Centre for Economic Development, Transport and the Environment

REPORTS 110 | 2013

Изменения в экологическом состоянии озера Инари в 1960–2009 гг

Озеро Инари

АННУККА ПУРО-ТАНВАНАЙНЕН | ЮККА АРОВИИТА | ЭРККИ А. ЯРВИНЕН | МИННА КУОППАЛА
МИКА МАРТТУНЕН | ТЕЕМУ НУРМИ | ЮХА РИИХИМЯКИ | ЭРНО САЛОНЕН



Изменения в экологическом состоянии озера Инари в 1960–2009 гг

Озеро Инари

АННУККА ПУРО-ТАНВАНАЙНЕН
ЮККА АРОВИИТА
ЭРККИ А. ЯРВИНЕН
МИННА КУОППАЛА
МИКА МАРТТУНЕН
ТЕЕМУ НУРМИ
ЮХА РИИХИМЯКИ
ЭРНО САЛОНЕН

Reports 110/2013

Изменения в экологическом состоянии озера Инари в 1960–2009 гг
Озеро Инари

Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Lapland

Вёрстка: Ритва-Лииса Хакала
Фото на облоэке: Озеро Инари, Мооссинаселкя; Аннукка Пуро-Тахванайнен
Иллюстрации: Ханну Лехтомаа, Рику Эло
Перевод с финского на русский язык: Илона Грекеля
Место печати: Kopijyvä Oy, Куопио

ISBN 978-952-257-901-0 (печатн.)
ISBN 978-952-257-902-7 (PDF)

ISSN-L 2242-2846
ISSN 2242-2846 (печатн.)
ISSN 2242-2854 (интернет)

URN:ISBN:978-952-257-902-7

www.ely-keskus.fi/julkaisut | www.doria.fi/ely-keskus

Содержание

1. Введение 5

2. Регулирование и его совершенствование 6

Природное состояние 1921–1940 гг 6

Период регулирования 1941–1944 гг 6

Период ”без регулирования” 1945–1947 6

Период регулирования 1948–1955 6

Период регулирования 1956–1999 7

Период регулирования 2000–2009 7

3. Гидрологические условия 8

Материал и методы 8

Результаты 8

Обобщение 12

4. Показатели режима регулирования 13

Показатели уровня воды 13

Обобщение 18

Другие показатели, связанные с регулированием 19

5. Биогенная нагрузка и качество воды 20

Материал и методы 20

Результаты 21

Обобщение 24

6. Водная растительность 26

Материалы и методы 26

Результаты 27

Анализ результатов 28

7. Зообентос 29

Введение 29

Материалы и методы 29

Результаты 30

Анализ результатов и выводы 32

8. Рыбные запасы и рыболовство 34

Материалы и методы 34

Результаты 34

Обобщение 39

9. Обобщение и оценка экологического состояния в целом 41

Изменения в состоянии озера Инари и его использовании в 2000–2009 годы по сравнению с референтным периодом 41

Экологическое состояние в 2000-ые годы 42

Список источников 44

1. Введение

Данная публикация представляет собой обобщение сведений об изменениях, произошедших в состоянии озера Инари за последние десятилетия. Это сокращённое издание отчёта: Изменение состояния озера Инари в 1960–2009 гг. (Puro-Tahvanainen at el. 2011). В отчёте представлены ответы на вопросы:

- Какие изменения произошли в нагрузке на водоём, его регулировании, восстановлении, зарыблении и ловле рыбы?
- Как выполнены рекомендации по проведению регулирования от 2000 года?
- Каково качество воды, состояние гидробионтов прибрежной зоны и популяций рыб, какие изменения произошли за последние десятки лет?
- Заметны ли признаки потепления климата на озере Инари?

Для ответов на вопросы воспользуемся параметрами измерения изменений в состоянии и использовании озера. В отчёте с помощью 60 показателей отражены общие гидрологические и метеорологические условия, нагрузка, качество воды, рекреационное использование, регулирование уровня воды, состояние популяций рыб и гидробионтов литоральной зоны.

