического состава воды в озере и от того, насколько сильно он изменяется. В периоды осушения отдельные виды водорослей могут также оказывать воздействие на активные процессы концентрации ионов (водоросли *Moira rectirostis* могут выдерживать высокие уровни засоления, *Rotatoria laticeps* и *Lecane nana* также являются соленоводными видами).

Концентрацию солей можно легко рассчитать путем измерения электрической проводимости, поскольку между ними существует жесткая связь. Проводимость воды проявляется в ее способности пропускать электрический ток. Она зависит от концентрации ионов в воде. Чем больше количество ионов, тем выше мобильность, а значит и проводимость. Диссоциация чистой воды весьма мала, и это делает ее плохим проводником, обладающим низкой проводимостью. Проводимость выражается в единицах микросименс/см (мкСм/см) или миллисименс/м (мСм/м). Проводимость - это простой, но в некоторых случаях весьма информативный показатель, например увеличения эвтрофикации. Первые признаки можно обычно обнаружить в гипolimнеоне в периоды стратификации.

К числу наиболее распространенных элементов, являющихся объектом мониторинга во внутренних поверхностных водах, относятся натрий, калий, кальций, магний, хлор и сера.

Натрий (Na) присутствует в воде главным образом в виде катиона Na^+ . Его содержание во внутренних водах колеблется от нескольких мг/л до нескольких сотен мг/л.

Калий (K) не существует в природе в качестве свободного элемента, он образует соли, такие, как хлориды, бромиды, сульфаты, нитраты и силикаты алюминия. Калий является главным элементом, необходимым для роста растений.

Кальций (Ca) является пятым по распространенности элементом в твердых породах и почвах на земле. В поверхностных водах кальций является одним из самых распространенных катионов, что является результатом выветривания твердых пород и почв. В воде он присутствует как ион Ca^{2+} , однако могут образовываться и более сложные соединения. Содержание кальция в поверхностных водах обычно не превышает 1 000 мг/л.

Магний (Mg) является восьмым по распространенности элементом на земле. В воде он присутствует главным образом в виде иона Mg^{2+} . Он также образует комплексные соединения.

Хлор (Cl) в свободном состоянии в природе не существует. Хлоридный ион является основным ионом в морской воде. Хлоридные ионы широко распространены в окружающей среде в виде солей натрия, калия и кальция.

Сера (S) - это девятый по распространенности элемент на земле. Серные соединения широко встречаются в минералах и твердых породах. В воде сульфаты присутствуют главным образом как свободные анионы SO_4^{2-} и формируют ионные пары с Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Fe^{2+} , Fe^{3+} и Mn^{2+} .

Применительно к снабжению питьевой водой часто используется показатель жесткости воды. Жесткость воды выражается в сумме всех катионов металлов, за исключением щелочных металлов. Основными ионами, определяющими жесткость воды, являются кальций и магний. Обычно используются следующие категории жесткости воды:

- общая жесткость равна общей концентрации Ca^{2+} и Mg^{2+} , а также других двухвалентных ионов, таких, как Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ba^{2+} и Sr^{2+}

- карбонатная жесткость
- некарбонатная жесткость.

При мониторинге озер важно определить естественное состояние солёности и естественные концентрации соответствующих элементов. При разработке программ мониторинга следует уточнить все возможные источники факторов данной нагрузки.

6.6 Условия подкисления

Подкисление озер - это реальный риск, особенно в странах, где естественная концентрация солей невелика, как, например, в Финляндии, Швеции и Норвегии. Первоначальные значения щёлочности весьма малы и поэтому буферная способность крайне невелика. Из-за относительно высокой концентрации естественных гуминовых веществ первоначально рН обычно составляет величину менее 7,0. Попадание из атмосферного воздуха различных подкисляющих соединений, таких, как сульфаты и нитраты, могут существенно снижать значение рН в такой степени, что это ведет к вредным биологическим последствиям. К подкислению особенно чувствительны некоторые породы рыб.

При мониторинге подкисления важными переменными величинами являются рН и щёлочность. Весьма полезным средством для расчета возможных тенденций явления подкисления озер с низкой буферной способностью являются измерения кислото-нейтрализующей способности (КНС), анализируемой по методу щёлочного фильтрования Грана. Другой переменной, пригодной для расчета чувствительности озерных вод к подкислению (Маннио, 2000 год), является базисный уровень катионов (Ca+Mg+Na+K).

Для мониторинга озерных вод обычно предпочитают использовать неотфильтрованные пробы. Основными определяемыми составляющими являются те, которые определяют степень и причины подкисления поверхностных вод. В этом смысле пригодны такие группы показателей, как HCO_3^- или щёлочность, SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- и ООУ/DOC.

Соответственно, для мониторинга в группе катионов весьма полезны следующие переменные величины: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H^+ и Al^{n+} (лабильный Al^{2+}).

6.7 Биогенные вещества

Основными биогенными веществами, вызывающими эвтрофикацию поверхностных вод, являются азот и фосфор. Эти биогенные вещества частично происходят из естественных источников, но главным образом из антропогенных источников в районах, затронутых различными видами деятельности человека. Азотная нагрузка вызывается главным образом диффузными источниками, такими, как сельское хозяйство, а фосфорная нагрузка создается в основном точечными источниками, такими, как коммунально-бытовые сточные воды или промышленные сбросы.

Чрезмерная нагрузка азота и фосфора может коренным образом изменить биологическую структуру водного объекта, создавая такие нежелательные явления, как цветение сине-зеленых водорослей, выраженный чрезмерный рост макрофитов или даже гибель рыбы в результате интенсивного разложения органического материала и последующего кислородного дефицита в толще воды. В большинстве случаев фосфор является лимитирующим биогенным веществом для роста водорослей в озерах, особенно в олиготрофных-мезотрофных условиях. Регулирующая роль азота становится более выраженной в эвтрофированных или гипертрофных озерах и морских водах.

На рис. 13 представлен пример результатов длительного мониторинга. Озеро Пихаярви в южной части Финляндии подвергалось особенно интенсивному воздействию сельского хозяйства. До конца 1980-х годов четко прослеживалась тенденция к эвтрофикации. После ограничения применения фосфора в сельском хозяйстве в сочетании с осуществлением так называемой программы "Эффективная сельскохозяйственная практика" - эта тенденция в настоящее время в значительной степени преодолевается.

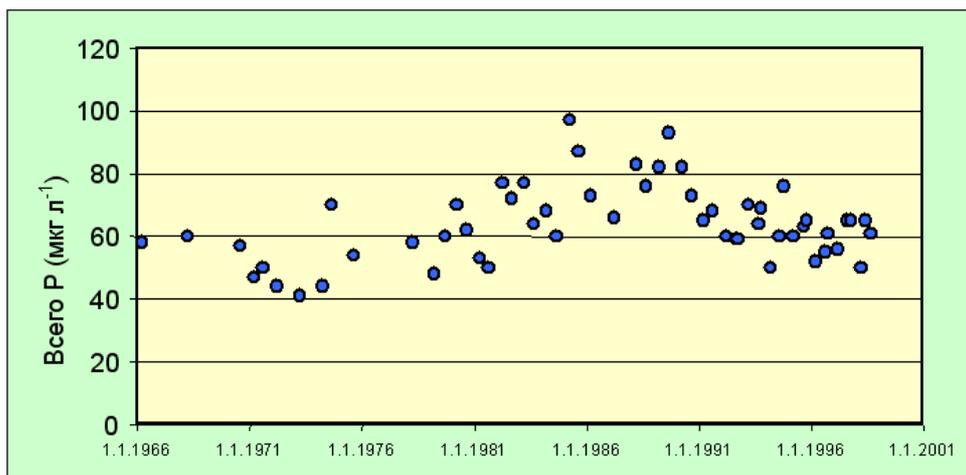


Рис. 13. Общая концентрация фосфора на глубине 35 метров (общая глубина 68 метров) в озере Пихаярви (муниципалитет Артярви, южная часть Финляндии) весной (март) и осенью (август)

Аналогичная ситуация наблюдается с динамикой общего содержания азота (рис. 14). Тревожная в прошлом тенденция к неблагоприятной эвтрофикации сменилась позитивной динамикой.

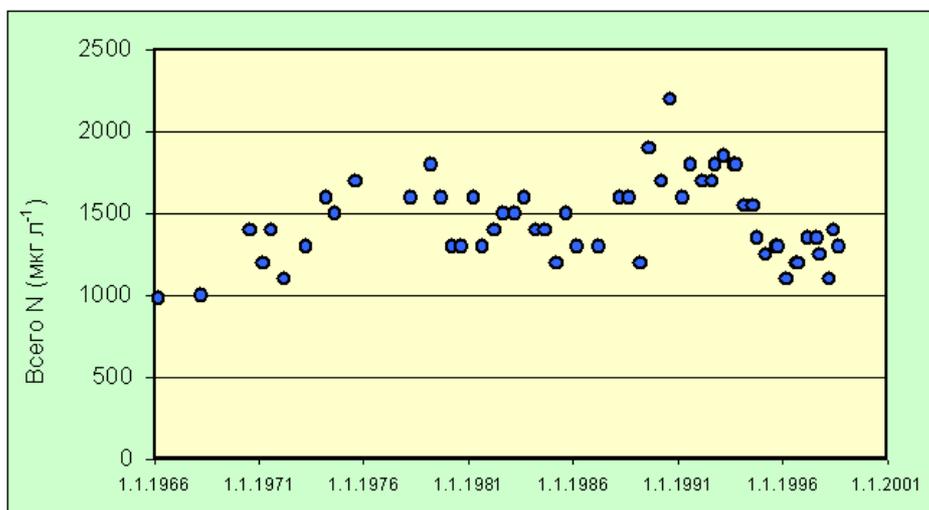


Рис. 14. Общая концентрация азота на глубине 35 метров (общая глубина 68 метров) в озере Пихаярви (муниципалитет Артярви, южная часть Финляндии) весной (март) и осенью (август)

Большинство первичных продуцентов (например, фитопланктон, перифитон и макрофиты) могут потреблять лишь растворенные виды биогенных веществ, такие, как аммоний, нитриты, нитраты, мочевины и фосфаты. В этой связи общая концентрация азота и фосфора необязательно создает в экосистеме озера лимитирующие биогенные условия. Во многих озерах умеренной зоны, например в Скандинавии, значительная доля азота накапливается в гумусе, который не могут потреблять большинство первичных продуцентов. На фактическое биологическое наличие биогенных веществ воздействует также колебание уровня щелочности, ионного баланса и твердых частиц в водной толще (ЕАОС, 1998 год).

Самые нетронутые и бедные биогенными веществами озера в Европе расположены в малонаселенных районах, таких как северная Скандинавия, или в горных районах, например в Альпах. Самые загрязненные озера находятся в густо населенных районах и/или районах с интенсивным ведением сельского хозяйства в Западной и Центральной Европе. Средняя концентрация фосфора в типичном скандинавском озере не превышает 25 мкг л^{-1} , тогда как в озерах Центральной Европы они составляют свыше 100 или даже 500 мкг л^{-1} (ЕАОС, 1998 год). Колебания концентрации азота в озерах в разных географических регионах не столь отчетливы, как в случае фосфора.

Состояние европейских озер, как представляется, постепенно улучшается (ЕАОС, 1998 год). Несмотря на явное улучшение очистки сточных вод и недавнее внедрение экологически безопасных методов ведения сельского хозяйства, содержание фосфора и азота обычно явно выше того уровня, который был бы приемлем с точки зрения устойчивого развития водных ресурсов.

Более подробную информацию о положении с эвтрофикацией можно получить, используя простую химическую переменную, отражающую соотношение биомассы фитопланктона, т.е. хлорофилла-*a*, и биогенных веществ. Соотношение между различными биогенными веществами и хлорофиллом-*a* может служить хорошей основой для рассмотрения соответствующих минимальных факторов первичного продуцирования (рис. 15).

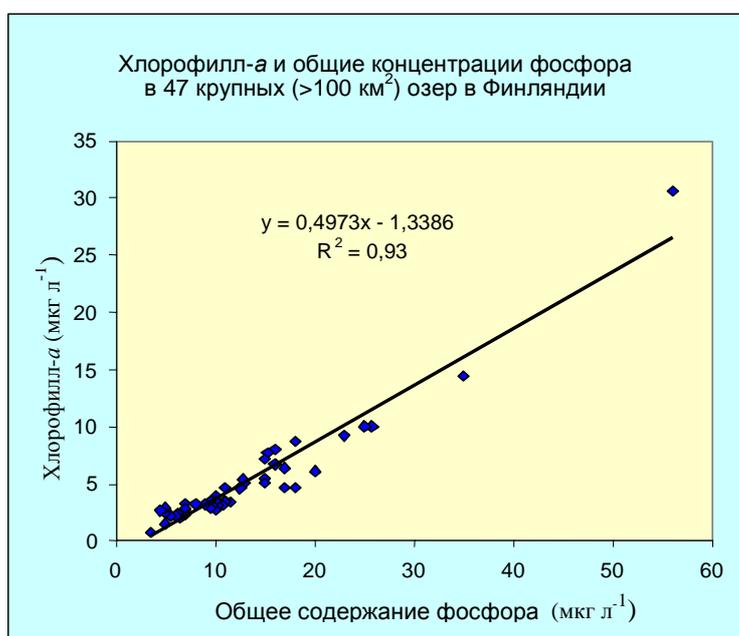


Рис. 15. Соотношение между общими концентрациями фосфора и хлорофилла-*a* в крупных озерах Финляндии. Данные относятся к образцам поверхностных вод (0–2 м), отобранных в летние периоды (июнь–август) в 1990–1997 годах. (Рисунок составлен на основе данных Пиетилийнена и Райке, 2001 год)

При мониторинге общее содержание фосфора и фосфат-фосфорных соединений определяется фотометрическими средствами. В тех случаях когда существенную роль в процессах эвтрофикации может играть также азот, особенно в озерах с более высоким уровнем эвтрофикации, наиболее важными объектами мониторинга являются такие азотные соединения, как NH₄-N и NO₃-N. Анализ этих соединений проводится с помощью спектрофотометрии. Определяется также общее содержание N.

Справочная литература:

- CIS Guidance on Monitoring 2003. Water Framework Directive. Common Implementation Strategy, Working Group 2.7, Monitoring. Final Version. 23 January 2003, 164 p.
- Bartram, J. & Ballance. R. (2001). Water Quality Monitoring. A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. Spoon Press, London. ISBN 0419223207. 383 p.
- Heinonen, P., Ziglio. G. & Van der Beken, A. (Eds.) (2000). Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester. ISBN 0-471-89988-7. 372 p.
- Herve, S. (2000). Chemical Variables in Lake Monitoring. In: Heinonen, P., Ziglio. G. & Van der Beken, A. (Eds.) (2000). Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester. ISBN 0-471-89988-7. pp. 41–54.
- Hutchinson, G.E. (1975). A treatise on limnology, Volume 2. Introduction to lake biology and the limnoplankton. John Wiley & Sons, New York.
- Mannio, J. (2000). Principles of Monitoring the Acidification of Lakes. In: Heinonen, P., Ziglio. G. & Van der Beken, A. (Eds.) (2000). Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester. ISBN 0-471-89988-7. pp. 247–255.
- Pietiläinen, O.-P. & Räike, A. (2001). Water quality trends of large Finnish lakes during 1970–1999. In: Timmermann, G. et al. (Eds.) Proceedings of Monitoring Tailor-made III, International workshop on information for sustainable water management, September 2000, Nunspeet, the Netherlands, pp. 267–276.
- Wetzel, R.G. (2001). Limnology: Lake and River Ecosystems, 3rd edition. Academic Press. ISBN 012744601. 850 p.

РЕЗЮМЕ главы 6

- Ознакомление с химическими и физико-химическими определяемыми составляющими, которые необходимы при осуществлении РВД.
- Для определения состояния освещенности озера требуется проводить измерения прозрачности по диску Секки и цветности воды.
- Следует учитывать роль естественных гуминовых веществ.
- Для оценки состояния озера огромное значение имеют вертикальные измерения концентраций кислорода (с наблюдением соответствующих температур).
- Для выяснения возможной органической нагрузки на озеро (естественной и антропогенной) необходимо проводить измерения ООУ и COD.
- Для оценки эвтрофикации озер следует проводить измерения содержания фосфора и азота.

7. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

7.1 Определения

В Рамочной водной директиве впервые использован термин "экологическое состояние". В соответствии с приводимым в ней определением "состояние поверхностных вод" является общим выражением состояния объекта поверхностных вод, обусловленным его неудовлетворительным экологическим и химическим состоянием. "Экологическое состояние" является выражением качества структуры и функционирования водных экосистем, связанных с поверхностными водами, классифицируемым в соответствии с приложением V (это приложение является важной составной частью РВД в отношении обязательств по мониторингу).

Для классификации экологического состояния озер в соответствии с РВД приняты следующие биологические элементы:

- Состав, показатель обилия и биомасса фитопланктона.
- Состав и показатель обилия другой водной флоры.
- Состав и показатель обилия придонной беспозвоночной фауны.
- Состав, показатель обилия и возрастная структура рыбной фауны.

Эти биологические элементы обсуждаются в нижеследующих подразделах.

7.2 Основные характеристики биологических элементов озер в соответствии с Рекомендациями по мониторингу РВД

Использование небиологических индикаторов для оценки состояния биологического элемента качества может дополнять, но не заменять использование биологических индикаторов. Без всестороннего знания всех видов нагрузки на водный объект и их совокупных биологических последствий неизбежно потребуются проводить прямые измерения состояния биологических элементов качества с использованием биологических индикаторов с целью проверки любого биологического воздействия, предположение о котором возникает в результате наблюдения за небиологическими индикаторами.

В Рекомендациях по мониторингу Рамочной водной директивы, подготовленных Рабочей группой 2.7 ОСО (мониторинг), включена часть собранной и обработанной на систематической основе информации о различных элементах качества. Аналогичная

информация о ключевых характеристиках каждого биологического элемента качества в отношении озер приводится в таблице 4 (таблица 3.4 окончательного варианта Рекомендации по мониторингу ОСО (2003 год), стр. 48-51 английского текста).

Структура этой таблицы соответствует структуре приложения V к РВД, поскольку в ней используется тот же порядок следования всех элементов качества (ЭК) и далее обсуждаются следующие темы, относящиеся ко всем элементам:

- Измеряемые параметры, отражающие ЭК
- Вспомогательные/интерпретируемые параметры, нередко/как правило одновременно измеряемые или определяемые путем пробоотбора
- Давление, на которое реагирует ЭК
- Отбор проб и методика
- Стандарты
- Применимость ЭК к озерам
- Основные преимущества
- Основные недостатки
- Выводы/рекомендации.

Таблица 4 приводится ниже.