Материал собран в результате длительного мониторинга, исследований и проведения действий по улучшению состояния окружающей среды силами Центра окружающей среды Финляндии (SYKE), Института исследования охотничьего и рыбного хозяйства (RKTL) и Центра экономического развития, транспорта и окружающей среды Лапландии (ELY-центра Лапландии (ранее Центра окружающей среды Лапландии)).

В основном вся информация обобщалась за период 1960–2009 гг. Результаты представлены как средние десятилетие значения. По каждому показателю проводится сравнение среднего значения за 2000-ые годы со средним за период 1960–1999. На основании этого определяется величина изменения и направление. Кроме того, отдельно представлено среднее значение за период 2005–2009 гг. для того, чтобы обратить внимание на то, что по определённым показателям значительные изменения произошли именно в последние годы. Результаты наблюдений за растительностью и зообентосу озера Инари сравнивались также с другими озёрами Финляндии, как зарегулированными, так и находящимся в природном состоянии.



Рис. 1. Типичный пейзаж береговой линии озера Инари (фото Аннукка Пуро-Тахванайнен).

2. Регулирование и его совершенствование

Эркки А. Ярвинен

Изменения в уровнях воды озера Инари рассматриваются в следующие периоды:

- Природное состояние 1921–1940 гг. (20 лет)
- Строительство регулирующей плотины и регулирование во время войны 1941–1944 (4 года)
- Период ”без регулирования” 1945–1947 гг. (3 года)
- Период регулирования 1948–1955 гг. (8 лет) по инструкциям 1947 и 1954 годов
- Период регулирования 1956–1999 гг. (44 года) по инструкциям 1956 и 1959 годов
- Регулирование с учётом рекомендаций на основании исследования озера Инари 2000–2009 гг. (10 лет)

Природное состояние 1921–1940 гг

Регулярные наблюдения за уровнем воды озера Инари начались в 1921 году. Уровень водоёма в природном состоянии понижался с начала июля до конца апреля следующего года. В течение года диапазон изменения уровня составлял около 1,25 м. Средний уровень в природном состоянии (1921–1940 гг.) был [1]$N_{проект}$ + 118,07 м или примерно на 70 см ниже, чем при современном (2000–2009) регулировании.

Период регулирования 1941–1944 гг

Первая гидроэлектростанция на реке Паз была построена в 1938–1942 гг. на пороге Янискоски, а подпорная плотина в 1942 г. на пороге Нискакоски. По первым указаниям регулирования верхняя граница диапазона составляла $N_{проект}$ + 119,50 м, а нижняя – $N_{проект}$ + 117,30 м. Попуски должны были составлять, как правило, 152 м^3/с. Иногда они могли достигать максимум 500 м^3/с. Наиболее существенные изменения в уровне воды в этот период: средний уровень воды поднялся примерно на один метр, а диапазон изменения уровня уменьшился по сравнению с естественным примерно на 30 см. С момента строительства плотины до её разрушения средний уровень был $N_{проект}$ + 119,15 м или на метр выше, чем за период 1921–1940 гг.

Период ”без регулирования” 1945–1947

ГЭС Янискоски и плотина в Нискакоски были разрушены в октябре 1944 года во время Лапландской войны. Вследствие этого уровень воды довольно резко понизился осенью 1945 года почти до 1,50 м, так как во время строительства гидротехнических сооружений русло в месте стока из озера было углублено. Таким образом, уровень воды стал заметно ниже того, каким был в природном состоянии. В течение 202 суток уровень был ниже допустимого лицензией диапазона регулирования. Колебания воды происходили согласно природному ритму – хотя на уровне на 50 см ниже и в диапазоне на 30 см уже. Уровень воды в течение почти трёх лет был на такой высоте, которая в природном состоянии наблюдалась бы только в засушливое время.