Таблица 4. Основные характеристики каждого биологического элемента качества (ЭК) для озер

Аспект/характеристика	Фитопланктон	Макрофиты	Фитобентос	Бентические беспозвоночные	Рыба
Измеряемые параметры, отражающие ЭК	Состав, показатель обилия, биомасса (хлорофилл- <i>a</i>), цветение	Состав и показатель обилия	Состав и показатель обилия	Состав, показатель обилия, видовое разнообразие и восприимчивые таксоны	Состав, показатель обилия, восприимчивые виды и возрастная структура
Вспомогательные/интерпретируемые параметры, нередко/как правило одновременно измеряемые или определяемые путем пробоотбора	Концентрации биогенных веществ (общее содержание/растворимые), хлорофилл, растворенный кислород, органический углерод во взвеси, ООУ, рН, щелочность, температура, прозрачность, флюорометрический мониторинг на месте	Концентрации биогенных веществ (общее содержание/растворимые) в озерной воде, осадениях и поровой воде, тип субстрата, рН, щелочность, проводимость, прозрачность, диск Секки, концентрация кальция	Концентрации биогенных веществ (общее содержание/растворимые) в озерной воде, осадениях и поровой воде, тип субстрата, рН, щелочность, проводимость, прозрачность, диск Секки, концентрация кальция	Концентрации биогенных веществ (общее содержание/растворимые), растворенный кислород, рН, щелочность, анализ осадений, биоанализы на токсичность	Концентрации биогенных веществ (общее содержание/растворимые), растворенный кислород, рН, щелочность, температура, биоанализы на токсичность, трофическое состояние, динамика зоопланктона, кислотно-нейтрализующая способность, ООУ

Аспект/характеристика	Фитопланктон	Макрофиты	Фитобентос	Бентические беспозвоночные	Рыба
Нагрузки, на которые реагирует ЭК	Эвтрофикация, загрязнение органическими веществами, подкисление, заражение токсичными веществами	Эвтрофикация, подкисление, заражение токсичными веществами, заиливание, зарегулирование стока реки, уровень воды озера, интродукция экзотических видов	Эвтрофикация, подкисление, заражение токсичными веществами, заиливание, зарегулирование стока реки, уровень воды в озере, интродукция экзотических видов	Эвтрофикация, заражение органическими веществами, подкисление, заражение токсичными веществами, заиливание, зарегулирование стока реки, гидро-морфологическое изменение (берегов)	Эвтрофикация, подкисление, заражение токсичными веществами, рыболовство, гидро-морфологическое изменение, интродукция экзотических видов
Подвижность ЭК	Средняя	Неподвижны	Неподвижны	От низкой до средней, высокая при выходе из икринок	Высокая
Уровень и источники колебаний ЭК	Высокие межсезонные и внутрисезонные колебания структуры сообщества и биомассы. Пространственные колебания - от средних до высоких	Средние - высокие сезонные колебания структуры сообщества и биомассы. Высокий уровень пространственных колебаний	Средние - высокие сезонные колебания структуры сообщества и биомассы, низкие межгодовые колебания. Высокий уровень пространственных колебаний	Средние - высокие сезонные колебания структуры сообщества и биомассы. Высокий уровень пространственных колебаний	Высокий уровень пространственных и сезонных колебаний. Скопление популяций зависит от переменных, связанных со средой обитания
Присутствие в озерах	Обильное	Обильное, редко встречается в водохранилищах	Обильное, редко встречается в водохранилищах	Обильное	Обильное

Аспект/характеристика	Фитопланктон	Макрофиты	Фитобентос	Бентические беспозвоночные	Рыба
Методология отбора проб	Тщательный отбор интегральных проб в столбе воды. 1-5 пунктов отбора на озеро. Обычно используемый набор пробоотборных приборов включает в себя бутылки для отбора проб или гибкий шланг	Аэрофотосъемка или/и закладывание пробоотборных трансект, перпендикулярных береговой линии	Наблюдения, проводимые на отдельных участках, за распределением природных субстратов в береговой зоне и/или у основания макрофитов, а также отбор проб с субстратов с помощью скребка	Качественная или полуколичественная сеть или использование метода водозачерпывания и одновременного отделения планктона от воды; дночерпатель Экмана или отбор дночерпательной пробы. Тип прибора зависит от типа субстрата, например, погруженная водная растительность - глубоководная сеть; песок и глина - дночерпатели Петерсона, Ван Веена; мягкие грунты - дночерпатели Понара, Экмана	Электролов рыбы Лов сетями нескольких типов (например, жаберной рыболовной сетью, трехстенной сетью) Тралы Акустические приборы
Среды обитания, обследуемые путем пробоотбора	Водная колонна (т.е. эпилимнион, эуфотическая зона, металимнион)	Макрофиты: зона питоральная	Бентические субстраты/искусственные субстраты	Литораль, sublитораль и профундаль	Литораль, открытая водная поверхность
Типичная частота отбора проб	Ежемесячно/ ежеквартально В Северных странах 6 раз/лето	Ежегодно (в Северных странах в конце лета), в естественных озерах каждые 3-6 лет	Попеременно, от нескольких раз в течение сезона роста до одного раза в год	Ежегодно, в естественных озерах каждые 3-6 лет Два раза в год в литорали	В зависимости от физических характеристик водного объекта и цели, ежегодно

Аспект/характеристика	Фитопланктон	Макрофиты	Фитобентос	Бентические беспозвоночные	Рыба
Время года отбора проб	Все времена года, как минимум, два раза в год: в период весеннего перемешивания и летней стратификации. В Северных странах в период присутствия ледового покрова отбор проб не производится. В случае высокого уровня пространственных колебаний требуется большее количество пробоотборных пунктов	Конец лета, решение принимается на основе экспертного заключения	Ежеквартально/каждые 6 месяцев/несколько раз в течение сезона роста. В Северных странах в период присутствия ледяного покрова отбор проб не производится	В начале весны и в конце лета	С конца весны до начала осени
Типичная интенсивность отбора проб	Нередко в центре озера располагается один пробоотборный пункт	Для большинства озер достаточно 3-10 трансект на озеро с 2-3 квадрантами на каждую трансекту	На всей акватории озера, 3-10 трансект, от литорали до сублиторали	Отбор на всей акватории озера составных проб путем 2-3 дночерпаний на каждом из 3-5 сублиторальных участников (в общей сложности 7-15 дночерпаний)	В зависимости от типа пробоотборных приборов: для электролова рыбы отбираются многочисленные среды обитания в литоральных зонах с учетом субстрата и покрывающих пород. Готовится стандарт ЕКС. В мелководных озерах отбор проб рыбы может производиться с помощью многоячейстой рыболовной жаберной сети и произвольного отбора проб. Время, отводимое на отбор

Аспект/характеристика	Фитопланктон	Макрофиты	Фитобентос	Бентические беспозвоночные	Рыба
					проб, в ночное время составляет 10-12 часов. На малых озерах и озерах с высокой плотностью рыбных популяций требуется меньше времени. В глубоких озерах рекомендуется проводить стратификацию по зонам глубин. В настоящее время разрабатывается стандарт ЕКС
Простота способов пробоотбора	Относительно простые способы	Различная степень сложности, требуется специальное пробоотборное оборудование и определенная степень подготовки персонала с навыками подводного плавания. Возможно использование альтернативных методов, в частности погружных камер/дистанционно управляемых аппаратов/скребков.	Относительно простые способы, некоторые затруднения на глубоководных озерах, необходима лодка и экспертные знания о потенциальных опасностях, встречающихся на отдельных озерах.	Относительная простота, некоторые затруднения, встречаются на глубоководных озерах, необходима лодка и наличие экспертных знаний о потенциальных опасностях, встречающихся на отдельных озерах	Сложность способов пробоотбора, требуется специальное пробоотборное оборудование

Аспект/характеристика	Фитопланктон	Макрофиты	Фитобентос	Бентические беспозвоночные	Рыба
Лабораторные или полевые измерения	Лабораторная подготовка проб, за которой следует идентификация, подсчет и определение биомассы, проводимой под микроскопом. Определение токсичности водорослей в лаборатории, содержания хлорофилла- <i>a</i> .	Полевые измерения с помощью аэрофотосъемки; пробы, отобранные с трансект, лабораторная идентификация видов; анализ содержания хлорофилла- <i>a</i> , определение живой, сухой биомассы и биомассы сухого обеззольного вещества (СОВ), содержание органического вещества		Обработка проб в лаборатории, как минимум, на каждую частичную пробу (по возможности) приходится 100 идентифицируемых организмов, как правило, относимых к таксономическому уровню и зачастую к уровню видов	С целью определения интенсивности пробоотбора производится регистрация продолжительности пробоотбора и размеры обследуемого с помощью пробоотбора участка или расстояния. В лаборатории производится идентификация образцов по видам, их подсчет, измерение, взвешивание и осмотр на выявление нарушений внешних признаков

Аспект/характеристика	Фитопланктон	Макрофиты	Фитобентос	Бентические беспозвоночные	Рыба
Простота и уровень идентификации	Относительная простота измерений на основе высоких таксономических уровней (например, на уровне семейства), сложности с идентификацией на более низких таксономических уровнях (например, по родам и видам). Сложности с оценкой биомассы	Идентификация по видам является относительно простой за исключением стадии вегетативного развития некоторых родов (например, потамогетона)	Относительная простота идентификации по видам для таксономических групп высокого уровня (например, семейство), сложности с идентификацией по родам или видам. Сложности с оценкой биомассы	Относительная простота измерений на основе высоких таксономических уровней, трудности в идентификации на более низких таксономических уровнях (например, видов)	Относительная простота, некоторые затруднения встречаются в отношении редких видов и рыбной молоди

Аспект/характеристика	Фитопланктон	Макрофиты	Фитобентос	Бентические беспозвоночные	Рыба
Характер справочной информации для сопоставления качества/проб/пробоотборных пунктов	Расчеты показателей/коэффициентов фитопланктона (например, плотность клетки, биологический объем), предполагаемые в условиях отсутствия существенных антропогенных давлений	Контрольные значения относятся к типичным значениям показателя (ТЗП) и видовому разнообразию озерной флоры, не подверженной существенному влиянию антропогенной деятельности	Ограниченные знания об исходных условиях фитобентоса в озерах. Отсутствие общепринятой методики	Контрольные значения разнообразия, показатели обилия и коэффициенты распределения отражают предполагаемые условия в случае, если озера не подвергались существенному воздействию антропогенной деятельности. В наборе контрольных данных используется 25 перцентилей неповрежденных участков - Швеция	С трудом поддается определению, поскольку учитывается лишь воздействие физико-химического и гидроморфологического давления. Не учитываются рыбные промыслы/запасы/интродукция видов
Единство методики на территории ЕС?	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Использование в настоящее время в биологическом мониторинге или классификации ЕС	Дания, Ирландия, Нидерланды, Норвегия, Соединенное Королевство, Финляндия и Швеция	Дания, Нидерланды, Норвегия, Соединенное Королевство за сохранение и Швеция	Нет	Нидерланды, Норвегия, Финляндия и Швеция	Нидерланды, Норвегия, Финляндия и Швеция
Использование в настоящее время биологических индикаторов и индексов/показателей	Таксономические анализы (например, индексы разнообразия, богатство таксонов, виды-индикаторы). Общий объем	Показатель трофического уровня (ПТУ), виды с низкими значениями ПТУ распространены главным образом в водах с	Нет	Индекс разнообразия Шеннона (мера изменчивости и доминирования в пределах животных сообществ); индекс	Индекс биотической целостности (ИБЦ) включает в себя измерения состава рыбного стада и относительного

Аспект/характеристика	Фитопланктон	Макрофиты	Фитобентос	Бентические беспозвоночные	Рыба
	<p>фитопланктона, наличие весеннего цветения диатомеевых водорослей, присутствие вредных водорослей, количество и доля продуцирующих токсины цианобактерий (сине-зеленых)</p>	<p>недостаточным содержанием биогенных веществ, а виды с высокими показателями обитают в эвтрофных водах); уровень разнообразия. Относительное распространение функциональных групп. Трофический индекс макрофитов (ТИМ)</p>		<p>ASPT (средний показатель на таксон, относящийся к распространению чувствительных (высокое значение индекса) и малочувствительных (низкое значение видов); датский индекс фауны (оценка воздействия эвтрофикации и загрязнения органическими веществами в незащищенной литоральной зоне озер); бентический индекс качества (БИК), используемый для оценки эвтрофикации и загрязнения органическими веществами в глубоководных донных участках); индекс К/У (кислород/углерод) (дополнительный или альтернативный индекс по отношению к индексу</p>	<p>показателя обилия; % рыбоядных/питающихся зоопланктоном (замещающий показатель возрастной структуры рыбного сообщества); % питающихся беспозвоночными/всеядных</p>

Аспект/характеристика	Фитопланктон	Макрофиты	Фитобентос	Бентические беспозвоночные	Рыба
				БИК), индекс кислотности (отражает наличие видов, обладающих различной устойчивостью к рН)	
Отвечает ли существующая система мониторинга требованиям РВД?	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет

Аспект/характеристика	Фитопланктон	Макрофиты	Фитобентос	Бентические беспозвоночные	Рыба
Стандарты ИСО/ЕКС	Разрабатываются	Разрабатываются	Разрабатываются	Разрабатываются	Разрабатываются
Степень применимости к озерам	Высокая	Высокая (весьма низкая в водохранилищах)	Высокая (незначительная в водохранилищах, зависит от регулирования стока воды)	Незначительная	Высокая (незначительная-низкая в водохранилищах)
Основные преимущества	<ul style="list-style-type: none"> • Простота пробоотбора. • Пригоден для оценки качества воды и трофического состояния. • Используется во многих странах для оценки эвтрофикации. • Поддается стандартизации. 	<ul style="list-style-type: none"> • Простота пробоотбора и идентификация (особенно на мелководье). • Хороший показатель для широкого круга воздействий, особенно эвтрофикации и заиливания. 	<ul style="list-style-type: none"> • Легко поддается идентификации на уровне семейства. • Хороший показатель эвтрофикации. 	<ul style="list-style-type: none"> • Простота пробоотбора (особенно на мелководье). • Относительная простота анализа. • Разработаны некоторые применяемые методы. • Сочетает химические и биологические характеристики. 	<ul style="list-style-type: none"> • Возможна адаптация систем классификации с целью включения требований РВД.

Аспект/характеристика	Фитопланктон	Макрофиты	Фитобентос	Бентические беспозвоночные	Рыба
Основные недостатки	<ul style="list-style-type: none"> ● Требуются экспертные знания таксономических особенностей для идентификации видов. ● Высокая степень изменчивости во времени вызывает необходимость в частом пробоотборе. ● Требуется отбор проб вертикальных и горизонтальных профилей в связи с пространственной неоднородностью. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Затруднения в отборе проб на глубине. ● Не получили повсеместного применения в ЕС. ● Отсутствие информации в отношении сопоставления с контрольными данными. ● Необходима разработка методики с целью включения требований РВД. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Отсутствие стандартных методов. ● Отсутствие информации в отношении сопоставления с исходными условиями. ● Не получили повсеместного применения в ЕС. ● Необходима разработка методики с целью включения требований РВД. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Не получили повсеместного применения в ЕС. ● Отсутствие информации в отношении сопоставления с контрольными данными. ● Необходима разработка методики с целью включения требований РВД. ● Требуются значительные затраты времени и средства для проведения анализа. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Требуется специальное пробоотборное оборудование. ● Необходимы разработки методики с целью включения требований РВД.

Аспект/характеристика	Фитопланктон	Макрофиты	Фитобентос	Бентические беспозвоночные	Рыба
Выводы/рекомендации	Быстро реагирует на изменения уровней концентрации фосфора. Идентификация до достаточных/рекомендуемых уровней для определения отряда или рода с целью мониторинга таксономического состава фитопланктона. Хотя в настоящее время не подтверждено, что идентификация до уровня видов приводит к существенному повышению информационной ценности данных. В этой области требуется провести дополнительную работу.	Ключевой параметр для оценки других биологических компонентов озер. Макрофиты играют важную роль в метаболизме озер. Однако их мониторинг редко используется при оценке экологического качества.	Фитобентос играет важную роль в метаболизме озер. Однако существует лишь весьма ограниченный опыт и объем информации об использовании фитобентоса. В этой области необходимо провести дополнительную работу.	Важный параметр для оценки других биологических компонентов. Их использование находится на раннем этапе развития. Требуется разработать эффективные методики. Подготовка соответствующей рекомендации является составной частью разработки этого метода со стороны ЕКС. Группа ЕКС рекомендует проводить идентификацию бентической беспозвоночной фауны до уровня видов.	Ключевой биологический элемент качества. В некоторых случаях с трудом поддается интерпретации (рыбный промысел, биоманипуляция и т.д.). Отражает все виды антропогенного и природного воздействия. Состав, обилие, структура рыбных сообществ может явиться весьма полезным показателем качества окружающей среды. Рыба включена в системы мониторинга лишь немногих государств-членов ЕС.

7.3 Фитопланктон

Планктонные водоросли относятся к наиболее важной группе первичных продуцентов органического вещества в озере. Поскольку для планктонных водорослей характерны весьма краткие периоды времени генерации, они быстро реагируют на изменения окружающей среды. Изменения физического и/или химического состояния воды прослеживаются через несколько недель в форме изменений их видового состава и их показателя обилия (Виллен, 2000 год).

Численность и видовой состав биомассы водорослей находятся в прямой зависимости от таких факторов роста, как температура и концентрация различных биогенных веществ. Минимально необходимым биогенным веществом в пресной воде большинства природных озер, как правило, является фосфор. Наивысшая плотность водорослей наблюдается в самом верхнем уровне озера, называемом эпилимнионом.

Реагирование планктонных водорослей на изменения окружающей среды

Предполагается, что в условиях трофического градиента, характеризующегося увеличением доступности питательных веществ, в сообществе планктонных водорослей происходят следующие изменения (согласно Виллену, 2000 год):

- увеличение объема биомассы
- увеличение продолжительности сезона "цветения воды"
- усиление колебаний биомассы в пределах сезона роста в течение года
- изменение структуры размеров сообщества, доля крупных видов увеличивается и многие из них рассматриваются в качестве устойчивых к стрессам
- уменьшение степени равномерности и некоторые виды становятся доминантными
- обеднение видового разнообразия, особенно в гипертрофных средах
- структурные изменения между классами водорослей
- структурные изменения видового состава.

В предлагаемых классификациях экологического качества воды в Европе, основанных на использовании параметров биоты, почти во всех случаях рассматривается

развитие массы цианобактерий. В случае "цветения воды" в течение продолжительных периодов, они используются в качестве показателя низкого или неудовлетворительного качества воды (Никсон и др., 1996 год).

Массовое "цветение воды" является не только неблагоприятным явлением с экологической точки зрения, но и оказывает отрицательное воздействие на водопользование в результате сокращения деятельности, проводимой на открытом воздухе, и сокращения вылова используемой для потребления рыбы. Кроме того, оно отрицательно влияет на водопотребление, связанное со снабжением питьевой водой (Виллен, 2000 год).

В РВД содержатся общие определения фитопланктона для различных экологических состояний. Для отнесения состояния озера к категории высокого качества фитопланктон должен иметь следующие характеристики:

- таксономический состав и показатель обилия фитопланктона полностью или почти полностью соответствует условиям отсутствия воздействия
- средняя биомасса фитопланктона полностью соответствует типологическим физико-химическим условиям и не способна значительно повлиять на типологические условия прозрачности
- частота и интенсивность планктонного цветения соответствуют типологическим физико-химическим условиям.

В случае, если состояние озера незначительно изменено в результате антропогенного воздействия, экологическое состояние озера может быть отнесено к категории хорошего качества при условии, что:

- имеются небольшие изменения в составе и обилии планктонных таксонов по сравнению с типологическими сообществами. Такие изменения не свидетельствуют о сколько-нибудь ускоренном росте водорослей, являющемся причиной нежелательных нарушений баланса организмов, присутствующих в водном объекте или физико-химического качества воды или осадка
- может наблюдаться небольшое увеличение частоты и интенсивности типологического планктонного цветения.

В случае, если озеро настолько сильно эвтрофицировано и его состояние должно быть отнесено лишь к категории "среднего качества", фитопланктон может быть определен следующим образом:

- состав планктонных таксонов умеренно отличается от типо-видовых сообществ
- имеет место нарушение биомассы средней степени, могущее вызвать нежелательное значительное нарушение состояния других биологических элементов качества и физико-химического качества воды или отложений
- может отмечаться умеренное увеличение частоты и интенсивности планктонных цветений. В летние месяцы может отмечаться устойчивое непрерывное цветение.

В классификации озер фитопланктон является наиболее важным фактором: это в первую очередь относится к глубоководным озерам с четко выраженной стратификацией. В этой связи в руководящих принципах измерение фитопланктона обсуждается намного более подробно по сравнению с другими факторами.

Одним из уже давно известных методов биологических исследований качества воды является определение биомассы и состава фитопланктона с помощью микроскопа. Необходимо обеспечивать надлежащую сохранность проб, поскольку их исследования редко проводятся непосредственно после отбора. Существенным преимуществом этого метода является одновременное получение важной информации о видовом составе и доминантных видах.

Кроме того, фитопланктон может использоваться для локального экспресс-анализа загрязнения водоемов в качестве показателя токсичности сточных вод. В этом случае пробы не сохраняются. Целью является выяснение, остался ли планктон живым или был поврежден токсичными веществами.

Пробоотбор

Отбор проб фитопланктона следует производить на достаточном удалении от берега (например, на двухметровой линии глубины) с целью избежать попадания в отбираемые пробы видов из литоральной зоны. Отбор проб с целью мониторинга, как правило, производится на наиболее глубоком участке основного бассейна озера. Если озеро подразделяется на несколько бассейнов и если существуют основания полагать, что в состоянии бассейнов существует заметная разница, отбор проб следует проводить на каждом бассейне отдельно.

Частота отбора проб на минимальной глубине должна позволять охватывать как можно большее количество "лимнологических сезонов", т.е. различных периодов стратификации и перемешивания. В южных районах с умеренным климатом рекомендуется, как минимум, трехразовый отбор проб (в конце периода весенней циркуляции, в конце летнего периода стагнации и в середине периода осенней циркуляции). В северных районах с умеренным климатом, в которых периодически образуется ледяной покров, рекомендуется производить дополнительный отбор проб в конце зимнего периода стратификации (Ольрик и др., 1998 год).

С целью получения общей картины распределения фитопланктона отбирается интегральная вертикальная проба из верхнего слоя циркуляции (определяется вертикальными измерениями температуры). Рекомендуемая глубина пробоотбора составляет 0-4 м, но она может быть ограничена 0-2 метрами (Ольрик и др., 1998 год). Если проникновение света приводит к продуцированию первичного органического вещества в более глубоких слоях, могут производиться дополнительные отдельные пробоотборы. Однако при пробоотборе расстояние до донных осадений не должно составлять менее 1 метра. Пробы следует отбирать с лодки с помощью трубчатого пробоотборника. В финляндской программе мониторинга озер глубина пробоотбора составляет 0-2 метра.

Интегральные пробы собираются в большое пластмассовое ведро. Емкость должна иметь больший объем по сравнению с объемом окончательной смешанной пробы. Как правило, достаточно иметь пластмассовое ведро вместимостью 20-30 литров. Необходимо покрывать его крышкой, с тем чтобы не расплескивать воду из ведра во время плавания на лодке и не допускать воздействия слишком сильного солнечного излучения на содержащиеся в пробе организмы. Необходимо иметь большой пластиковый ковш для размешивания воды в ведре до разделения пробы. Вода разливается по стеклянным бутылкам с узкими горловинами.

Предварительно добавляется кислотный раствор Люголя (0,5-1,0 мл/200 мл пробы, т.е. 5-8 капель, отмеряемых пипеткой Пастера). Проба должна получить окраску, сходную с окраской коньяка. Следует отдавать предпочтение стеклянным бутылкам, поскольку пластмассовые бутылки поглощают фиксаторы Люголя. Поскольку консервированные пробы должны храниться в темноте, традиционно используются темные бутылки, но для учета проб, которые необходимо подвергнуть консервированию, удобнее использовать светлые бутылки. Консервированные с помощью раствора Люголя пробы следует хранить в прохладном ($<10^{\circ}\text{C}$) и темном месте.

Предпочтительно, чтобы обработка проб производилась в течение года после их отбора. В период хранения пробы следует проверять и в случае необходимости повторно

консервировать их раствором Люголя. В случае длительного хранения (> 1 года) в консервированную раствором Люголя пробу следует добавлять формалин (35-37% формальдегида, 2 мл/200 мл пробы).

Кроме того, из интегральной пробы отбирается частичная проба для оценки концентрации хлорофилла-*a*. С целью подготовки дополнительного перечня видов остаток интегральной пробы следует пропускать через планктонную сеть (с диаметром ячейки 10-20 мкм). Пропущенные через сеть пробы помещаются в стеклянную емкость, например в сцинтиллирующую склянку (20 мл), а проба с высокой плотностью планктона должна консервироваться с помощью раствора Люголя высокой концентрации (1-2 капли/20 мл пробы).