Период регулирования 1948–1955

Регулирование возобновилось после ремонта плотины Нискакоски в 1948 году. Основанием для этого было предоставление в 1946 году водным комитетом лицензии, по которой верхней границей по-прежнему была отметка $N_{проект}$ + 119,50 м, но нижняя граница была опущена до уровня $N_{проект}$ + 117,14 м. Попуски должны были быть по возможности равномерными м^3/с, а уровень воды до начала мая необходимо было снижать до $N_{проект}$ + 118,30 м. Условия лицензии относительно попусков были изменены в 1953 году так: попуски должны составлять 120–180 м^3/с, если это возможно без нарушения допустимого диапазона.

В 1948–1955 гг. уровень воды в среднем был выше на 70–75 см, чем в период до регулирования. Самые высокие отметки были выше на 55–60 см,

[1]Nпроект
- это система высот, которая была принята для выполнения трёхстороннего соглашения «О регулировании водного режима озера Инари посредством гидроэлектростанции Кайтакоски», подписанного в 1959 году между правительствами СССР, Норвегии и Финляндии. Отметки высот относятся к закладной точке +118,04 метра на берегу залива Неллимвуоно озера Инари.

чем в природном состоянии, а самые низкие - на 40–50 см. Годичный диапазон изменения уровня воды увеличился из-за регулирования на 20 см. Тогда как отметки осенью и в конце года повысились на 80–90 см. Из-за слишком «малого» понижения ($N_{проект}$ + 118,30 м) весной почти каждый год уровень воды после паводка достигал или приближался к верхней допустимой границе.

Период регулирования 1956–1999

В 1956 г. Норвегия присоединилась к соглашению по регулированию. В новом указании отметка весеннего понижения была снижена на 30 см до уровня $N_{проект}$ + 118,00 м, а попуски в нормальных условиях должны были составлять 120–240 м³/с. До весеннего паводка попуски не должны были превышать 280 м³/с. Позже условия соглашения были изменены согласно указаниям.

В этот период уровень воды озера Инари в среднем был примерно на 50 см выше, чем в природном состоянии. Также и максимальные отметки увеличились на 50 см, но нижние отметки – только на 20 см. Годичный диапазон изменения уровня воды был около 1,45 метров, что примерно на 30 см шире природного.

Период регулирования 2000–2009

Новые, дополненные правила регулирования озера Инари были приняты в 1999 году. В них определён желаемый диапазон (рис. 2). Этот диапазон не привязан к календарю, должны учитываться погодные условия, особенно весной, в т. ч. начало периода снеготаяния.

Существенные положения дополненных правил:

- Стремиться избегать превышения отметки $N_{проект}$ + 119,35 м.
- Стремиться избегать снижения уровня воды ниже $N_{проект}$ + 118,90 м в летнее время.
- После пика паводка в июне-июле стремиться к понижению уровня, если это не приведёт к холостым сбросам на ГЭС, расположенных на реке Паз или снижению уровня воды ниже отмеки $N_{проект}$ + 119,05 м.
- Стремиться поддерживать уровень воды в желаемом диапазоне без ненужных холостых сбросов на ГЭС, расположенных на реке Паз.
- При угрозе особенно высокого паводка стремиться снизить уровень воды до начала периода снеготаяния до отметки $N_{проект}$ + 117,55–117,65 м.
- Если уровень воды поднялся до $N_{проект}$ + 119,35 м или выше, стремиться снизить уровень воды в кратчайшие сроки, всё же избегая холостых сбросов, до отметки $N_{проект}$ + 119,20 м.

В этот период уровень воды озера Инари был в среднем примерно на 60 см выше природного. Самые высокие отметки выше на 60 см, чем в природном состоянии, а самые низкие - примерно на 30 см. Годичный диапазон изменения уровня воды был около 1,40 метров, что примерно на 30 см шире природного. На практике регулирование озера Инари происходило на уровне, который на 10 см выше предыдущего периода. С другой стороны, продолжительность слишком высокого уровня воды сократилась в два раза.