Кислотный раствор Люголя (Виллен, 1962 год):

100 г йодида калия (ЙК)

1000 мл дистиллированной воды

50 г йода двойной возгонки (I₂)

100 г ледяной уксусной кислоты (96-100% CH₃COOH)

Одновременно возможно приготовить 1 л раствора Люголя, но его следует поместить в небольшие склянки, предпочтительно стеклянные емкости темного цвета. В наполовину пустых емкостях большей вместимости йод окисляется, и раствор Люголя теряет свой консервирующий эффект (Ольрик и др., 1998 год).

Пробоотбор в период вспышки численности вредных или ядовитых видов

В период вспышки численности вредных или ядовитых водорослей с целью распределения данных видов пробоотбор следует проводить в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Отбор проб в горизонтальной плоскости может производиться на различных участках озерной системы. При отборе образцов водорослей для проведения анализов на токсичность следует соблюдать особые меры предосторожности.

Изучение проб с помощью микроскопа

Количественные анализы проводятся под зеркально отображающим фазо-контрастным микроскопом с увеличением, например, 100x или 200x, а также 600x-800x (1000x). Для проведения анализа фитопланктона следует обладать знаниями о таксономии и иметь доступ к справочной литературе. Однако в настоящее время проводится пересмотр литературы, посвященной цианобактериям, а впоследствии будет

пересмотрена литература и по другим группам. В этой связи к результатам следует прилагать перечень литературы.

Осаждение

С целью сокращения числа пузырьков воздуха в счетных камерах до начала осаждения температура проб должна доводиться до комнатной температуры. Содержимое пробы смешивается путем переворачивания сосуда около 100 раз (без встряхивания), и часть пробы заливается в седиментационную камеру определенного объема. Время осаждения (в темноте) зависит от объема пробы (осаждение пробы объемом 5 мл составляет 6 часов, пробы объемом 50 мл - 24 часа). Поскольку состав и концентрация фитопланктона до начала подсчета не известны, пробы помещаются в различные камеры одновременно. Для олиготрофной и мезотрофной воды, как правило, используются камеры емкостью 10-50 мл, а для эвтрофных вод - объемом 2,5-10 мл и для гиперэвтрофных вод - 0,1-5 мл.

Процедура подсчета

Осмотр пробы производится с различной степенью увеличения. Проводится предварительная идентификация видов и составляется их перечень. Рассчитываются размеры камеры, в которой возможно разместить около 100 особей наиболее распространенных видов при подсчете организмов в 1-6 диагоналях или в 50-100 произвольных полях при высокой степени увеличения. По возможности, следует производить отдельный подсчет каждой клетки колонии, а также количество колоний. Подсчет крупных колоний отряда Chroococcales производится после их обработки ультразвуком (в качестве варианта на основе размера колонии рассчитывается количество клеток), а количество нитчатых форм (например, Oscillatoriales, не имеющих четко дифференцированных клеток) подсчитывается по числу нитей, и затем производится измерение каждой нити.

Подсчет по каждому таксону производится отдельно. Для наименования различных таксонов, относящихся к одному роду, следует использовать порядковые номера (например, *Anabaena* sp 1), однако не следует заниматься их идентифицированием. Целесообразно использовать соответствующие размерные группы таксонов. Виды, размер которых превышает 50 мкм, подсчитываются при низкой степени увеличения (100x или 200x) по всему дну камеры (например, *Ceratium*) или по диагоналям или полям. Виды, размеры которых меньше 50 мкм, подсчитываются при увеличении 400-1 000x до достижения достаточного числа клеток или счетных единиц (например, 400-500 клеток).

Идентификация видов

Обработка количественных проб может производиться на трех уровнях в зависимости от степени увеличения, необходимой для идентификации видов в соответствии со стандартным методом количественного и качественного анализов Северных стран, приводимом в разделе, посвященном фитопланктонной и перифитонной группе Северных стран (Ольрик и другие, 1998 год). Уровни 1 и 2 пригодны для целей мониторинга. Уровень 3 используется в таксономических исследованиях. На уровне 2 существуют некоторые элементы, в соответствии с которыми предъявляются более жесткие требования, чем на уровне 1; аналогичная особенность существует и на уровне 3 по сравнению с предыдущими уровнями.

Уровень 1. Сокращенная программа:

При рассмотрении под зеркально отображающим оптическим микроскопом количественной пробы, зафиксированной с помощью раствора Люголя, все организмы идентифицируются на наиболее высоком таксономическом уровне (класс, отряд). Подсчитывается количество отдельных особей и ряд других параметров планктона (колониальные формы, нитевидные формы). Подсчет биологического объема проводится после измерений одного специально отобранного "типового организма". Оценка основана на значении показателя, принятого для групп, родов или видов.

Уровень 2. Стандартная экологическая программа:

После подготовки пробы все общераспространенные и доминантные виды идентифицируются под оптическим микроскопом до уровня видов. Расчет биообъема проводится после измерения нескольких случайно отобранных доминантных или общераспространенных таксонов.

Уровень 3. Полная программа:

Полная видовая идентификация после подготовки, анализ живых проб, культивирование неустановленных видов проводится с помощью сканирующего и просвечивающего электронных микроскопов. Во многих случаях результаты сопоставления дают большой объем информации для дальнейшей обработки результатов.

Преобразование подсчитанного количества в количество в объеме

Для расчета количества счетных единиц фитопланктона (клетки, нитевидные формы, колонии) на единицу объема воды необходимо знать следующие параметры:

- объем камеры
- площадь дна камеры
- площадь просчитываемого участка дна и количество подсчитанных особей каждого вида.

Удельный объем различных видов рассчитывается с помощью измерений линейных размеров клетки, а затем - с помощью геометрических формул. На разных уровнях количество измеряемых клеток варьируется от одной (уровень 1) до минимум пяти (уровень 2) и, наконец, до минимум 10 (уровень 3). Размеры небольших клеток должны измеряться при 400 - 1 000-кратном увеличении.

Был разработан ряд программ подсчета, основанных на уже полученных данных (в рамках программы ХЕЛКОМ-ФИТО). База биологических данных, содержащая средние объемы таксонов, используется в Финляндии для сбора данных мониторинга фитопланктона. Справочный материал для идентификации, представленный изображениями на видеокассетах и фотографиях, используется на совещаниях по взаимной калибрации.

Использование результатов

Результаты исследований фитопланктона могут использоваться в первую очередь для оценки состояния эвтрофикации озер. Надежным параметром является общий объем (или общий сырой вес) фитопланктона, полученный в результате исследований под микроскопом. Подготовлены многочисленные классификации, основанные на общем количестве. Приводимая ниже классификация (таблица 5) основана на изучении большого объема материалов (свыше 800 пробоотборных пунктов, работавших в середине лета в 1963 и 1965 годах), полученных во внутренних водах Финляндии (Хейнонен, 1980 год).

Таблица 5. Классификация озер Финляндии в соответствии с общим количеством биомассы фитопланктона (Хейнонен, 1980 год)

Состояние эвтрофикации озера	Биомасса фитопланктона мг/л, сырой вес
Сверхолиготрофное	< 0,20
Олиготрофное	0,21 – 0,50
Начальное эвтрофное	0,51 – 1,00
Мезотрофное	1,01 – 2,50
Эвтрофное	2,51 – 10,0
Гиперэвтрофное	> 10,0

Косвенным, хотя и весьма практичным методом для получения относительно надежной оценки количества фитопланктона, является химический анализ хлорофилла-*a*. Эти две характеристики в значительной степени коррелируют друг с другом. По этой причине были созданы различные классификации, основанные на концентрациях хлорофилла-*a*. В приводимой ниже таблице (таблица 6) представлена классификация, подготовленная Леписто (1999 год) на основе изучения внутренних вод Финляндии.

Таблица 6. Классификация озер в Финляндии в соответствии с общим количеством биомассы фитопланктона и концентраций хлорофилла-*a* (Леписто, 1999 год)

Тип озера	Биомасса фитопланктона в мг/л, сырой вес		Хлорофилл- <i>a</i> мкг/л	
	среднее значение	стандартное отклонение	среднее значение	стандартное отклонение
Олиготрофное	0,3	0,2	2,7	1,2
Дистрофное	0,9	0,7	6,2	3,0
Мезотрофное	2,3	2,0	8,7	4,8
Эвтрофное	7,6	7,7	36,9	30,1
Гиперэвтрофное	13,2	12,4	52,4	44,0

Помимо общего количества фитопланктона, весьма важной характеристикой является видовой состав. Некоторые виды типичны в эвтрофных водах, некоторые виды являются индикаторами только олиготрофных вод и т.д. В этой связи для оценки озер разработаны и используются несколько систем коэффициентов, основанных на видах фитопланктона. Как правило, они наиболее пригодны для небольших географических районов и даже только для одного и того же речного бассейна.

Однако некоторые виды водорослей почти повсеместно указывают на эвтрофикацию, и в первую очередь сине-зеленые водоросли. Вспышка численности цианобактерий всегда является сигналом, свидетельствующим о сильном эвтрофировании озера. Доля цианобактерий, составляющая в олиготрофных озерах лишь несколько процентов от общей биомассы, в гиперэвтрофных озерах увеличивается до 60-80%. Как правило, их цветение происходит в конце лета в условиях высокой температуры воды.

Какую-либо всеобщую систему коэффициентов, например для территории всей Европы, разработать невозможно. Однако необходимы новые идеи относительно различных коэффициентов, поскольку в соответствии с обязательствами по Рамочной водной директиве ЕС в будущем придется рассчитывать специальные коэффициенты экологического качества (КЭК) для оценки экологического состояния водного объекта.

Кроме того, зоопланктон играет важную роль особенно в процессе эвтрофикации, а также является важнейшей частью трофической цепи озер. Однако анализы зоопланктона не были добавлены к программам мониторинга озер. В случаях начальной эвтрофикации, а также изменения биологического состава озер необходимо чаще использовать данные о зоопланктоне.

7.4 Макрофиты и фитобентос

Макрофиты

Еще одним биологическим элементом качества озер, упомянутых в Водной рамочной директиве ЕС, являются макрофиты и фитобентос.

В РВД приводятся общие определения макрофитов и фитобентоса, относящиеся к различному экологическому состоянию озер. Для отнесения озера к категории высокого качества экологического состояния используются следующие характеристики макрофитов и фитобентоса:

- таксономический состав полностью или почти полностью соответствует условиям отсутствия воздействий
- обнаруживаемые изменения среднего показателя обилия макрофитов и фитобентоса отсутствуют.

В случае, если в озере уже произошли незначительные изменения в результате антропогенного воздействия, озеро может быть отнесено к категории озер с хорошим экологическим статусом, когда

- произошли небольшие изменения в составе и показателей обилия макрофитных и фитобентических таксонов по сравнению с типологическими сообществами. Такие изменения не свидетельствуют о сколько-нибудь ускоренном росте фитобентоса или более высокой формы растительной жизни, являющейся причиной нежелательных нарушений баланса организмов, присутствующих в водном объекте или физико-химического качества воды
- фитобентическое сообщество не подвержено вредному воздействию бактериальных пучков или оболочек, присутствие которых является результатом антропогенной деятельности.

В случае, если в озере произошли настолько сильные отрицательные изменения и оно подверглось загрязнению, что оно должно быть отнесено к категории озер со "средним экологическим состоянием", макрофиты и фитобентос могут описываться следующим образом:

- состав таксонов макрофитов и фитобентоса умеренно отличается от типо-видового сообщества и значительно более искажен, чем при хорошем качестве
- явное наличие умеренных изменений среднего показателя обилия макрофитов и фитобентоса
- бактериальные пучки и оболочки, присутствие которых обусловлено антропогенной деятельностью, могут наносить ущерб, а в некоторых районах вытеснять сообщество фитобентоса.

В Директиву ЕС о естественной среде (1992/43/ЕЕС, приложение I) также включены пресноводные биотопы. В Директиве о естественной среде с поправками содержится следующий перечень пресноводных природных типов:

- олиготрофные воды, содержащие весьма небольшие количества минералов песчаных равнин
- олиготрофно-мезотрофные стоячие воды с растительностью, представленной *Littorelletea uniflorae* и/или *Isoeto-Nanojuncetea*
- жесткие олиго-мезотрофные воды с бентической растительностью *Chara spp.*
- природные эвтрофные озера с растительностью типа *Magnopotamion* или *Hydrocharition*
- природные дистрофные озера и пруды
- природные реки Фенноскандии
- альпийские реки и травянистая растительность по их берегам
- альпийские реки и деревянистая растительность, представленная *Myricaria germanica*
- равнинные водотоки, протекающие на уровнях предгорий с растительностью *Ranunculion fluitans* и *Callitricho-Batrachion*

- богатые минеральными солями источники и верховые ключи, являющиеся истоком рек Фенноскандии
- источники, содержащие растворенный туф.

Каждое государство-член принимает надлежащие меры по сохранению своей естественной среды. В дальнейшем будет производиться регулярный мониторинг на соответствие высокому качеству состояния сохранности, а также изменений в отношении репрезентативности этих природных сред.

Водные макрофиты характеризуются многими параметрами, которые можно использовать в качестве показателя при проведении экологического мониторинга. Однако в силу местных особенностей природных сред трудно заниматься обобщением значений показателей, и следует осторожно подходить к интерпретации различий, относящихся к реагированию. Основные виды использования водных макрофитов в мониторинге и оценке могут быть отнесены к пяти следующим группам (Тойвонен, 2000 год):

- при проверке состояния растений, проводимой в контролируемых лабораторных условиях/полевых условиях
- путем использования химических параметров некоторых видов в качестве индикаторов тяжелых металлов и других токсичных веществ
- путем использования видов или видовых групп в качестве индикаторов качества воды или среды обитания
- путем изучения временных (долгосрочных) изменений растительности и
- для изучения или оценки биоразнообразия водных объектов.

Поскольку на водную растительность озера одновременно воздействует несколько факторов, макрофиты лишь в редких случаях имеют ценность в качестве индикаторов при оценке некоторых конкретных экологических переменных. Напротив они позволяют получить адекватную общую оценку трофического состояния участка. Кроме того, их использование в качестве индикаторов объясняется их относительной устойчивостью на участке. Изменения размеров популяции водных макрофитов также, как правило, незначительны по сравнению с изменениями многих других организмов (Тойвонен, 2000 год).

Методы исследований, применяемые к водным растениям, в значительной степени зависят как от цели исследований, так и от изучаемых районов или видов. Исследования водных макрофитов, таким образом, вызывают насущную необходимость в стандартизации методов обследования. Согласованию подлежат, как минимум, следующие вопросы:

- время обследования
- размеры и отбор обследуемых участков
- отбор обследуемых трансект
- регистрируемые параметры в отношении макрофитов (показатели обилия, охват, частота)
- пробоотбор биомассы и измерения.



Рис. 16. Макрофиты и цветение водорослей в литоральной зоне эвтрофицированного озера

Макрофиты особенно ценны для долгосрочных (5-20 лет) исследований изменений литоральных зон и зон открытой воды. На рис. 17 приводится пример использования макрофитов в долгосрочной программе мониторинга.

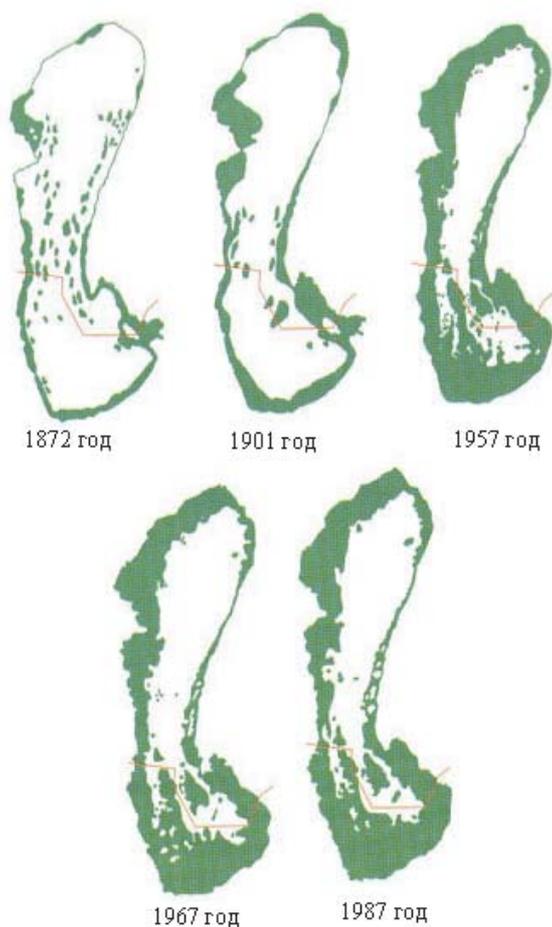


Рис. 17. Изменения камышовых зарослей за последние 100 лет в озере Ноусидл/Фёрто То (Пьетилийнен и Хейнонен, 2002 год)

В этом трансграничном озере, расположенном на территории Австрии и Венгрии, за более чем 100 лет произошло существенное расширение площадей зарослей камыша. Эти изменения были особенно заметны и показательны в период между 1901 и 1957 годами. В последний период изменения были существенно менее заметными.

Перифитон

Перифитон представляет собой сложное сообщество микробиоты (водорослей, бактерий, грибов, животных, неорганического и органического детрита), который приурочен к определенным субстратам (Ветцель, 1983 год, Элоранта, 2000 год). Хорошо заметные и непривлекательные обросты подводных поверхностей, например камней, рыболовных сетей и причалов, относятся к наиболее очевидным неблагоприятным последствиям, вызываемым сообществами перифитона. Нередко перифитон является основным первичным продуцентом биологического вещества не только в реках, но и в озерах, для которых характерна обширная площадь литорали. Практика показала целесообразность использования перифитона в качестве точного и надежного индикатора качества воды, поскольку он быстро реагирует и отражает изменение условий (Вейтцель, 1979 год, Элоранта, 2000 год).

Перифитонное сообщество появляется в результате долгосрочного (дни, недели, месяцы) действия ряда биологических и физико-химических факторов, одновременно влияющих на его рост. Температура и водные течения также играют важную роль, влияющую на рост перифитона.

Измерение роста перифитона на искусственных субстратах получило широкое применение при оценке воздействия нагрузок из точечного источника (промышленные стоки, коммунальные сточные воды и т.д.) на первичную продукцию испытывающих его воздействие поверхностных вод (Элоранта, 2000 год).

Анализы, проводимые с помощью количественных проб перифитона, обычно используются для определения содержания хлорофилла-*a*, "сырой" массы, сухой массы, содержания органического вещества и массы обеззоленного сухого вещества (МОСВ). Хлорофилл-*a* используется для описания массы водорослей перифитона. Этот показатель является наиболее пригодным для оценки эвтрофикации.

Наряду с этим отбор качественных проб и проведение анализов сообщества имеют особую ценность для целей мониторинга литорали. Типичными параметрами, рассчитываемыми с помощью проб, являются видовое богатство, биоразнообразие и в первую очередь вклад различных таксонов, принадлежащих к различным группам биоиндикаторов (Элоранта, 2000 год).

Развитие перифитона на искусственных субстратах

Кроме того, очень часто для получения оценок развития перифитона используются такие искусственные субстраты, как предметные стекла и стеклянные палочки, а также различные виды пластмассовых или керамических пластинок, погружаемых на определенный промежуток времени (как правило, достаточно трех недель) на определенную глубину (как правило, один метр) в исследуемом озере. У данного метода имеются следующие преимущества:

- неограниченная возможность для выбора участка образования обрастаний, например с учетом состояния загрязнения, а не только качества дна
- более широкие возможности сопоставления результатов, полученных на различных участках
- возможность согласования некоторых важных факторов развития, например времени образования обрастаний, глубины и освещенности.

К возможным недостаткам относится тот факт, что могут быть не учтены некоторые виды, являющиеся важными биоиндикаторами, для развития которых три недели - слишком краткий срок для образования обрастаний, например на пластмассовых пластинах. Некоторые материалы пластинок, в частности керамика, возможно, также неблагоприятны для некоторых видов водорослей.

На рис. 18 и 19 показаны два вида приборов, на которых культивируются обрастания, используемые в оценках развития перифитона.



Рис. 18. Прибор для культивирования обрастаний, используемых в оценке развития перифитона в озерах (фото Сирпа Херве)

Представленный на рис. 18 прибор получил широкое распространение в Финляндии. Участки для культивирования обрастаний могут отбираться в различных секторах озера. Время культивирования обрастаний - три недели на глубине один метр. Развитие перифитона на пластинах определяется с помощью анализов хлорофилла-*a*. Обычно используется четыре пластины. В некоторых случаях с помощью микроскопа также проводится исследование видового состава.



Рис. 19. Приборы для культивирования обрастаний, используемых в оценке развития перифитона в литоральной зоне озера (фото Пертти Маннинена)

Литоральная зона имеет особое значение особенно для малых озер с относительно большой площадью мелководья. Другим удобным методом мониторинга для этих зон, помимо макрофитов, является наблюдение за ростом перифитона в летний период, являющийся пиком продуцирования первичной продукции.

Один из оптимальных видов приборов для культивирования обрастаний в литоральной зоне представлен на рис. 19. Этот прибор может помещаться в зоне мониторинга в непосредственной близости от берега на глубине 0,5-1,0 метра в течение трех недель. Во многих случаях уже по цвету пластинок после периода образования нарастаний можно однозначно судить о степени эвтрофикации озера. Это имеет особую важность для населения, живущего на берегах исследуемого озера.

Развитие перифитона является определяющим параметром, отражающим главным образом начальные этапы процесса эвтрофикации озер. Во многих случаях эвтрофикация может выявляться в результате обрастания различных участков мелководья, находящихся поблизости от береговой линии.

На рис. 20 представлены результаты обследования, проведенного на четырех пробоотборных пунктах озера, указывающие на первые признаки эвтрофикации. В этом исследовании отбор проб производился на четырех участках, подобранных таким

образом, чтобы вода на участке 1 была бы близка по качеству к естественной олиготрофности, на участках 2-4 - к несколько эвтрофицированной в результате попадания фосфора из различных неточечных источников. Пробы воды (на общее содержание фосфора и хлорофилла-*a*) отбирались с глубины 1 метр. Был проведен анализ развития перифитона на искусственных субстратах (пластинах из полиуглеродной пластмассы), образовавшихся на глубине 1 м после трех недель культивирования обрастаний. Результаты, полученные на участке 1, использовались в качестве контрольных значений (значение 1.00), а результаты с других участков сопоставлялись с соответствующими результатами, полученными на участке 1.

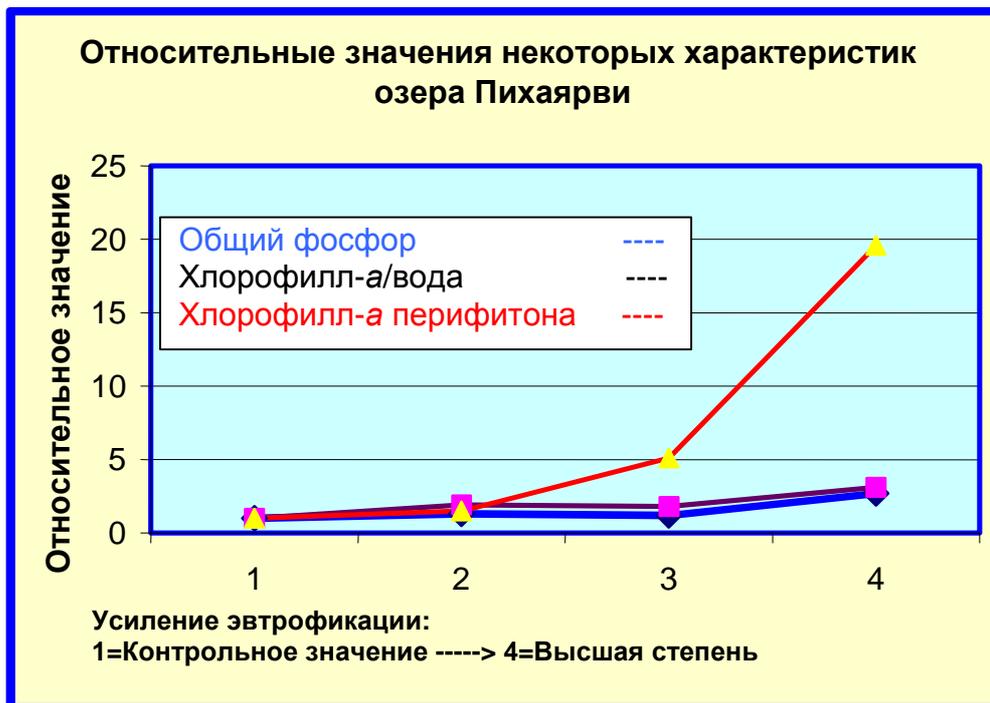


Рис. 20. Относительные значения трех различных показателей эвтрофикации озера Пихаярви

Результаты показывают, что темпы развития перифитона на участке 3 почти в пять раз превышают аналогичный показатель на контрольном участке. Значения содержания фосфора и хлорофилла, измеренные в водной фазе на участке 3, лишь несущественно превышали эти значения, полученные на контрольном участке. На участке, в наибольшей степени подвергшемся эвтрофикации, темпы роста перифитона были почти в 20 раз выше, чем на исходном участке.

7.5 Бентическая беспозвоночная фауна

Бентические беспозвоночные (зообентос) все шире используются в программах мониторинга пресной воды. Благодаря богатству их видового состава, представленного во всех типах пресноводных сред обитания, и расширению экологических знаний о реакции видов на изменение состояния окружающей среды зообентос может использоваться для проведения мониторинга по различным направлениям, в частности для мониторинга эвтрофикации, подкисления, изменений структуры среды обитания и видового разнообразия, а также токсичности.

Имеются относительно простые методы отбора проб зообентоса, а малоподвижные и относительно долго живущие организмы могут отражать специфические особенности участка и долгосрочные природные изменения. В озерных экосистемах зообентос является важным энергетическим связующим звеном, в состав которого входит целый ряд видов с различными экологическими особенностями и лимитирующими факторами (Коскениеми, 2000 год).

Бентическая беспозвоночная фауна является одним из биологических элементов качества, предусмотренных Рамочной водной директивой ЕС. В РВД (приложение V) содержатся общие определения, касающиеся бентической беспозвоночной фауны, характеризующие следующие различные экологические состояния озер: для отнесения озера к категории с "высоким уровнем состояния качества" бентическая беспозвоночная фауна должна соответствовать следующим характеристикам:

- таксономический состав и показатель обилия полностью или почти полностью соответствуют условиям отсутствия воздействий
- соотношение чувствительных и не чувствительных к воздействиям таксонов не выявляет признаков отклонений от уровней в условиях отсутствия воздействий
- уровень видового разнообразия таксонов беспозвоночных не отражает признаков отклонений от уровней в условиях отсутствия воздействий.

В случае, если озеро уже подверглось незначительному изменению в результате антропогенного воздействия, тем не менее оно может быть отнесено к категории с "хорошим качеством экологического состояния" при условии, что:

- имеются незначительные изменения в составе и распространенности таксонов беспозвоночных по сравнению с типом-видовыми сообществами

- соотношение чувствительных и не чувствительных к воздействиям таксонов свидетельствует о небольших отклонениях от типо-видовых уровней
- уровень видовой разнообразия беспозвоночных свидетельствует о слабых признаках отклонений от типо-видовых уровней.

В случае, если озеро подверглось настолько сильным отрицательным изменениям и загрязнению, что оно должно быть отнесено лишь к категории со "средним качеством состояния", бентическая беспозвоночная фауна может быть описана следующим образом:

- состав и показатель обилия таксонов беспозвоночных умеренно отличаются от типо-видовых условий
- отсутствуют основные таксономические группы типо-видового сообщества
- соотношение чувствительных и не чувствительных к воздействиям таксонов, а также уровень видовой разнообразия существенно ниже типо-видового уровня и значительно ниже, чем в условиях хорошего качества состояния.

Параметры сообществ зообентоса варьируются в широких пределах как на уровне одного озера, так и на уровне нескольких озер. В пределах одного озера отражается батиметрическое, вертикальное распределение видов в литоральной, сублиторальной и профундальной областях, а также горизонтальное распределение видов, связанное с большими различиями в структуре сообщества, особенно на уровне литоральных сред обитания. В настоящем документе под сообществами зообентоса понимается видовой комплекс, местообитанием которого является определенный участок озера. Размеры ячеек сита, используемого для процеживания пробы, обычно колеблются в пределах 200-500 мкм (Коскениеми, 2000 год).

В принципе пробы зообентоса могут отбираться на всех участках озера. Однако, как правило, пробы зоопланктона отбираются из наиболее глубоких участков озера. Зоны (литоральные, сублиторальные или профундальные) или типы сред обитания, подлежащие включению в программы мониторинга и оценки экологических коэффициентов качества (ЭКК), не имеют определения в РВД.

Профундальные и литоральные бентические сообщества могут по-разному реагировать на различные типы антропогенных стрессов. Воздействия, возникающие в результате некоторых видов стрессов, в частности в результате регулирования уровня воды, подкисления, рекреационной деятельности и изменения морфологии береговой линии, например в связи со строительством летних домиков и других видов

строительства, могут быть приурочены главным образом к литоральной зоне. Кроме того, первичное воздействие на литоральную зону могут оказывать биогенные вещества, поступающие из неточечных источников, и взвешенные вещества (сельское и лесное хозяйство). По этой причине литоральные сообщества более оперативно реагируют на антропогенное воздействие по сравнению с профундальными беспозвоночными.

Профундальные сообщества, возможно, в большей степени отражают долгосрочные изменения экологических условий озера. В литоральной зоне к каждому типу среды обитания зачастую приурочена весьма своеобразная фауна. По этой причине пробы, отобранные из различных типов сред обитания, не сопоставимы друг с другом, и очевидна необходимость стратификации пробоотбора по типу среды обитания (Толонен и др., 2001 год).

До настоящего времени в мониторинге и оценке окружающей среды недооценивалось значение озерной литорали. Мониторинг литоральных сообществ сосредоточен главным образом на оценке воздействия подкисления, в то время как профундальные сообщества используются для оценки воздействия органических нагрузок (Коскениеми, 2000 год).

Пригодность профундальных больших беспозвоночных в качестве индикаторов трофического состояния озера и его эвтрофикации полностью подтверждена опытом (например, Видерхольм, 1980 год, Броденсен и Линдегаард, 1999 год).

Европейские страны используют практически одни и те же методы пробоотбора сообществ бентических крупных беспозвоночных. Это единство подхода отчасти связано с подготовкой стандартов на международном (ИСО), европейском (ЕКС) и национальном уровнях в области биологических и экологических методов оценки, которая началась в конце 1980-х годов.

В настоящее время существует несколько стандартных методов пробоотбора крупных беспозвоночных. При отборе качественных или полуколичественных проб из литоральных сред обитания рек и озер используются стандартные методы с применением сети или слива воды из отобранной пробы. В озерах отбор проб профундальных крупных беспозвоночных обычно производится из наиболее глубокого участка озера, а также на средней глубине (средний арифметический показатель глубины расстояния между поверхностью и максимальной глубиной) с использованием дночерпателя Экмана. Более подробная информация, относящаяся к пробоотбору, содержится в соответствующих стандартах.

7.6 Рыба

Рыба является весьма важной составной частью биоценоза озера. Рыба играет не только важную роль в трофической цепи озера, но и представляет наибольший интерес в качестве части биоценоза с точки зрения обеспечения населения продуктами питания. В этой связи совершенно естественно, что рыбная фауна также является одним из биологических элементов качества, который обязателен для использования в экологической классификации в соответствии с Рамочной водной директивой ЕС.

В РВД содержится общее определение рыбной фауны в условиях различного экологического состояния озер. В соответствии с приложением V для отнесения озера к категории с высоким качеством состояния рыбная фауна должна соответствовать следующим характеристикам:

- видовой состав и показатель обилия полностью или почти полностью соответствуют условиям отсутствия воздействия
- присутствуют все чувствительные к конкретному воздействию виды
- возрастные структуры сообществ рыб свидетельствует о незначительном антропогенном воздействии и не являются признаком репродуктивных нарушений или нарушений в развитии какого-либо отдельного вида.

В случае, если озеро уже подверглось небольшим изменениям в результате антропогенного воздействия, озеро может быть отнесено к категории с хорошим качеством экологического состояния при условии, что:

- имеют место небольшие отклонения видового состава и показателя обилия типовидовых сообществ, относимые к результатам антропогенных воздействий на физико-химические и гидроморфологические элементы качества
- возрастные структуры сообществ рыб имеют признаки нарушений, относимые к антропогенным воздействиям на физико-химические или гидроморфологические элементы качества, а также, в некоторых случаях, являются признаком репродуктивных нарушений или нарушений в развитии какого-либо отдельного вида – вплоть до отсутствия некоторых возрастных групп.

В случае, если озеро подверглось настолько сильным отрицательным изменениям и загрязнению, что его необходимо отнести лишь к категории со "средним качеством состояния", рыбная фауна может описываться следующим образом:

- состав и показатель обилия видов рыб умеренно отличается от типовидовых сообществ, что можно отнести на счет антропогенного воздействия на физико-химические или гидроморфологические элементы качества
- в возрастной структуре сообществ рыб проявляются признаки существенных нарушений, относимых на счет антропогенного воздействия на физико-химические или гидроморфологические элементы качества вплоть до исчезновения умеренной доли типовидовых разновидностей или сильного снижения показателя обильности.

Рыба находится в верхней части трофической паутины озерной экосистемы. В этой связи рыба оказывает сильное влияние на другие компоненты трофической паутины. Она является пищевой базой не только организмов, относящихся к более низким трофическим уровням, но и пищей для других рыб и беспозвоночных и, наконец, для птиц и млекопитающих, включая людей. Выявлено, что рыбные популяции наряду с этим оказывают существенное влияние на качество воды; например, плотные рыбные популяции могут воспрепятствовать росту фитопланктона и макрофитов в результате снижения прозрачности воды (Лехтонен, 2000 год).

Мониторинг рыбных популяций до настоящего времени проводился главным образом по экономическим причинам. Уловы рыб оценивались с помощью вопросников различных видов, а также путем проверки относящейся к рыболовству важной информации, например о структуре популяции рыбы. В центре осуществлявшихся ранее программ мониторинга находились лишь ценные промысловые виды рыбы.

В настоящее время роль рыбы изменилась, и популяции рыбы рассматриваются в качестве составной части экосистемы. Причиной для такого изменения в подходах, помимо осуществления РВД, в первую очередь явилось манипулирование трофической паутиной в целях управления качеством воды. Манипулирование трофической паутиной зарекомендовало себя в качестве весьма эффективного инструмента для повышения качества состояния экосистем озер.

Целью манипулирования трофической паутиной, как правило, является сокращение биомассы фитопланктона, который может отрицательно сказаться на водопользовании и в некоторых случаях оказывать токсичное воздействие. Управление манипулированием основано на двух принципах:

- рыбаядная рыба контролирует численность планктоноядной рыбы, что отрицательно влияет на травоядный зоопланктон

- рыба, питающаяся бентическими организмами, рециркулирует донный материал путем высвобождения биогенных веществ отложений, а также в результате процессов выделения и усвоения.

Методы мониторинга популяции рыбы сводятся к проведению пробного отлова стандартными жаберными рыболовными сетями и регулярной работе с вопросниками, к которой привлекаются профессиональные рыбаки. В ходе пробных отловов рыбы следует проводить наблюдения за другими элементами качества. Особую важность имеет анализ возможного появления обростов на рыболовных жаберных сетях, а также цветение водорослей.

Справочная литература:

Brodersen, K.P. & Lindegaard, C. 1999. Classification, assessment and trophic reconstruction of Danish lakes using chironomids. *Freshwat. Biol.* 42: 143-157.

Heinonen, P. 1980. Quantity and composition of phytoplankton in Finnish inland waters. *Vesihallitus. Publications of the Water Research Institute* 37, 1-91. ISBN 951-46-4612-6, ISSN 0355-0982.

Heinonen, P., Zigliio, G. & Van der Beken, A. (Eds.). 2000. *Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring*. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester. ISBN 0-471-89988-7. 372 p.

Hutchinson, G. E. 1967. *A treatise on limnology*. III. *Limnological botany*. J.Wiley & Sons, New York, 660 pp.

Jacobsen, B.A. & Simonsen, P. 1993. Disturbance events affecting phytoplankton biomass, composition and species diversity in a shallow, eutrophic, temperate lake. *Hydrobiologia* 249: 9-14.

Johnson, R.K., Wiederholm, T. & Eriksson, L. 1993. Classification of littoral macroinvertebrate communities of Swedish reference lakes. *Verh. Internat. verein. Limnol.* 25: 512-517.

Lehtonen, H. 2000. Fish as Components of the Lake Ecosystems. In: *Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring* (Eds. Heinonen, P., Zigliio, G. & Van der Beken, A.), 131-142. ISBN 0-471-89988-7.

Lepistö, L. 1999. Phytoplankton assemblages reflecting the ecological status of lakes in Finland. *Monographs of the Boreal Environment Research* No. 16, 1-43. ISBN 952-11-0576-3.

- Nixon, S.C., Rees, Y.J., Gunby, J.S. & Lack, T.J. 1996. European Freshwater Monitoring, Summary of Network Design. European Topic Centre on Inland Waters. Topic Report 11. Technical Guidelines for Implementation. European Environment Agency, Copenhagen.
- Olrik, K., Blomqvist, P., Brettum, P. Cronberg, G. Eloranta, P. 1998. Methods for quantitative assessment of phytoplankton in freshwaters, part 1. Naturvårdsverket: 1- 86.
- Pietiläinen, O.-P. & Heinonen, P. 2002. Monitoring of International Lakes. Background paper for the Guidelines on Monitoring and Assessment of Transboundary and International Lakes. UN/ECE Working Group on Monitoring and Assessment. Finnish Environment Institute, Helsinki. ISBN 952-11-1235-2, ISBN 952-11-1236-0 (PDF),82 p.
- Reynolds, C.S. 1986. The ecology of freshwater phytoplankton. 348 p. Cambridge University Press.
- Round, F.E. 1981. The Ecology of Algae. University Press, Cambridge. 653 pp.
- Sládeček, V. 1973. System of water quality from the biological point of view. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol, 7, 1-218.
- Swedish Environmental Protection Agency, 2000. Environmental Quality Criteria. Lakes and Watercourses. ISBN 91-620-5050-8, ISSN 0282-7298.
- Toivonen, H. 2000. Botanical aspects in lake monitoring and assessment. In: Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring (Eds. Heinonen, P., Ziglio, G. & Van der Beken, A.),119-130. ISBN 0-471-89988-7.
- Toivonen, H. & Muotka, T. 2002. Biological typologies of inland waters - possibilities and constraints. In: Ruoppa, M. & Karttunen, K. (eds.). Typology and ecological classification of lakes and rivers. Copenhagen : Nordic Council of Ministers, 2002. P. 9-13. Tema-Nord ; 2002, 566. ISBN 92-893-0824-9, ISSN 0908-6692.
- Tolonen, K.T., Hämäläinen, H., Holopainen, I.J. & Karjalainen, J. 2001. Influences of habitat type and environmental variables on littoral macroinvertebrate communities in a large lake system. Arch. Hydrobiol. 152: 39-52.
- Wiederholm, T. 1980. Use of benthos in lake monitoring. J. Water Pollution Control Fed. 52: 537-547.

Willén, E. 1992. Long-term changes in the phytoplankton of large lakes in response to changes in nutrient loading. *Nord. J. Bot.* 12 (5): 577-587.

Willén, E. 2000. Phytoplankton in Water Quality Assessment – An Indicator Concept. In: *Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring* (Eds. Heinonen, P., Ziglio, G. & Van der Beken, A.). John Wiley & Sons, Ltd. Chichester. ISBN 0-471-89988-7. 57-80.

РЕЗЮМЕ главы 7

- Ознакомление с основными характеристиками биологических элементов качества (ЭК) озер.
- Подготовка перечня предыдущих исследований (или программ мониторинга), содержащего информацию о биотах.
- Выявление квалифицированных экспертов по каждому из различных биологических ЭК.
- Получение экспертных оценок по большинству важных ЭК исследуемого озера.
- Подготовка программы биологических ЭК в самой тесной связи с другими ЭК.
- Подготовка предварительных схем обработки и представления результатов по биологическим ЭК в качестве составной части всего доклада.

8. ОПАСНЫЕ ВЕЩЕСТВА

8.1 Определения

В мониторинге окружающей среды концепция "опасных веществ" имеет весьма широкое значение, и ее понимание различными лицами и организациями может варьироваться в широких пределах. В настоящем относительно кратком техническом документе приводятся и обсуждаются следующие группы опасных веществ:

- Стойкие органические загрязнители (СОЗ)
- Приоритетные вещества РВД
- Ртуть
- Тяжелые металлы
- Радионуклидное заражение.

Стойкие органические загрязнители (СОЗ) представляют собой химические вещества, не разрушающиеся в окружающей среде, способные к биоаккумуляции через трофическую паутину и создающие опасность, связанную с вредным воздействием на здоровье человека и окружающую среду. Существуют твердые доказательства переноса этих веществ на большие расстояния в регионы, в которых они никогда не использовались или никогда не производились, и вытекающих из этого обстоятельства угроз окружающей среде всего земного шара.

Перечень приоритетных веществ в области водной политики, внесенный в качестве поправки в Директиву 2000/60/ЕС, включает в себя 33 различных вещества, которые были утверждены решением № 2455/2001/ЕС Европейского парламента и Совета от 20 ноября 2001 года. Возможное присутствие этих соединений в районах речных бассейнов должно отслеживаться на первом этапе осуществления РВД.

Ртуть (тяжелый металл) во многих странах по-прежнему остается весьма важным загрязняющим веществом. Существуют два вида ртути: неорганическая ртуть и органическая ртуть. Органическая ртуть представляет собой наибольшую опасность, поскольку она может без труда проникать через клеточные стенки, легко абсорбируется жировыми тканями животных, а также легко абсорбируется нервными и мозговыми клетками. По этой причине органическая ртуть может быть в сто раз опаснее неорганической ртути.

Тяжелые металлы относятся к группе тяжелых, плотных металлических элементов, которые присутствуют в воде в очень малом количестве, но обладают повышенной

токсичностью и способностью, как это имеет место в случае ртути, аккумулироваться в биоте.

Радионуклидное заражение в некоторых странах по-прежнему представляет собой угрозу окружающей среде. Целью этой краткой главы является лишь напомнить лицам, отвечающим за мониторинг, что во всех случаях необходимо обращать внимание на этот вид загрязнения.

8.2 Стойкие органические загрязнители (СОЗ)

Стойкие органические загрязнители (СОЗ) с точки зрения охраны окружающей среды представляют собой группу из 12 особо опасных токсичных органических соединений, на которые обратила внимание Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП). Во многих странах эти соединения уже относятся к области истории загрязнения окружающей среды, но, будучи весьма стойкими, эти соединения могут встречаться, например, в водотоках и через десятки лет после прекращения их использования и выбросов в природную среду.

Соединения, приводимые в таблице 7, играют определенную роль в оценке состояния водных объектов. В случае, если какие-либо из таких соединений встречаются, например в озере, как правило, в биоте, а также (что бывает весьма часто) в донных отложениях, состояние данного озера должно оцениваться как настолько неблагоприятное, что должны приниматься особые меры для исправления ситуации.

В этой связи возможное присутствие и распространение этих опасных соединений (неофициально называемых "грязной дюжиной") должно немедленно выявляться в начале каждой новой программы мониторинга.

Таблица 7. Стойкие органические загрязнители (СОЗ)

СОЕДИНЕНИЯ	
Альдрин	Пестицид, применявшийся для защиты сельскохозяйственных культур от почвенных насекомых. Повсеместно запрещен.
Хлордан	Пестицид, применявшийся для защиты сельскохозяйственных культур от термитов. Повсеместно запрещен.
ДДТ	Пестицид, применявшийся для борьбы с переносчиками болезней сельскохозяйственных культур. Применялся на личном составе вооруженных сил в период второй мировой войны для борьбы с малярией, тифом и другими заболеваниями. Практически повсеместно запрещен. Все еще производится и применяется.

СОЕДИНЕНИЯ	
Дильдрин	Пестицид, применявшийся для борьбы с насекомыми и переносчиками болезней. Подлежит ограничению.
Диоксины	Побочная продукция промышленности. Подпадает под действие ограничительных норм.
Фураны	Побочная продукция промышленности. Подпадает под действие ограничительных норм.
Эндрин	Пестицид, применявшийся в отношении полевых сельскохозяйственных культур и для борьбы с грызунами. Повсеместно запрещен.
Гексахлорбензол (ГХБ)	Пестицид и побочный продукт промышленности, появляющийся при изготовлении пластмассы. Его применение в качестве пестицида повсеместно запрещено. Подпадает под действие ограничительных норм в отношении побочной продукции.
Гептахлор	Пестицид, применявшийся против почвенных насекомых и термитов. Повсеместно запрещен.
Мирекс	Пестицид, применявшийся против различных муравьев, термитов, ос и клопов. Кроме того, применялся в качестве огнезадерживающего средства в пластмассах, резине, обоях и электротехнических приборах. Повсеместно запрещен.
Полихлордифенилы (ПХД)	Промышленный химикат, применявшийся в теплообменных жидкостях, лакокрасочных добавках, безуглеродной копировальной бумаге, пластмассах и другой различной продукции промышленности. Изготавливается в качестве вспомогательного продукта. Повсеместно запрещен. Подпадает под действие норм об ограничении выбросов.
Токсафен	Пестицид, применявшийся для повышения урожайности хлопка, зерновых, фруктов, орехов и овощей и для борьбы с клещами и тлями в животноводстве. Повсеместно запрещен.

СОЗ обладают эффективной способностью к биоаккумуляции в трофической паутине, особенно в жировых тканях рыбы и моллюсков. Эти соединения отличаются высокой степенью стойкости, благодаря которой относительно легко поддаются обнаружению. Существуют различные методы их обнаружения, которые, как правило, основаны на биоаккумуляции. Неоднократно СОЗ выявлялись с помощью анализа в объектах естественной биоты, а в некоторых случаях с этой целью применялись различные методы культивирования.

Для мониторинга опасных веществ на протяжении более 15 лет в Финляндии использовался специальный метод выращивания моллюсков. В соответствии с этим методом использовались отобранные образцы моллюсков, выращенные в столбе свободной воды, поскольку ставилась цель собрать информацию о современных уровнях выбросов. Выросшие в природных условиях моллюски получают свою пищу из донных

отложений и, таким образом, собирают относящиеся к прошлому остатки загрязняющих веществ, уже давно поступивших в водоем. Пресноводные моллюски (*Anodonta piscinalis*) собирались из незагрязненного мезогумусного озера и выдерживались в течение двух-трех недель в чистой воде в лабораторных условиях.

Для выращивания моллюсков в течение четырех недель использовались пластмассовые ловушки, заякоренные на пробоотборных участках на глубине 1 м (рис. 21). Пробное культивирование подтвердило, что четыре недели являются оптимальным периодом (Херве, 1991 год). После выращивания моллюски подвергались измерениям и взвешиванию с раковинами и без них. Раковины использовались для определения возраста. Мягкие ткани моллюсков высушивались с помощью глубокой заморозки, и затем в лаборатории для анализа из пяти отдельных моллюсков были приготовлены три составных препарата.

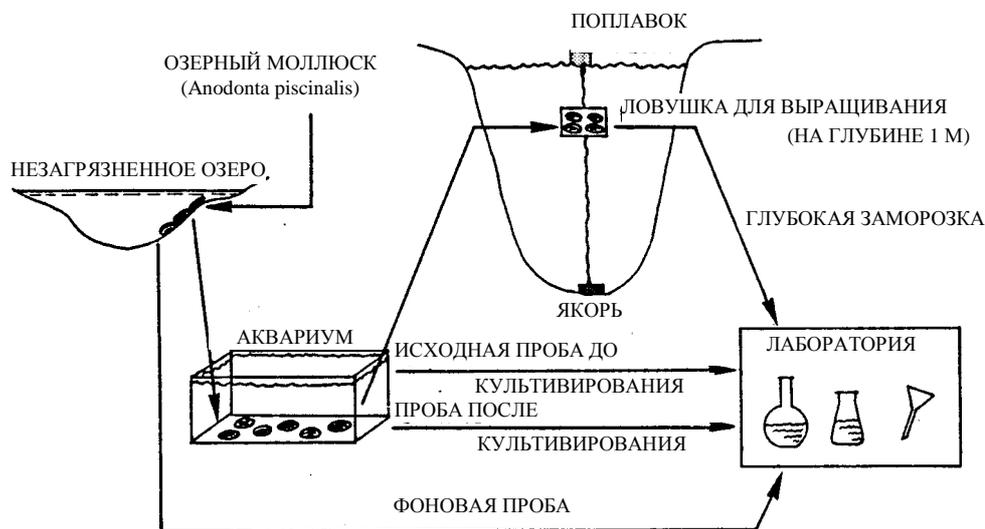


Рис. 21. Принцип метода культивирования моллюсков (Херве, 1991 год)

На рис. 22 приведен пример двух эпизодов загрязнения ПХД, приведших к долгосрочным последствиям. В случае озера Куусаанкоски (голубая линия) ПХД попали в водотоки из промышленной зоны через подземные воды. В настоящее время происходит медленное снижение нагрузки.

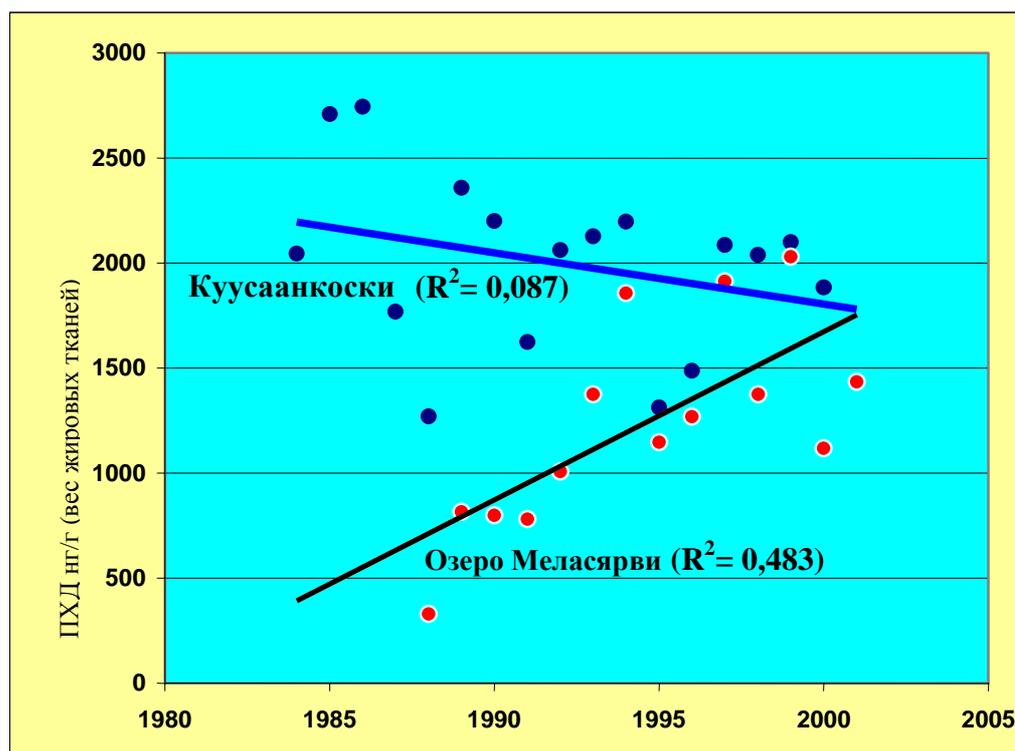


Рис. 22. Тренды концентрации ПХД на двух объектах, в которые поступают промышленные загрязнители, измеренные с помощью методов культивирования моллюсков

В случае озера Меласярви (черная линия и красные точки) существует иная ситуация, характеризующаяся существенным повышательным трендом. Причиной этого, судя по всему, является утилизация макулатуры на целлюлозно-бумажном комбинате, а также возможность загрязнения грунта в этом традиционно промышленном районе. Мониторинг ситуации будет проводиться на регулярной основе.

8.3 Приоритетные вещества РВД

В соответствии со статьей 16 (Стратегии по борьбе с загрязнением воды) Рамочной водной директивы ЕС Европейский парламент и Совет должны принять особые меры против загрязнения воды отдельными загрязнителями или группами загрязнителей, представляющими значительный риск для окружающей водной среды или через нее, включая риск для вод, используемых для водозабора питьевой воды. В отношении таких загрязнителей меры должны быть направлены на постепенное уменьшение, а для приоритетных опасных веществ - на полное прекращение или постепенное сокращение сбросов, выбросов и потерь.

Комиссия представит предложение, содержащее перечень приоритетных веществ, отобранных среди тех веществ, которые представляют значительный риск для окружающей водной среды или через нее. Этот перечень был утвержден Европейским парламентом и Советом 20 ноября 2001 года и добавлен к Директиве в качестве приложения X. Перечень приводится в настоящем документе ниже в таблице 8.

Кроме того в предложении Комиссии должны определяться приоритетные опасные вещества. При этом Комиссии следует учитывать опасные вещества, включенные в соответствующее законодательство Сообщества в отношении опасных веществ или в соответствующие международные соглашения. Комиссия пересмотрит утвержденный перечень приоритетных веществ как минимум через четыре года после даты вступления в силу настоящей Директивы (т.е. в декабре 2004 года) и будет впоследствии проводить пересмотр не реже одного раза в четыре года, а также, при необходимости, будет выдвигать соответствующие предложения.

В отношении приоритетных веществ Комиссия представит предложения о контроле за:

- постепенным сокращением сброса, выбросов и потерь указанных веществ и, в частности,
- полным или постепенным сокращением сбросов, выбросов и потерь приоритетных опасных веществ, включая соответствующий график реализации этих мер.

Комиссия представит предложения по нормативам качества, применимым для концентрации приоритетных веществ в поверхностных водах, отложениях или биоте.

Для веществ, включенных в первый перечень приоритетных веществ, в отсутствие соглашения на уровне Сообщества через шесть лет после вступления в силу настоящей Директивы государства-члены установят экологические нормы качества в отношении таких веществ для всех поверхностных вод, подверженных сбросам таких веществ, и установят контроль за основными источниками таких сбросов, основанный, в частности, на изучении всех технических возможностей уменьшения сбросов. Для веществ, включенных в список приоритетных в последующем в отсутствие соглашения на уровне Сообщества, государства-члены предпримут аналогичные действия через пять лет после включения в список.

Обязательства по мониторингу приоритетных веществ являются весьма жесткими. Возможное присутствие в природных объектах всех приоритетных веществ должно быть выявлено до конца 2004 года, и в случае нахождения какого-либо из них мониторинг должен проводиться с интервалом в один месяц.

Таблица 8. Перечень приоритетных веществ в соответствии с Рамочной водной директивой ЕС

	Номер CAS (Службы подготовки аналитических обзоров по химии)	Название приоритетного вещества	Определено в качестве приоритетного опасного вещества
(1)	15972-60-8	Алахлор	
(2)	120-12-7	Антрацен	(X)***
(3)	1912-24-9	Атразин	(X)***
(4)	71-43-2	Бензол	
(5)	отсутствует	Бромированные дифениловые эфиры (**)	X****
(6)	7440-43-9	Кадмий и его соединения	X
(7)	85535-84-8	C ₁₀₋₁₃ -хлоралканы (**)	X
(8)	470-90-6	Хлорфенвинфос	
(9)	2921-88-2	Хлорпирифос	(X)***
(10)	107-06-2	1,2-Дихлорэтан	
(11)	75-09-2	Дихлорметан	
(12)	117-81-7	Ди-(2-этилгексил)фталат (ДЭГФ)	(X)***
(13)	330-54-1	Диурон	(X)***
(14)	115-29-7	Эндосульфан	(X)***
	959-98-8	(альфа-эндосульфан)	
(15)	206-44-0	Флуорантен (*****)	
(16)	118-74-1	Гексахлорбензол	X
(17)	87-68-3	Гексахлорбутадиеп	X
(18)	608-73-1	Гексахлорциклогексан	X
	58-89-9	(гамма-изомер, линдан)	
(19)	34123-59-6	Изопротурон	(X)***
(20)	7439-92-1	Свинец и его соединения	(X)***
(21)	7439-97-6	Ртуть и ее соединения	X
(22)	91-20-3	Нафталин	(X)***
(23)	7440-02-0	Никель и его соединения	
(24)	25154-52-3	Нонилфенолы	X
	104-40-5	(4-(пара)-нонилфенол)	
(25)	1806-26-4	Октилфенолы	(X)***
	140-66-9	(пара-терт-октилфенол)	
(26)	608-93-5	Пентахлорбензол	X
(27)	87-86-5	Пентахлорфенол	(X)***

	Номер CAS (Службы подготовки аналитических обзоров по химии)	Название приоритетного вещества	Определено в качестве приоритетного опасного вещества
(28)	отсутствует	Полиароматические углеводороды	X
	50-32-8	(Бензо(а)пирен),	
	205-99-2	(Бензо(б)флуорантен),	
	191-24-2	(Бензо(г,һ,і)перилен),	
	207-08-9	(Бензо(к)флуорантен),	
	193-39-5	(Индено(1,2,3-сd)пирен)	
(29)	122-34-9	Симазин	(X)***
(30)	688-73-3	Соединения трибутила	X
	36643-28-4	(Трибутилин-катион)	
(31)	12002-48-1	Трихлорбензолы	(X)***
	120-82-1	(1,2,4-Трихлорбензол)	
(32)	67-66-3	Трихлорметан (Хлороформ)	
(33)	1582-09-8	Трифторалин	(X)***

- * В случае, когда отбирались группы веществ, в качестве ориентировочных параметров (в скобках и без указания номера) в перечень включены типичные отдельные представители. Меры контроля будут приниматься в отношении этих отдельных веществ, что не явится препятствием для включения по мере необходимости других отдельных представителей.
- ** К этим группам веществ обычно относится значительное количество отдельных соединений. В настоящее время не существует возможности для указания соответствующих ориентировочных параметров.
- *** Это приоритетное вещество подлежит рассмотрению для его определения в качестве "приоритетного опасного вещества". Комиссия внесет предложения в Европейский парламент и Совет относительно его окончательной классификации не позднее, чем через 12 месяцев после утверждения настоящего перечня. В связи с этим рассмотрением график, определенный в статье 16 Директивы 2000/60/ЕС, касающийся предложений Комиссии о контроле, изменяться не будет.
- **** Только пентабромдифенилэфир (номер CAS 32534-81-9).
- ***** Флуорантен включен в перечень в качестве индикатора других более опасных полиароматических углеводородов.

8.4 Ртуть

На протяжении длительного времени ртуть признавалась в качестве весьма опасного глобального загрязнителя. Ртуть имеет газообразную, жидкую и твердодисперсную фазы, а также различные химические формы, оказывающие значительное влияние на ее перенос и циркулирование в окружающей среде. Благодаря своей газообразной фазе ртуть получила широкое распространение во всем мире. Выбросы ртути являются следствием антропогенной деятельности и таких природных процессов, как извержения вулканов, когда происходит ее переход в газообразную фазу или испарение, а также следствием повторных выбросов (Фитцджеральд и др., 1998 год, Верта, 2000 год).

В настоящее время не существует данных о полном цикле ртути. С экологической точки зрения наибольшую опасность представляет органическая ртуть (атом ртути присоединен к молекуле CH_3).

Основной экологической проблемой для здравоохранения является попадание в организм человека метилртути (MeHg) в результате потребления рыбы. Повышенные концентрации метилртути в рыбе зачастую встречаются не только в сильно зараженных районах, но и во внутренних водах, находящихся на больших расстояниях от источников. В некоторых случаях эпизоды загрязнения ртутью могут представлять собой очень серьезную проблему. По этой причине было бы оправданно проводить периодический контроль за ситуацией со ртутью во всех трансграничных и международных водотоках.

Мониторинг окружающей среды, проводимый в отношении трансграничных и международных озер, должен позволить получить ответы на такие вопросы, как:

- уровни концентрации Hg в различных элементах экосистемы
- последние данные о заражении и возможные источники ртути
- возможное воздействие на трофическую паутину (включая людей).

Наиболее важными компонентами экосистемы с точки зрения мониторинга ртути являются донные отложения (с целью получения более точной ретроспективной информации) и биота, особенно различные представляющие большой промысловый интерес виды рыбы. При выявлении повышенных концентраций следует как можно скорее выяснить их возможные причины.

8.5 Тяжелые металлы

Тяжелые металлы являются естественными компонентами земной коры. Антропогенная деятельность привела к коренным изменениям в биохимическом и

геохимическом циклах и балансе некоторых тяжелых металлов. Тяжелые металлы являются стабильными и стойкими природными загрязнителями, поскольку они не подвержены деградации или разрушению. По этой причине они имеют тенденцию к аккумуляции в почвах и отложениях.

К основным антропогенным источникам тяжелых металлов относятся различные промышленные точечные источники, включая горные разработки, чугунолитейные и сталеплавильные предприятия, а также такие источники диффузных выбросов, как, в частности, трубопроводы, компоненты продуктов, побочные продукты сжигания, автомобильный транспорт и т.д. Относительно летучие тяжелые металлы и металлы, входящие в состав переносимых воздухом твердых частиц, могут переноситься на большие расстояния в пределах весьма обширных географических регионов.

В приводимой ниже таблице содержится перечень наиболее важных тяжелых металлов, контроль за которыми следует проводить в рамках мониторинга озер.

Таблица 9. Основные тяжелые металлы, их происхождение и их возможное воздействие

Металл	Источники/использование	Проблемы
Сурьма (Sb)	В производстве фольги, аккумуляторов, керамики, спичек и текстильных изделий.	Сурьма раздражает слизистые оболочки и ткани.
Мышьяк (As)	В некоторых районах попадание мышьяка в воду происходит из естественных источников и промышленных стоков. Кроме того, мышьяк используется для изготовления товарной продукции, например легирующих примесей и противогнилостных составов для древесины.	При потреблении питьевой воды вызывает тяжелые последствия для здоровья.
Кадмий (Cd)	При гальванопокрытии металлов и пайке.	Прием внутрь, как минимум, 10 мг приводит к появлению выраженных симптомов. Тяжелое воспаление желудочно-кишечного тракта, приводящее к серьезным повреждениям печени и почек.

Металл	Источники/использование	Проблемы
Хром (Cr)	Применяется при выплавке стали, нанесении гальванопокрытий, дублении кожи и в качестве антикоррозионного материала в радиаторах отопления.	Раздражает и разрушает клетки. Вызывает головокружение, приступы жажды, боли в полости живота, рвоту и шоковое состояние.
Свинец (Pb)	В аккумуляторах, припое, фаянсовой глазури, резине, игрушках, латунных сплавах, при изготовлении пластмассовых бусин, покрываемых свинцом, кустарном изготовлении фаянсовой глазури, в золе и дыме в результате сжигания дерева, выкрашенного изготовлявшимися ранее красками, при печатании газет и журналов.	При вдыхании свинец представляет бóльшую опасность, чем при попадании в организм через желудочно-кишечный тракт.
Ртуть (Hg)	Применяется при производстве термометров, войлока, лакокрасочных изделий, взрывчатых веществ, ламп накаливания, электроприборов, аккумуляторов. Соединения диэтила и диметила ртути используются при обработке семян.	
Никель (Ni)	Никелевые шахты, плавильные предприятия и установки по рафинированию металлов, заводы по изготовлению никелевых сплавов и установки по нанесению никелевых покрытий.	

Металл	Источники/использование	Проблемы
Цинк (Zn)	Операции по добыче и выплавке (металлообработка).	Присутствие цинка в питьевой воде необязательно связано с рисками для здоровья, и в небольших количествах он имеет важнейшее значение для здоровья человека. Большие дозы цинка, поступающие через желудочно-кишечный тракт даже в течение короткого промежутка времени, могут вызывать спазмы в области живота и рвоту. Прием больших доз цинка в течение нескольких месяцев может вызвать анемию, повреждение поджелудочной железы и снижение уровней холестерина, содержащего липопротеиды высокой плотности (ЛВП).

Все соответствующие металлы должны быть включены в программы мониторинга трансграничных и международных озер. На первом этапе необходимо проведение лишь общего обследования и в случае обнаружения повышенных значений по сравнению с природным фоном соответствующие мероприятия по их мониторингу следует проводить чаще. Во всех случаях следует выявлять причины возникновения повышенных уровней.

8.6 Радионуклидное заражение

При выполнении радиоэкологического обследования озера необходимо выявлять присутствие или отсутствие радионуклидного заражения поверхностных вод, почвы и донных отложений озера и района водосбора. В обычных условиях оно проводится с помощью гамма-анализа окружающей территории, отбора проб воды и почвы. Средние уровни заражения района водосбора определяются с помощью Cs-137, Sr-90 и других радионуклидов.

Если на территории, прилегающей к озеру, расположена атомная электростанция (АЭС), то в 30-километровой зоне вокруг АЭС с помощью радиологического контроля следует проводить выявление выпадения из атмосферы дополнительных радиоактивных осадков. По возможности, в 30-километровой зоне весьма целесообразно организовать в режиме он-лайн работу автоматической системы с целью измерения дозы гамма-

излучения (ДГИ) и метеорологических параметров. Такая система (ГАММА-1) функционирует в окрестностях озера Дрисвяты в Беларуси (Игналинская АЭС). Результаты радиологического наблюдения за донными осадениями озера Дрисвяты свидетельствуют о наличии излучающего элемента ($Co-60$), источником которого является деятельность АЭС.

В случае необходимости проведения измерений радиационного излучения основными методами радиологического мониторинга являются:

- сеть измерений ДГИ с привязкой к географическим координатам в районе водосбора
- радиологическое обследование атмосферных радиоактивных осадков с использованием горизонтальных таблиц
- радиологическое обследование атмосферных жидких и твердых частиц (аэрозолей) с использованием оборудования для отбора проб атмосферных аэрозолей
- обследование радиационного заражения поверхностных вод и отбор проб донных отложений озера (четыре раза в год).

Оценка радиационного заражения водосбора озера проводится специальными экспедициями, выполняющими измерения гамма- и бета-излучения в сети (в полевых условиях) и отбор проб почвы, флоры, аэрозолей, осадков и отложений для их дальнейшего изучения в лабораторных условиях.

В процессе определения типа и концентрации радионуклидов в пробах воды, почвы и флоры необходима предварительная подготовка пробы с использованием стандартной процедуры в каждом отдельном случае. $Cs-137$ определяется с помощью методов гамма-спектрометрии, а $Sr-90$ - радиохимического метода. Подготовка проб отложений проводится с использованием стандартных процедур, а также с помощью дополнительного гамма-спектроскопического измерения. Концентрации $Sr-90$ и изотопов Pu в отложениях определяются с помощью радиохимических методов.

Пробы аэрозолей и осадков служат для измерения общей бета-активности, концентрации и силы гамма-излучения отдельных радиоактивных ядер, а также степени заражения $Sr-90$. Для проведения гамма-спектроскопического обследования обычно применяется полупроводниковый гамма-спектрометр.

Справочная литература:

- D'Itri, F.M. & Kamrin, M.A. 1983. PCBs: Human and Environmental Hazards. Butterworth Publishers. ISBN 0-250-40598-9.
- Fitzgerald, W., Engström, D., Mason, R., and Nator, E. 1998. The case for atmospheric mercury contamination in remote areas. *Environmental Science and Technology* 32 (1): 1-7.
- Herve, S. 1991. Monitoring of organochlorine compounds in Finnish inland waters polluted by pulp and paper effluents using the mussel incubation method. *Wat. Sci. Tech.* Vol. 24, No. 3/4, 397-402.
- Herve, S., Paasivirta, J. & Heinonen, P. 2001. Trends of organochlorine compounds in Finnish inland waters, Results of mussel incubation monitoring 1984-1998. *ESPR-Environ Sci & Pollut Res* 8 (1) 19-26.
- Kimbrough, R.D. & Jensen, A.A. 1989. Halogenated biphenyls, terphenyls, naphtalenes, dibenzo-dioxins and related products. *Topics in environmental health; Volume 4.* ISBN 0-444-81029-3.
- Mannio, J. 2000. Principles of monitoring the acidification of lakes. In: *Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring* (Eds. Heinonen, P., Zigliio, G. & Van der Beken, A.), 247-255. ISBN 0-471-89988-7.
- Nriagu, J.O. & Simmons, M.S. 1984. Toxic Contaminants in the Great Lakes. *Advances in environmental science and technology; Volume 14.* ISBN 0-471-89087-1.
- Paasivirta, J. 1991. *Chemical Ecotoxicology.* Lewis Publishers, Inc. 210 p. ISBN 0-87371-366-4.
- Paasivirta, J., Palm, H., Rantio, T., Koistinen, J., Maatela, P. & Lammi, R. 1998. Environmental Fate of Originated Organochloro Compounds from Pulp Mills. In: *Chlorine and Chlorine Compounds in the Paper Industry* (Ed. Turoski). Ann Arbor Press, Michigan. 109-117.
- Paasivirta, J. 1999. New Types of Persistent Halogenated Compounds. *The Handbook of Environmental Chemistry, Vol.3 Anthropogenic Compounds. Part K.* Springer-Verlag. ISBN 3-540-65838-6.
- Verta, M. 2000. Mercury: A challenge for lake monitoring. In: *Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring* (Eds. Heinonen, P., Zigliio, G. & Van der Beken, A.), 195-208. ISBN 0-471-89988-7.

РЕЗЮМЕ главы 8

- Проведение обследований на выявление всех возможных опасных веществ, которые в настоящее время (или ранее) оказались в самом озере или водотоке, впадающем в озеро.
- Выявление стойких органических загрязнителей (СОЗ).
- Подготовка перечня приоритетных веществ РВД.
- Подготовка кадастра ртути, содержащейся в различных средах озера (вода, отложения, биота).
- Обследование с целью выявления попадания тяжелых металлов, которые могут оказать воздействие на озеро.
- Определение наличия или отсутствия заражения радионуклидами поверхностных вод, почвы и донных отложений озера и всего района водосбора.
- Включение всех соответствующих опасных веществ в программу мониторинга, предусматривающую необходимую частоту отбора проб.

9. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО

9.1 Микробиологическое качество воды и гигиеническое состояние воды

Микроорганизмы играют важнейшую роль в основных процессах круговорота элементов в почве и водной среде. В настоящее время информация, имеющаяся о количественных аспектах процессов биodeградации, настолько ограничена, что эти функции не могут использоваться в рамках рабочих процедур мониторинга состояния озерных экосистем. Даже данные о поведении потенциально опасных химических веществ рассчитываются на основе данных биологического тестирования, получаемых на основе лабораторных экспериментов в случаях, когда высока степень неопределенности. Количественные химические анализы широко применяются в наблюдениях за состоянием озера, но в будущем они могут дополняться оценкой микробиологических процессов. В то же время использование микроорганизмов является единственным доступным способом мониторинга угроз для здоровья, связанных с возбудителями инфекционных заболеваний.

Микроорганизмы, способные вызывать болезни людей и животных, попадают в озерную воду с очищенными сточными водами, поверхностным стоком, зараженными водами ручьев и рек, поступающими в озеро, и в некоторых случаях непосредственно с отходами жизнедеятельности животных. Возбудителями инфекционных заболеваний являются различные бактерии, вирусы, а также простейшие организмы наряду с другими паразитами. В настоящее время отсутствуют возможности для мониторинга появления каждого вида патогенов в озерной воде. Основная проблема связана с патогенами, передаваемыми с фекалиями, которые способны вызывать эпидемии через зараженную воду. Пока отсутствует возможность для проведения прямого рабочего мониторинга с целью выявления этих патогенов, но бурное развитие молекулярных методов (например, микропоследовательности или ДНК-чипы), возможно, явятся в будущем эффективными способами для прямого и одновременного мониторинга различных патогенов.

Однако оценка бактерий, обычно присутствующих в больших количествах в фекалиях людей и теплокровных животных, весьма успешно использовалась более ста лет для выявления фекального заражения. Эта стратегия имела огромное значение в деле защиты людей от инфекционных заболеваний, передаваемых через воду и вызывающих вспышки эпидемий в случае заражения питьевой воды, а также заражения воды, используемой для орошения, и рекреационных вод.

Всемирная организация здравоохранения (www.who.int), ЕС и национальные органы занимаются информированием о гигиеническом состоянии воды и гигиенических требованиях к ее качеству. Организацией экономического сотрудничества и развития

(www.OECD.org) разработана рекомендация о микробиологических испытаниях питьевой воды, включая нормы водоснабжения, в которой отражены возможности новых методических подходов. Международная организация по стандартизации (www.ISO.org) публикует стандарты на методы, подлежащие применению во всем мире, Европейский комитет по стандартизации, ЕКС (<http://www.cenorm.be/>), готовит стандарты для европейских стран, а национальные органы по стандартизации - для их использования внутри стран (Ниemi и Lahti, 2000 год).

Недавно ВОЗ опубликовала обзор современной политики по обеспечению качества воды и рекомендации по совершенствованию водохозяйственной деятельности и повышению эффективности мероприятий, направленных на обеспечение здоровой водой (Февтрел и Бартрам, 2001 год). В этом издании подчеркивается важность изучения различных источников фекальных микроорганизмов и всех возможностей по полному предотвращению их распространения. Подробная информация о мониторинге качества воды для купания приводится Бартрамом и Рисом (2000 год). Ниemi и Ниemi (2000 год) обсуждают экологические и методические аспекты мониторинга загрязнения фекалиями поверхностных вод в условиях умеренного климата.

9.2 Временные и пространственные изменения гигиенического состояния озерной воды

Присутствие фекальных бактерий в озерной воде зависит от поступления фекальных материалов в озеро, их растворения, осаждения и выживания бактерий.

При планировании программ пробоотбора важно провести оценку возможных источников загрязнения и их воздействия во времени и пространстве. Следует определять местоположение трубопроводов, по которым отводятся очищенные сточные воды, и в идеале - объем и качество отводимой сточной воды. Следует устанавливать местонахождение труб, по которым стекают неочищенные бытовые сточные воды, а также стоки предприятий животноводства. Пастбища, примыкающие к берегам озера, являются вероятным источником фекального заражения, особенно в случае поверхностного стока. Стаи птиц также известны в качестве источника прямого заражения озерной воды. Очевидно, что гигиеническое качество воды рек и ручьев, впадающих в озеро, оказывает влияние на его гигиеническое состояние. Обычно наиболее уязвимыми к заражению являются поверхностные воды, но попадание сточных вод в глубинные водные слои или ресуспендирование отложений может также приводить к сильному заражению подповерхностных слоев.

Временные изменения гигиенического состояния озерной воды огромны. Следствием засушливых периодов в течение лета может явиться повышение качества

поверхностной воды благодаря прекращению поверхностного стока и эффективному высыханию фекальных микроорганизмов под действием солнечных лучей. В свою очередь, во влажные периоды происходит резкое увеличение заражения в результате повышения на порядки величины плотности частиц вследствие поверхностного стока, ресуспендирования отложений и менее эффективного воздействия солнечной радиации.

Сезонные колебания также имеют важное значение. В условиях умеренного климата в зимний период низких температур воды повышается выживаемость как бактерий, так и вирусов. Когда ледяной и снежный покров озера исключает нанесение им ущерба от солнечной радиации, биологическая активность находится на низком уровне, выживаемость микробов оказывается исключительно высокой. Это может привести к заражению, уровень которого на несколько порядков выше, чем в сезон теплой и засушливой погоды.

9.3 Организмы-индикаторы и методы их подсчета

Отбор микробиологических параметров

Эшболт и др. (2001 год) описывают историю использования различных фекальных индикаторов качества воды, их целесообразность и лимитирующие факторы, а также методологические аспекты. Они дают описание колиподобных и термоустойчивых колиподобных бактерий *Escherichia coli*, фекальных стрептококков и энтерококков, сульфит-редуцирующих клостридий и *Clostridium perfringens*, бифидобактерий, различных бактериофагов (вирусов, нападающих на бактерии) и маркеров фекальных стеролов.

Отбор определяемых микробиологических параметров зависит от поставленной цели: если она заключается в определении уровня фекального загрязнения озерной воды, то мониторинг проводится с использованием индикаторных фекальных колиформ. А в случае, когда преследуется цель определения фактических рисков для здоровья человека, необходимо заниматься выявлением патогенов.

При отборе параметров необходимо рассматривать географические, социально-экономические и технологические аспекты. Целесообразно определять минимальные требования к мониторингу и включать в него дополнительные параметры с учетом местных условий. Наиболее важные кандидаты для целей мониторинга описаны ниже.

Колиподобные бактерии и *E. coli*

Традиционными индикаторами заражения фекалиями являются колиподобные бактерии, термоустойчивые колиподобные бактерии, и в частности *Escherichia coli*. На

протяжении целого столетия применялись многочисленные методы для выявления колиподобных бактерий в воде.

Многие бактерии, входящие в колиподобную и даже термоустойчивую колиподобную группу, размножаются в естественной природной среде, и особенно в среде, сформированной промышленными стоками. Даже если была получена информация о размножении *E. coli* в некоторых, главным образом тропических условиях, повсеместно признано, что эта бактерия в подавляющем большинстве случаев является эффективным индикатором фекального заражения. Когда мониторинг основан на количественной оценке бактерий этого вида, неверные выводы о фекальном заражении появляются намного реже, чем при использовании других видов колиподобных бактерий.

Все более широкое распространение получают методы для прямого подсчета жизнеспособных *E. coli* получают. Опубликован международный стандарт (EN ISO 9308-3 1999) для прямого подсчета содержания *E. coli* в поверхностных водах. Благодаря этому методу возможно определение 15 клеток *E. coli* в 100 мл воды. Методы, основанные на аналогичных или подобных принципах изучения субстрата, применяются в широких масштабах для менее зараженных вод. Существуют более традиционные методы культивирования (например, EN ISO 9803-1: 2000, ISO/DC 9803-2), но в поверхностных водах их применение непрактично и связано с высокими затратами, а в силу того, что зачастую существует значительная степень неопределенности результатов, необходимо проведение их подтверждения. В будущем возможно применение методов на основе ДНК, и особенно РНК.

Фекальные энтерококки

Применявшийся ранее термин "фекальные стрептококки" был заменен термином "фекальные энтерококки". Это было сделано по следующей причине: по мере развития таксономии был открыт новый вид *Enterococcus*, а большинство фекальных стрептококков (и некоторые виды, главным образом, нефекальных стрептококков) были отнесены к этому роду. Однако два основных фекальных вида *bovis* и *equinus* по-прежнему относятся к виду *Streptococcus*. Благодаря экологическим исследованиям выяснилось, что как *S. bovis*, так и *S. equinus* быстро погибают в водной среде. В этой связи существует вероятность того, что большинство обнаруживаемых бактерий при подсчете фекальных энтерококков относятся к основным видам рода *Enterococcus*. Несмотря на то, что присутствие различных видов *Enterococcus* в водной среде недостаточно тщательно изучено и известны данные относительно других источников, не связанных с этими фекальными бактериями, они, как правило, рассматриваются в качестве эффективных фекальных индикаторов (Эшболт и другие, 2001 год). Поскольку они имеют большую

устойчивость в водной среде, чем *E. coli*, можно рекомендовать их использование наряду с *E. coli*.

Для подсчета фекальных энтерококков существуют международные стандарты. В EN ISO 7899-1 (1999 год) описывается одноэтапная процедура, основанная на использовании конкретных субстратов для поверхностных вод с пределами обнаружения 15 клеток фекальных энтерококков в 100 мл воды. Для выявления заражения в чистых водах также может применяться стандарт EN ISO 7899-2 (2000). В соответствии с этим методом необходимо подтверждение данных и тестирование всех колоний.

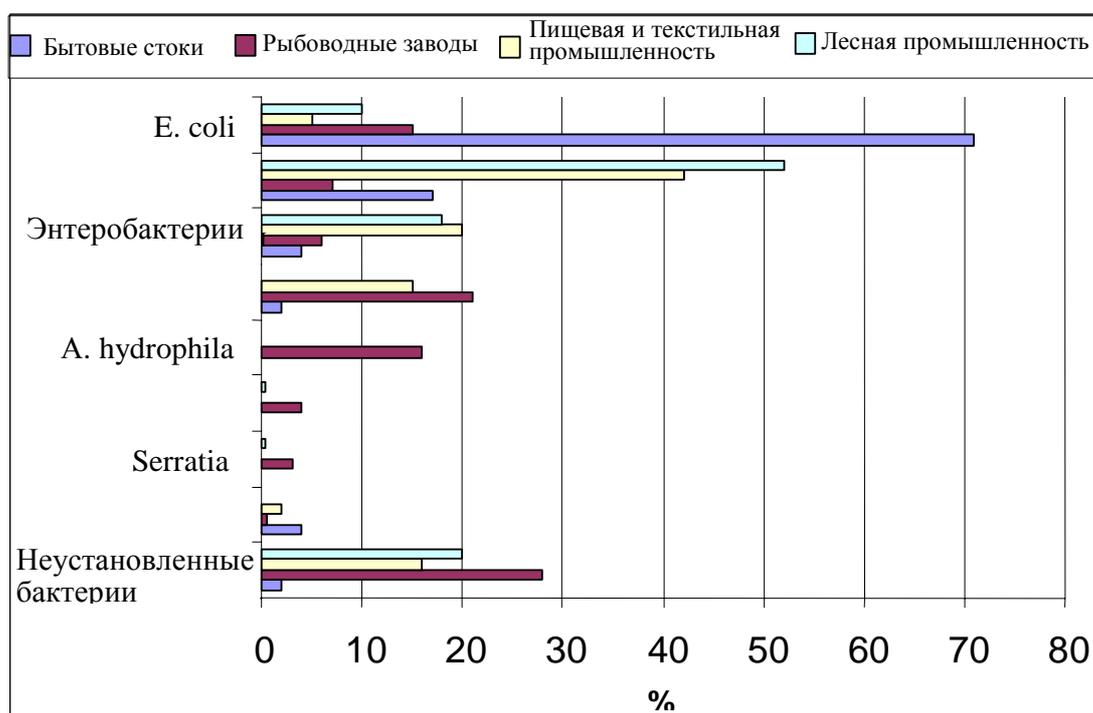


Рис. 23. Распределение видов колиподобных бактерий, изолированных в сточных водах, не реагирующих на питательную среду LES Endo agar (данные Ниemi и др., 1997 год)

Clostridium perfringens

Сульфитовосстанавливающие клостридии использовались в качестве фекальных индикаторов благодаря относительному удобству их подсчета, но их ценность в качестве фекальных индикаторов была поставлена под вопрос. В настоящее время выбран наиболее важный представитель этой группы, *Clostridium perfringens*. Два фактора ограничивают его использование: количество этих бактерий, поступающих в водную среду, ниже, чем количество *E. coli*, и возможности для их подсчета с целью выявления фекального заражения ограничиваются фекальными энтерококками. В то же время споры

этих бактерий весьма устойчивы в окружающей среде и могут способствовать выявлению эпизодов загрязнения, имевших место в прошлом, неизбежно указывая на риски для здоровья. Их значение должно оцениваться с учетом местной ситуации. Клостридии были предложены в качестве фекальных индикаторов в пресной воде в условиях тропического климата (Дир и др., 2001 год). Международные стандарты методов (EN ISO 26461-1 и -2: 1993 год) находятся в процессе пересмотра.

Бактериофаги

В качестве дополнительных индикаторов были предложены вирусы, инфицирующие бактерии, бактериофаги. Их устойчивость в водной среде должна быть в большей степени соотнесена с устойчивостью вирусов, инфицирующих людей, по сравнению с их поведением в среде бактерий. Экология и поведение различных рассмотренных бактериофагов изменчивы, и то же самое относится к их значению в качестве фекальных индикаторов. Финансируемое ЕС исследование по оценке возможностей использования бактериофагов в качестве индикаторов для воды для купания рекомендует использование соматических колифагов (Жофре и др., 2000 год). В настоящее время имеется целый ряд международных стандартов (серии ISO 10705), кроме того, разрабатываются стандарты по подсчету различных бактериофагов. В ISO 10705-2 (2001 год) описывается процедура подсчета соматических колифагов.

Патогены

Мониторинг по выявлению присутствия патогенов в природных водах проводится в редких случаях. К исключению относятся требования европейского законодательства о проведении анализа на присутствие видов *Salmonella* и энтеровирусов в местах, отведенных для купания, и в некоторых реках. В стандарте ИСО (ISO: prEN/CD 6340, пересматривается в отношении *Salmonella*) и ЕКС (CEN/Draft prEN 230145: 2001, предложение в отношении энтеровирусов) содержатся стандартные методы культивирования, используемые для выявления этих патогенов. Необходимость выявления других патогенов возникает, главным образом, при проведении эпидемиологических исследований.

Поскольку наличие многих различных патогенов зависит от местной эпидемиологической обстановки, в настоящее время мониторинг с целью выявления их присутствия не представляется возможным. В то же время бурное развитие новых методов биотехнологии может расширить возможности выявления патогенов уже в ближайшем будущем. Однако основной акцент в области охраны качества воды и здоровья человека будет делаться на ограничении фекального заражения.

9.4 Оценка данных микробиологического мониторинга

Количество фекальных микроорганизмов в поверхностных водах подвержено весьма быстрым изменениям, что обуславливает трудности с интерпретацией данных мониторинга. Частый пробоотбор позволяет повышать качество данных и группировать данные с учетом сезонных и погодных условий и способствует пониманию факторов, влияющих на гигиеническое состояние воды, и прогнозированию качества воды на местном уровне. Для оценки данных рекомендованы процентильный анализ и функции плотности распределения вероятностей (Хавелаар и др., 2001 год).

Справочная литература

- Ashbolt, N. J., W. O. K. Grabow and M. Snozzi 2001. Indicators of microbial water quality, 289-315. In: World Health Organization (WHO). Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Edited by L. Fewtrell and J. Bartram. Published by IWA Publishing, London, UK. ISBN: 1 900222 28 0.
- Bartram, J. and G. Rees. (eds.) 2000. Monitoring Bathing Waters. A practical guide to the design and implementation of assessments and monitoring programmes. Published on behalf of WHO, EPA and EC by e& FN Spon. 337 p.
- CEN/Draft prEN 230145:2001 Water quality – Detection of human enteroviruses by monolayer plaque assay.
- Deere, D., M. Stevens, A. Davison, G. Helm and A. Dufour 2001. Management strategies, p. 257-288. In: World Health Organization (WHO). Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Edited by L. Fewtrell and J. Bartram. Published by IWA Publishing, London, UK. ISBN: 1 900222 28 0.
- EN ISO 7899-2:2000 Water quality. Detection and enumeration of intestinal enterococci. Part 2: Membrane filtration method.
- EN ISO 7899-1:1999 Water quality - Detection and enumeration of intestinal enterococci – Part 1: Miniaturized method (Most Probable Number) by inoculation in liquid medium (ISO 7899-1:1998)
- EN ISO 9308-1:2001 Water quality - Detection and enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria - Part 1: Membrane filtration method.

- EN ISO 9308-3:1999 Water quality - Detection and enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria in surface and waste water - Part 3: Miniaturized method (Most Probable Number) by inoculation in liquid medium.
- EN 26461-1:1993 Water quality - Detection and enumeration of the spores of sulfite reducing anaerobes (clostridia). Part 1: Method by enrichment in a liquid medium
- EN ISO 26461-2:1993 Water quality - Detection and enumeration of the spores of sulfitereducing anaerobes (clostridia). Part 2: Method by membrane filtration
- EN ISO 10705-2:2001 Water quality - Detection and enumeration of bacteriophages – Part 2: Enumeration of somatic coliphages
- Fewtrell and Bartram (eds.) 2001. World Health Organization (WHO). Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Published by IWA Publishing, London, UK. ISBN: 1 900222 28 0.
- Havelaar, A., U. J. Blumenthal, M. Strauss, D. Kay and J. Bartram 2001. Guidelines: The current position, p. 17-42. In: World Health Organization (WHO). Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Edited by L. Fewtrell and J. Bartram. Published by IWA Publishing, London, UK. ISBN: 1 900222 28 0.
- ISO. prEN /CD ISO 6340 Water quality - Detection and enumeration of *Salmonella*
- ISO/CD 9803-2 Water quality - Detection and enumeration of *E. coli* and coliform bacteria Part 2: Liquid enrichment method
- Jofre, J., F. Lucena, K. Mooijman, V. Piezo, R. Araujo, M. Bahar, C. Demarquilly and A. Havelaar 2000. Bacteriophages in bathing waters “A feasibility study on the development of a method based on bacteriophages for the determination of microbiological quality of bathing waters”. European Commission. BCR Information Chemical Analysis EUR 19506 EN, 67 p. ISBN 92-828-9145-3.
- Niemi, R. M. & K. Lahti 2000. Standardization of water analyses within CEN and ISO: Water microbiology as an example. In Heinonen. P., G. Ziglio & A. van der Beken (eds.) Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring, pp. 285-293. John Wiley & Sons Ltd.

Niemi, R. M., S. I. Niemelä, K. Lahti & J. S. Niemi 1997. Coliforms and E. coli in Finnish surface waters. In: Kay, D. and C. Fricker (eds.) "Coliforms and E. coli: Problem or Solution?", The Royal Society of Chemistry, Special Publication No. 191, p. 112-119.

Niemi, R. M. & J. S. Niemi 2000. Monitoring of faecal pollution in Finnish surface waters. In Heinonen. P., G. Ziglio & van der Beken (eds.) Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring, pp. 143-156. John Wiley & Sons Ltd.

РЕЗЮМЕ главы 9

- Подготовка перечня всех видов деятельности, которые могут повлиять на гигиеническое состояние воды озера.
- Ознакомление с пригодными целевыми микроорганизмами, методикой их подсчета и соответствующими стандартами.
- Учет того обстоятельства, что частый пробоотбор позволяет повышать качество данных.
- Учет преобладающих погодных и гидрологических условий во время пробоотбора.
- В случае несоответствия между результатами, полученными в одно и то же время пробоотбора, или в случае значительного варьирования результатов по сравнению с отобранными ранее пробами, обеспечение готовности для отбора повторных проб.

10. ОТЛОЖЕНИЯ

10.1 Отложения в качестве принимающей среды и источников элементов

Донные отложения состоят из частиц, имеющих различные линейные размеры, форму и химический состав, которые были перенесены главным образом водой из мест их происхождения в наземной окружающей среде, а затем осевших на дне озера. Кроме того, в донных отложениях содержатся материалы, осажденные в результате химических или биологических процессов, происходящих в воде. Донные отложения являются принимающей средой, а также источником загрязняющих веществ, присутствующих в водной среде.

Частицы, переносимые в воде, делятся по фракциям и осаждаются (ресуспендируются) на различных участках озера в зависимости от своих механических характеристик. Эрозионные участки характеризуются грубозернистыми и плотными отложениями. Отложения в местах аккумуляции отложений на наиболее глубоких участках озера характеризуются мелкозернистым и неплотным составом частиц с высоким содержанием органического вещества, и именно в этих местах возможно обнаружение высокого содержания биогенных веществ и токсичных элементов. В местах с повышенной гидродинамической энергетикой, приводящей к вымыванию этих веществ, присутствуют отложения с более крупным гранулометрическим составом и с низким содержанием загрязняющих веществ. Скорость формирования отложений зависит от местоположения. На некоторых закрытых участках высокая скорость образования отложений может вызывать проблемы и создавать необходимость в расчистке дна и проведении мониторинга.

Данные лимнологического мониторинга необходимы для принятия эффективных природоохранных решений. Но такие серии данных, полученные в результате наблюдений, редко имеются в наличии, и зачастую они имеют несколько ограниченный характер. Однако благодаря палеолимнологическим методам существует возможность получения косвенных данных об изменениях окружающей среды в прошлом и создания хорошей основы для проведения работ по мониторингу. В озерах проходит непрерывный процесс формирования отложений, в состав которых входят ископаемые остатки организмов, населявших озеро. Если отложения не были нарушены, то возможно определение возраста слоев отложений; информация, сохранившаяся в профилях отложений, представляет собой "исторические архивы" озера.

Возможно использование ретроспективной информации, хранимой отложениями, для определения факторов, ставших причиной изменения, для проверки изменения состояния озера, определения степени сохранения "природного" состояния и оценки

антропогенного влияния. Богатую ретроспективную информацию можно также получить с помощью изучения физических и химических параметров отложений, которые зачастую дают возможность прояснить вопросы взаимодействия процессов, происходящих на водосборе и в водных объектах.



Рис. 24. Проба отложений, отобранная с помощью грунтовой трубки. На этой пробе легко различимы различные слои (фото Сеппо Кнууттила)

Химический и биологический состав воды являлись основным направлением исследований в большинстве долгосрочных программ мониторинга водных систем. Большинство исследований основаны на подходе "одномоментного фиксирования ситуации", в соответствии с которым выявление изменений в экосистемах проводится с учетом лишь нескольких отобранных проб. Живые организмы реагируют на состояние окружающей среды непрерывно, отражая не только незначительные изменения отдельных физических, химических и биологических переменных, но и на их синергическую взаимосвязь. Например, диатомовые водоросли могут быть проанализированы с помощью проб, отобранных с поверхностных отложений, и впоследствии повторных проб, отбираемых каждые четыре-пять лет. Изменения танатоценоза будут использоваться для интерпретирования динамики изменения состояния окружающей среды.

При осуществлении программ мониторинга во многом целесообразно сосредоточиться на концентрациях микрозагрязнителей, содержащихся в донных отложениях, а не в самой воде. В состав этих отложений входят загрязнители воды, накапливавшиеся в течение ряда лет, и по этой причине они более пригодны для мониторинга, чем сама вода. Большинство загрязнителей (металлы, пестициды,

углеводороды) в значительной мере тяготеют к твердым частицам, в силу чего происходит обогащение состава донных отложений.

10.2 Мониторинг отложений

Планирование

В некоторых случаях для определения физических и химических параметров имеет важное значение правильный выбор времени отбора проб, поскольку кислородный баланс/окислительно-восстановительный потенциал донных отложений на границе раздела с водной средой оказывает влияние на движение фосфора. Важно знать состояние донных отложений на границе раздела с водной средой; в первую очередь следует проводить анализы кислорода и фосфора.

При определении местоположения и количества пунктов отбора проб донных отложений необходимо уделять внимание следующим факторам: требованиям к точности, учитывать имеющуюся информацию, динамику донных отложений в районе пробоотбора, площади района пробоотбора и наличие средств по сравнению с расчетными (фактическими) затратами на мониторинг.

Скорость осаждения в озерах в большинстве случаев является низкой, при этом наиболее мощные слои отложений концентрируются на наиболее глубоких участках озер. Скорость осаждения колеблется в пределах от долей миллиметра до нескольких миллиметров в год. Для правильного выбора местоположения пунктов отбора проб отложений, используемых в исследованиях заражения отложений, необходимо получить информацию о типе отложений, в первую очередь в отношении местоположения мелкозернистых отложений и их распространенности в изучаемом районе.

Как правило, для получения такой информации пользуются двумя методами. Первый метод - акустическое обследование волнами низкой частоты (50 МГц) дна водного объекта, на котором будут отобраны пробы, а второй - проведение ограниченного пробоотбора на выбранных участках. Предварительная информация, полученная с помощью одного из методов или сочетания обоих методов, поможет сделать правильный выбор местоположения пунктов для отбора проб отложений в рамках окончательной программы пробоотбора. Впоследствии важно использовать абсолютно тот же пункт пробоотбора. Поскольку скорость осаждения и качество осадений могут меняться, следует использовать Глобальную систему определения местоположения (ГСОМ), предпочтительно Дифференциальную глобальную систему определения местоположения (ДГСОМ). Желательно, чтобы погрешность не превышала лишь несколько метров.

Пробоотбор

Используемый пробоотборник следует выбирать исходя из характера обследуемого отложения. Многие виды проб отбираются с помощью донных скребков, хотя в большинстве случаев не рекомендуется использовать этот тип оборудования, поскольку скребки не позволяют собирать ненарушенные пробы, а наиболее мелкие частицы самого верхнего слоя отложений могут оказаться утерянными. Получившая наибольшее распространение грунтовая трубка также называется гравитационным пробоотборником. Он представляет собой трубку с закрепленными на ней весами и снабженную клапаном. Этот пробоотборник пригоден для отбора проб мягких мелкозернистых отложений. Он погружается на дно и после закрытия клапана поднимается на поверхность. Затем клапан и груз удаляются, а отобранная порода может выталкиваться поршнем и разделяться на частичные пробы.

Пробы отложений, как правило, помещают в стеклянные, полиэтиленовые, пропиленовые или поликарбонатные емкости, которые перевозят и хранят в прохладном месте. В зависимости от типа анализа рекомендуется применение глубокой заморозки с учетом физико-химических изменений, которые в процессе заморозки могут повлиять, например, на микрокаменелости и коллоидные вещества.

Переменные

Определение возраста. Для получения значений скорости осаждения необходимо определить возраст отложения. Для определения возраста слоев, аккумулялировавшихся на протяжении последних 150 лет, широко используется метод ^{210}Pb . Элемент ^{137}Cs впервые оказался в атмосфере в начале 1950-х годов в результате испытаний ядерного оружия, а максимальный уровень его концентрации был достигнут в 1963 году. Затем как следствие Чернобыльской аварии 1986 года был отмечен новый пик его значений в отложениях. Частицы летучей золы состоят из двух типов частиц: шарообразных углеродосодержащих частиц и сферических частиц неорганической золы. По содержанию этих частиц в отложениях можно получить однозначную информацию об атмосферных загрязнителях.

При наиболее благоприятном сценарии отложения имеют годовую слоистую структуру наподобие деревьев, благодаря которой с высокой степенью точности можно проводить исследования эпизодов загрязнения. Определение возраста является основой палеолимнологических исследований, но в некоторых случаях необходимо также заниматься мониторингом количества вещества отложений. Нередко точное определение возраста некоторых профилей отложений позволяет получить верное представление о скорости осаждения в будущем.

Металлы и токсичные соединения. Грубозернистые компоненты, для которых характерны низкие уровни содержания тяжелых металлов и органических загрязнителей, способствуют снижению концентрации загрязнителей в общем объеме пробы. Нормализация определяется в качестве процедуры, компенсирующей влияние природных процессов на вариативность измерений концентрации загрязнителей в отложениях. Важнейшее значение имеет нормализация, связанная с влиянием размеров зерен, с целью получения данных для проведения значащих сопоставлений содержания веществ в отложениях различного гранулометрического состава и формы в пределах отдельных участков или для их сопоставления на разных участках. Уровни, превышающие нормализованные фоновые значения, могли бы затем использоваться для оценки качества отложений.

Для нормализации следовых элементов используются различные подходы. Наиболее широкое применение получили чисто физические характеристики отложений, получаемые с помощью измерения содержания в них мелкозернистых материалов. Другой подход по своей природе является химическим анализом, в котором используется свойство мелкозернистых фракций к насыщению глинистыми материалами, железом и гидроксидами марганца, а также органическим веществом.

Мягкие озерные отложения, сформировавшиеся на наиболее глубоких участках озера, во всех случаях имеют тонкозернистую структуру, что может явиться причиной для неучета эффекта размера зерен. При проведении мониторинга больших озер на участках, для которых характерен перенос донного вещества и периодические гидродинамические процессы с высокой энергетикой, следует, по крайней мере, определять количество материалов с размерами ниже 63 мкм. Однако просеивание выборки через сито с размерами ячеек 63 мкм зачастую не является достаточным, особенно в случаях, когда отложения имеют преимущественно мелкозернистую структуру. В этих случаях целесообразнее проводить нормализацию, принимая за пороговые значения более малые размеры, поскольку загрязнители в основном концентрируются во фракциях, размеры которых ниже 20 мкм.

Органическое вещество. Большие количества углерода содержатся в озерных отложениях, которые фактически являются одной из редко встречающихся постоянных принимающих сред в глобальном углеродном цикле. Органический углерод, накопленный в таких отложениях, включает в себя как аллохтонный материал, поступивший в озеро из бассейна водосбора, так и автохтонный углерод биомассы, генерируемой в самом озере. Разложение органического вещества влияет на кислородный баланс и может приводить к недостатку кислорода, который, в свою очередь, ведет к переходу фосфора и некоторых металлов в водную фазу. Другим важным фактором является значение рН. Эти параметры легко поддаются измерениям. Делением на два

значения потери веса при прокаливании выводится практически значимое приблизительное значение органического углерода. Азот отложений коррелирует с органическим веществом, но коэффициент У/А (углерод/азот) используется для получения информации о соотношении долей материала аллохтонного и автохтонного происхождения.

Фосфор отложений. Значение общего фосфора отложений используется для получения общей картины изменений. В пресноводных экосистемах содержание воды в поверхностных отложениях органического происхождения составляет 95-99%. Лишь незначительная часть связана с твердыми химическими веществами. Основная часть воды образует подвижную жидкую среду, которая окружает частицы отложений. Эта подвижная водная фракция называется интерстициальной или поровой водой, которая является исключительно важной средой переноса растворенных веществ на границе раздела "отложения - вода". Методы выделения обычно основаны на фильтрации, но наряду с ними могут использоваться полупроницаемые мембраны или центрифугирование. Пробы отложений легко поглощают кислород, хотя целесообразнее использовать газообразный азот. Для получения более точных знаний о формах фосфора используются методы фракционирования (фосфор, связанный с алюминием, железом, кальцием).

Справочная литература:

- Berglund, B.E. (Ed.). 1986. Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. John Wiley & Sons, Chichester, UK. 869 pp.
- Haworth, E. Y. and Lund, J. W. G. (eds.). 1984. Lake Sediments and Environmental History. Leicester University Press.
- Munawar, M. (Ed.), 2003. Sediment Quality Assessment and Management: Insight and Progress. 362 pp. ISBN 81-7898-232-2.
- Simola, H. 2000. Lake Sediments in Historical Monitoring of the Environment. In: Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring (Eds. Heinonen, P., Ziglio, G. & Van der Beken, A.), 159-168. ISBN 0-471-89988-7.
- Simola, H. 2000. Case Examples of Palaeolimnological Records of Lake Ecosystem Changes. In: Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring (Eds. Heinonen, P., Ziglio, G. & Van der Beken, A.), 169-176. ISBN 0-471-89988-7.

Simola, H., Meriläinen, J., Sandman, O., Marttila, V., Karjalainen, H., Kukkonen, M., Julkunen-Tiitto, R. & Hakulinen, J. 1996: Palaeolimnological analyses as information source for large lake biomonitoring. - *Hydrobiologia* 322: 283-292.

Smol, J.P. 2002. *Pollution of Lakes and Rivers. A Paleoenvironmental Perspective*. Arnold, London and Oxford University Press Inc., New York, 280 p.

РЕЗЮМЕ главы 10

- **Ознакомление с эффективной методикой и соответствующими стандартами исследования отложений.**
- **Подготовка перечня всех благоприятных для осаждения участков озера.**
- **Проведение на первом этапе оценки ретроспективных данных озера на основе отбора кернов.**

11. ОЦЕНКА И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА

11.1 Вводная информация об использовании результатов мониторинга

Результаты мониторинга должны обрабатываться и оцениваться в рамках определенной процедуры, разрабатываемой одновременно с подготовкой плана программы мониторинга. Обработка и оценка данных и, наконец, представление отчетности всем заинтересованным сторонам являются важнейшими этапами цикла мониторинга (рис. 25).

Цикл мониторинга во всех случаях начинается с оценки данных, необходимых для принятия обоснованных решений в области охраны вод и водохозяйственной деятельности. Затем описываются требования с учетом различных характеристик, которые включаются в программу мониторинга. Программа будет осуществляться в течение длительного периода (в настоящее время - нередко в течение трех лет, или в будущем - в течение шести лет в соответствии с РВД ЕС) без каких-либо изменений в процедуре отбора проб (одни и те же участки, одни и те же данные, одни и те же глубины и одна и та же методика).



Рис. 25. Цикл мониторинга

После завершения пробоотбора и наблюдений и получения окончательных результатов в соответствующей лаборатории можно приступать к обработке данных. На рис. 26 отражены этапы работы после отбора проб и проведения анализов.

Самым первым этапом является проверка результатов, определение их соотносимости с соответствующими уровнями и значениями характеристик конкретного озера. Например, если располагать данными по фосфору по каждому олиготрофному озеру, то ожидаемые значения уровней фосфора будут находиться лишь в диапазоне значений от 5 до 10 мкг/литр. Однако если будут получены более высокие значения концентраций, например 25 мкг/л, придется заниматься выявлением неточностей, во-первых, в полевых документах, а затем и в результатах работы соответствующей лаборатории. Если данные оказались верными, то возможно занесение результатов в соответствующий регистр.



Рис. 26. Схема использования данных мониторинга

К обработке данных можно приступать лишь после проведения всех мероприятий по их проверке. Если результаты представляются сомнительными, их следует рассматривать

в качестве неточных, и в этом случае необходимо приступить к организации нового отбора проб с целью скорейшего получения более надежных данных.

11.2 Первоначальные данные, регистры данных, индикаторы и карты

На первом уровне использование данных мониторинга окружающей среды сводится лишь к отбору, проводимому до внесения в базу данных единого результата, например результата, относящегося к микробиологическим характеристикам отводимых для купания участков озера. На этом едином результате может быть основана информация о возможности использования этого участка для купания населения. Это единое значение будет сопоставляться с нормативным показателем приемлемости качества. Аналогичные данные, которые должны проверяться непосредственно после завершения анализов, имеют отношение к результатам работы по выявлению токсичных веществ. Они также должны соответствовать приемлемым предельным значениям, с которыми следует сопоставить полученные значения. Использование единого аналитического результата зачастую связано с выполнением задач, поставленных перед официальными органами надзора.

Следующим этапом является внесение результатов в регистр. Например, Система экологических данных (СЭД), которую ведет Институт окружающей среды Финляндии, является основным инструментом для контроля за состоянием окружающей среды, ее мониторинга и оценки в Финляндии. В ней содержатся данные по ряду параметров, в частности по качеству воды, гидрологическим характеристикам, информация о нагрузках, сточных водах и т.д. (рис. 26). Она используется природоохранными органами на всех уровнях в рамках природоохранной сети Финляндии. В то же время СЭД открыта для других пользователей, не входящих в систему управления природоохранной деятельностью.

Аналогичная система абсолютно необходима для всех трансграничных и международных озер в первую очередь с целью оказания содействия в обработке данных и координации процесса представления отчетности. Например, в рамках этой системы не сложно организовать комплексное использование данных, содержащихся в различных регистрах. В большинстве случаев необходимо использовать данные о качестве воды одновременно с данными гидрологических наблюдений, а также данные о сбросах сточных вод, осуществляемых в водосборном районе озера.

В настоящее время существуют различные виды индикаторов, которые с большим успехом используются для представления результатов мониторинга окружающей среды. Индикатор может быть определен в качестве переменной величины или величины,

выводимой из значений переменных, которая позволяет получить представление о каком-либо явлении. Индикаторы:

- позволяют сократить количество измерений и переменных, которые обычно необходимы для представления "объективной" информации о ситуации. Вследствие этого необходимо ограничивать объем набора индикаторов и количество подробной информации, содержащихся в этом наборе
- позволяют упростить процесс передачи информации о результатах измерений, направляемых пользователям. Благодаря этому упрощению и адаптации к потребностям пользователя индикаторы, возможно, не во всех случаях будут отвечать жестким научным критериям, позволяющим проследить причинные связи. В этой связи индикаторы следует рассматривать в качестве оформления "наиболее полных имеющихся знаний".

Поскольку индикаторы используются для разнообразных целей, необходимо определить общий критерий отбора индикаторов. В работе ОЭСР использовались три основных критерия:

- значимость для политики
- обоснованность аналитических методов
- измеряемость.

Основной набор экологических индикаторов ОЭСР принимается путем его согласования со всеми сторонами на основе набора индикаторов стран - членов ОЭСР с целью использования на международном уровне; информация о нем публикуется на регулярной основе. В нем охвачены те аспекты, которые отражают основные проблемы в области окружающей среды стран - членов ОЭСР. В публикацию включаются основные индикаторы, подготовленные на основе секторальных наборов, а также из экологической отчетности (например, интенсивность водопользования или лесопользования).

Европейское агентство по окружающей среде уже опубликовало собственный основанный на показателях обзор "Экологические параметры", который подготовлен в форме краткого и лаконичного доклада по окружающей среде для директивных органов и общественности. В последнем издании обзора "Экологические параметры по состоянию на 2002 год" отражены следующие темы:

- Домашние хозяйства
- Транспорт
- Энергетика

- Сельское хозяйство
- Рыболовство
- Изменение климата
- Загрязнение воздуха
- Внутренние и прибрежные воды
- Потоки отходов и материалов
- Земля
- Леса
- Экологические налоги.

В отношении сектора внутренних вод представлена информация об индикаторах и положении в районе ЕАОС по следующим направлениям:

- Водопользование в сопоставлении с ресурсами
- Загрязнение рек органическими соединениями
- Очистка сточных вод
- Биогенные вещества в реках
- Качество воды для купания.

ЕАОС также дополнительно опубликовало всесторонние документы, в которых содержится подробная информация по оказанию поддержки стратегии развития, долгосрочной природоохранной политике и распространению информации среди широкой общественности.

Одной довольно простой, но тем не менее информационно насыщенной формой распространения информации среди общественности является подготовка карт по результатам обследования крупного озера. Существуют многочисленные возможности для отбора наиболее интересного в информативном плане параметра для этих карт. Например, состояние эвтрофикации озера можно описывать с учетом концентрации фосфора и содержания хлорофилла-*a* (рис. 27).

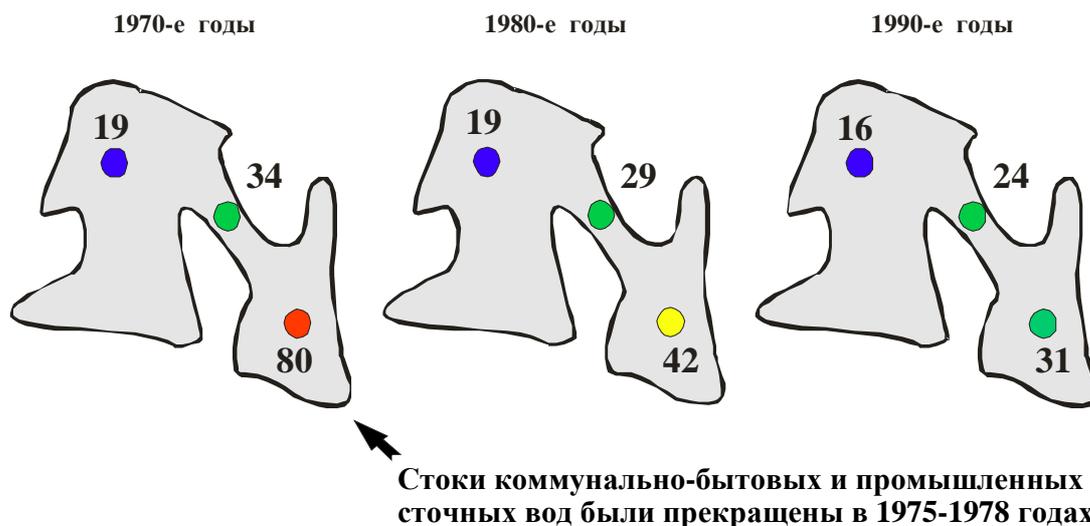


Рис. 27. Средние концентрации фосфора (мкг/л) в озере Весиярви, Южная Финляндия. Качество воды в этом озере существенно повысилось после прекращения сбросов из крупного точечного источника в конце 1970-х годов

На рисунке можно ознакомиться с общим состоянием эвтрофикации озера и получить представление о наиболее эвтрофицированных участках такого крупного озера как Весиярви (свыше 100 км²). Результаты со значениями его параметров также могут быть классифицированы, что существенно облегчает ознакомление общественности со сложившимся положением. Путем отражения на одном рисунке результатов за несколько последующих лет на картах можно представить дополнительную информацию, относящуюся к результатам мониторинга.

11.3 Статистические методы

В программах мониторинга, обычно связанных с непрерывным сбором в течение ряда лет больших объемов различных данных, в каждом отдельном случае требуется применение статистических методов, позволяющих проводить эффективную работу по подготовке итоговых данных и обработке данных. Речь идет о расчетах средних показателей (например, для карт на рис. 27), отслеживании годичных колебаний и т.д. Однако в большинстве случаев для получения, возможно, более разносторонней информации на основе данных мониторинга необходимо прибегать к более сложным статистическим методам. С помощью статистических методов возможно также определение необходимой частоты отбора проб.

Требования, предъявляемые к данным мониторинга, сводятся к тому, чтобы на постоянной основе расширять возможности для обработки отдельных результатов с учетом появления все более обширных рядов данных. В этом случае природные

колебания многих параметров проще поддаются пониманию на основе соответствующих результатов, полученных на базовых пунктах пробоотбора, а важные аспекты антропогенного воздействия, которые фактически являются основным предметом для мониторинга окружающей среды, будут дифференцироваться с большей степенью надежности.

Мониторинг окружающей среды преследует несколько важных целей, для достижения которых, без сомнения, требуется применение статистических методов. Первая цель заключается в проведении анализа возникающих трендов. Для анализа долгосрочных привязанных к конкретному пункту пробоотбора трендов качества воды выбран непараметрический сезонный тест Кенделла (SKT), выполняющий роль стандарта. В нем допускаются данные, отклоняющиеся от нормы, отсутствующие и неполные данные, а также допуски на сезонные колебания, которые весьма характерны для всех данных мониторинга окружающей среды. В статистическом смысле он является эффективным трендовым тестом (Минккинен, 2000 год). Лимитирующим фактором SKT является его способность обнаруживать лишь монотонные тренды. Они не обязательно должны иметь линейный характер, но должны иметь лишь одно направление (либо по убывающей, либо по возрастающей).

На рис. 28 представлен ряд примеров использования SKT на основе данных мониторинга, полученных на ряде озер Финляндии. Используются только качественные данные.

Другой целью является проведение подробного сопоставления данных, полученных на двух различных участках озера. Как правило, в рамках решения ключевой задачи по охране вод в случае, когда отсутствуют определенные данные о загрязнении/эвтрофикации одного из участков озера, приходится прибегать к сопоставлению данных по этому вызывающему опасение участку (путем использования соответствующих параметров, например общего фосфора, биомассы фитопланктона и т.д.) с данными, полученными на эталонном участке. С этой целью одним из приемлемых решений мог бы явиться дисперсионный анализ (ANOVA). На основе этого метода проводится сопоставление, например по t-критерию, но только для случайного набора факторов. Каждый фактор может иметь случайный набор уровней. Кроме того, каждое сочетание факторов может иметь любой набор реплик.

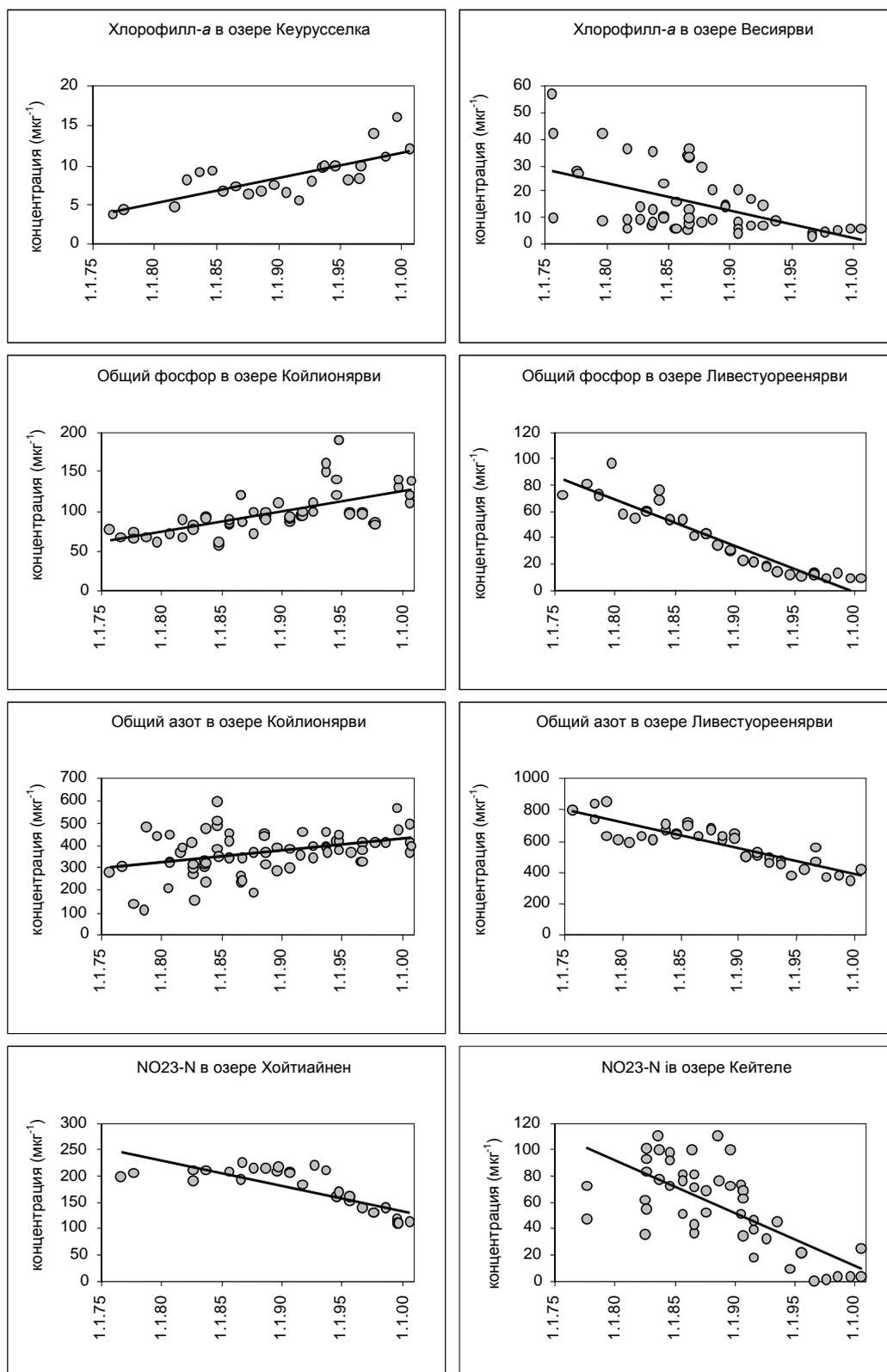


Рис. 28. Примеры статистически значимых долгосрочных трендов четырех определяемых параметров, относящихся к эвтрофикации озер Финляндии. В озерах, испытывавших ранее нагрузку из точечного источника, отчетливо заметна тенденция к восстановлению от эвтрофикации, в то время как для озер, испытывающих воздействие со стороны сельского хозяйства, во многих случаях прослеживается обратная тенденция

Применение различных статистических методов также помогает обеспечивать максимальную актуальность всех ключевых компонентов (пункты проботбора, использованные параметры, частота проботбора и т.д.) программы мониторинга.

11.4 Системы классификации

В Европе используются многочисленные системы классификации. Некоторые из них основаны на физико-химических переменных, которые могут рассчитываться в соответствии с классификациями качества воды или пригодности воды для потребления. Некоторые системы классификации основаны на биологических данных, которые могут быть оценены как наиболее близкие к системе экологической классификации в соответствии с требованиями РВД.

В Рамочной водной директиве общие руководящие принципы классификации и определение экологического состояния сформулированы исходя из следующих трех основных тем:

- Сравнимость результатов биологического мониторинга.
- Представление результатов мониторинга и классификация экологического состояния и потенциала.
- Представление результатов мониторинга и классификация химического состояния.

С целью гарантирования сравнимости результатов биологического мониторинга:

- Государства - члены ЕС должны создать системы мониторинга для оценки значений биологических показателей качества, установленных для каждой категории поверхностных вод или для сильно измененных и искусственных поверхностных водоемов. Применяя приводимые ниже методы к сильно измененным или искусственным водоемам, следует делать ссылку на экологическое состояние и экологический потенциал. Такие системы могут использовать отдельные виды или группы видов, репрезентативных для этого показателя качества в целом.
- Для того чтобы гарантировать сравнимость таких систем мониторинга, результаты систем, используемых каждым государством - членом ЕС, должны быть выражены в виде коэффициентов экологического качества с целью классификации экологического состояния. Эти коэффициенты являются соотношением между величинами биологических параметров для данного поверхностного водоема и

величинами этих параметров в исходных условиях применительно к этому водоему. Коэффициент выражается в виде числового значения между нулем и единицей, когда хорошее экологическое состояние характеризуется величинами, близкими к единице, а плохое - величинами близкими к нулю.

- Каждое государство - член ЕС в рамках своей системы мониторинга должно разделить шкалу коэффициентов экологического качества по каждой категории поверхностного водоема на пять классов, от очень высокого качества до неудовлетворительного качества экологического состояния. Величина для состояния пограничного между "высоким" и "хорошим" качеством, а также между "хорошим" и "средним" качеством устанавливается с помощью описанной ниже процедуры взаимной калибровки.
- Комиссия должна способствовать проведению этой взаимной калибровки, чтобы гарантировать согласованность пограничных величин с нормативами и их сравнимость в рамках систем мониторинга государств - членов ЕС.
- В рамках этой процедуры Комиссия должна способствовать обмену информацией между государствами - членами ЕС с целью определения ряда участков мониторинга в каждом экорегионе сообщества. Эти участки формируют межкалибрационную сеть. Эта сеть состоит из участков, отобранных из ряда типов поверхностных водоемов, существующих в каждом экорегионе. Сеть по каждому выделенному типу поверхностных водоемов включает, по крайней мере, два участка, характеризующиеся состоянием, пограничным между нормативами для "высокого" и "хорошего" качества состояния. Эти участки должны отбираться в соответствии с заключением экспертов, основанным на обследовании и различной доступной информации.
- Система мониторинга каждого государства - члена ЕС должна применяться к этим участкам сети взаимной калибровки, которые, с одной стороны, находятся в экорегионе, а, с другой - представляют один из типов поверхностных водоемов, к которому будет применена эта система в соответствии с требованиями данной Директивы. В результате такого применения системы мониторинга в каждом государстве - члене ЕС устанавливаются числовые величины для соответствующего пограничного состояния.
- В течение трех лет с момента вступления в силу Директивы Комиссия должна составить первоначальный вариант списка участков в сети взаимной калибровки, который можно будет адаптировать в соответствии с порядком, установленным в

статье 21 РВД. Окончательный вариант списка участков должен быть подготовлен и издан Комиссией в течение четырех лет с момента вступления Директивы в силу.

- Комиссия и государства - члены ЕС должны закончить взаимную калибровку в течение 18 месяцев с момента публикации окончательного перечня участков.
- Результаты взаимной калибровки и классификационные величины, установленные для системы мониторинга государств - членов ЕС, публикуются Комиссией в течение шести месяцев после завершения взаимной калибровки.

Работа на этапе взаимной калибровки завершится в течение нескольких последующих лет, и уже к концу 2006 года согласованные системы классификации будут готовы для всех государств - членов ЕС.

Помимо экологической классификации РВД, существует большое количество других схем или систем классификации, которые в течение длительного периода использовались или до сих пор используются в большинстве европейских стран. Наиболее распространенной основой для классификации является оценка пригодности водотоков (или воды в водном объекте) для различных целей. Это является наиболее удобным и простым способом для получения данных, предназначенных для информирования общественности и работников органов власти, не знакомых со специальными научными терминами в области лимнологии, микробиологии и т.д. В качестве примера будет представлена используемая в Финляндии классификация, посвященная общим параметрам пригодности водотоков.

Органы, отвечающие в Финляндии за мониторинг и представление отчетности о состоянии водотоков, использовали этот тип классификационной схемы качества на протяжении более 30 лет. Первоначальная классификация неоднократно подвергалась пересмотру, но система, используемая в настоящее время, была создана уже в середине 1980-х годов. Эта система включает в себя три классификационные категории, относящиеся к конкретным видам водопользования водотокам, а именно:

- Для рекреационных целей
- Классификация сырой воды (для бытовых целей)
- Классификация качества водотоков, используемых для рыболовства.

Помимо классификации, учитывающей конкретные виды водопользования и водопотребления, была представлена общая классификация качества воды. Критерий качества воды делится на пять групп - от высшего до неудовлетворительного. К наиболее важным характеристикам, используемым в классификации, относится хлорофилл-*a*,

общий фосфор, номер цветности (ввиду большой распространенности в Финляндии гумусных вод), концентрации кислорода в период стагнации и бактерии, являющиеся индикаторами фекалий.

Благодаря этой классификации получена весьма полезная информация об общем состоянии озер. К ее недостаткам относится отсутствие биологических данных. Лишь в некоторых случаях включались данные по фитопланктону и донной фауне.

11.5 Отчеты о мониторинге

Наиболее важным этапом во всем цикле мониторинга является представление отчетов. Обычно предъявляемое требование заключается в представлении отчета о результатах мониторинга, получаемых на различных этапах периода мониторинга из различных районов со всего речного бассейна (или страны), и, наконец, для различных групп лиц. Материалы мониторинга надлежит использовать со всей возможной эффективностью. По крайней мере в некоторых отчетах следует использовать данные всех анализов. Этап представления отчетов является также весьма удобным моментом для пересмотра программы мониторинга с учетом результатов и данных наблюдений предыдущего этапа мониторинга.

Наиболее подробные сообщения о состоянии на местном уровне поступают от населения, проживающего на берегах обследуемого озера. Эти сообщения могут касаться, например, состояния на одном небольшом участке озера, примыкающем к какому-либо загрязняющему промышленному источнику. Сообщения этого характера, как правило, публикуются на ежегодной основе. Эти краткие сообщения должны быть сформулированы в предельно доступной форме, и в них следует избегать использования любой сложной научной терминологии. Основной смысл сообщений должен быть сосредоточен на таких практических вопросах, как: улучшилось ли общее состояние озера, пригодна ли вода в озере для купания, является ли рыба по-прежнему не пригодной для пищи по причине высокого содержания ртути и т.д.

Региональные отчеты готовятся в отношении более обширных районов, в частности речных бассейнов или даже целой страны. В этих отчетах следует в адекватной форме излагать все возможные данные мониторинга. Озеро является лишь одним из элементов более обширной водной системы, поэтому оценка состояния должна проводиться по всему речному бассейну. Данные о биоценозе и качестве воды следует использовать наряду с информацией о вредном воздействии, а также данными гидрологического мониторинга. К важным ключевым вопросам, отражаемым в процессе представления региональной отчетности, относятся, например: долгосрочные изменения факторов нагрузки, фосфорная нагрузка, связанная с городскими сточными водами, корреляция

между различными характеристиками воздействия нагрузок и характеристиками качества воды, а также основные тренды.

И наконец, существует также потребность в международной отчетности в масштабах Европы, и особенно в отношении трансграничных водотоков. Она должна базироваться на достоверных документальных данных и готовиться в тесном сотрудничестве со всеми соответствующими государствами-членами. Периодичность представления этих всеобъемлющих отчетов может составлять несколько лет.

Ранее были представлены такие доклады, как "Окружающая среда для Европы: Вторая оценка" и "Окружающая среда в Европейском союзе на рубеже веков".

Справочная литература:

Council Decision of 12 December 1977 establishing a common procedure for the exchange of information on the quality of surface fresh water in the Community. 77/795/EEC. Official Journal L 334 , 24/12/1977, pp. 29 – 36.

European Environment Agency, EEA. 1995. Europe's Environment, The Dobris Assessment, Copenhagen, Denmark.

European Environment Agency, EEA. 1999. Lakes and reservoirs in the EEA area. Topic report No 1/1999.108 p. Luxembourg. ISBN 92-9167-119-3.

European Environment Agency, EEA. 1999. Sustainable water use in Europe – Part 1: Sectoral use of water. Environmental assessment report No 1. 91 p. Luxembourg. ISBN 92-9167-121-5.

European Environment Agency, EEA. 2002. Environmental signals 2002, Benchmarking the millennium. Environmental assessment report No 6, 148 p. Luxembourg. ISBN 92-9167-469-9.

Heinonen, P. & Herve, S. 1987. Water quality classification of inland waters in Finland. Aqua Fen-nica 17, 2: 147-156.

Helsel, D.R. & Hirsch, R.M. 1992. Statistical Methods in Water Resources. Studies in Environmental Science, No. 49. Elsevier, Amsterdam. 529 pp.

- Minkkinen, P. 2000. Methods for Extracting Information from Analytical Measurements. In: Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring (Eds. Heinonen, P., Ziglio, G. & Van der Beken, A.), 297-308. ISBN 0-471-89988-7.
- Nõges, T. (Ed.) 2001. Lake Peipsi. Hydrology. Meteorology. Hydrochemistry. Tallinn, Sulemees, 163 pp.
- Ott, I. & Kõiv, T. 1999. Eesti väikejärvede eripära ja muutused. Estonian small lakes: Special features and changes. 128 p. ISBN 9985-881-11-7.
- Pihu, E., Haberman, J. (Eds.) 2001. Lake Peipsi. Flora and Fauna. Sulemees, Tartu, 149 pp.
- Premazzi, G. & Chiaudini, G. 1992. Ecological Quality of Surface Waters, Quality Assessment Schemes for European Community Lakes. European Communities Commission, EUR 14563 – Ecological Quality of Life Se-ries, Environment Institute, University of Milan, Milan, Italy.
- UNECE, 2003. United Nations Economic Commission for Europe. Review of the use of indicators for state-of-the-environment reporting in Eastern Europe, Caucasus and Central Asia. Prepared in the light of the joint UNECE/EEA Workshop on Environmental Indicators and Networking, Geneva, February 2003.
- UNECE, 2003. United Nations Economic Commission for Europe. Environmental Monitoring and Reporting. Eastern Europe, Caucasus and Central Asia. Geneva, August 2003.

РЕЗЮМЕ главы 11

- Во всех мероприятиях в области мониторинга следует учитывать обязательства по представлению отчетности в различных целях и для различных уровней.
- Абсолютно необходимы регистры данных для обработки различных данных мониторинга озер и соответствующих речных бассейнов.
- Проведение работы по определению пригодных статистических методов обработки и представления данных.
- Проведение работы по выявлению характеристик индикаторов для отчетности, предназначенной для различных получателей.
- Надежная классификация экологического состояния в соответствии с РВД обуславливает необходимость непрерывного мониторинга различных биологических элементов качества.
- Этап представления отчетности является также весьма удобным моментом для проверки программ мониторинга.