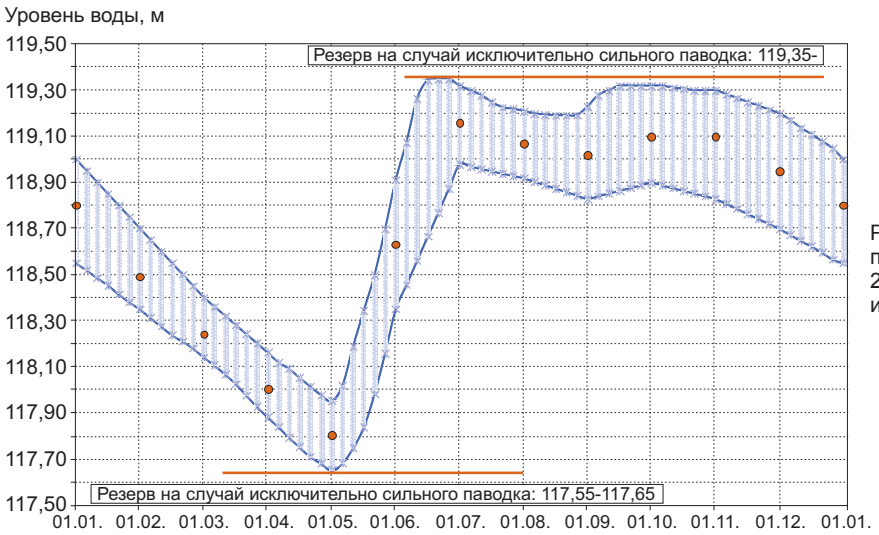


Рис. 2. Принятый уполномоченными по регулированию озера Инари 25.03.1999 ”экологический диапазон» изменения уровня воды

3. Гидрологические условия

Аннукка Пуро-Тахванайнен

Материал и методы

Данные гидрологических показателей озера Инари и его водосборного бассейна собраны в базе данных природоохранной администрации Финляндии. Использовалось 13 показателей (таблица 1), рассматриваемых в разные периоды времени 1960–2009 гг. Обнаруженные по некоторым показателям тренды тестировались непараметрическим тестом Манна-Кендалла для определения линеарных изменений.

Таблица 1. Параметры и показатели, использованные при оценке.

Параметр	№	Показатель	Период
Запасы воды в снеге	1	Максимальные запасы воды в снеге (мм)	1960–2009
Запасы воды в снеге и осадки	2	Запасы воды в снеге 01.04. + осадки в апреле-июне (мм)	1960–2009
Осадки	3	Осадки за июль-октябрь (мм)	1960–2009
Температура воды	4	Средняя температура водного столба в разные месяцы на посту Паксувуоно в Неллим (˚C)	1961–2009
	5	Суммарная температура в период открытой воды (˚C)	1960–2009 (1951–2009)
	6	Количество дней, когда температура поверхностной воды в Неллим не менее 18 ˚C (сутки)	1960–2009
Ледостав / Ледоход	7	Дата ледостава в пелагиали (порядковый номер дня 1–365)	1960–2009 (1925–2009)
	8	Дата ледохода в пелагиали (порядковый номер дня 1–365)	1960–2009 (1925–2009)
	9	Продолжительность периода открытой воды (сутки)	1960–2009
Толщина льда	10	Толщина льда в Неллим 30.03. (см)	1961–2009
	11	Толщина льда в Неллим 30.12. (см)	1961–2009
Расход	12	Приток в озеро Инари в мае-октябре (106 м^3)	1960–2009
	13	Приток в озеро Инари в ноябре-апреле (106 м^3)	1960–2009

Результаты

Запасы воды в снеге и осадки

За период 1960–1999 гг. среднее значение максимальных запасов воды в снеге в водосборном бассейне составляло 158 мм. 1990-е годы были более снежными, чем другие десятилетия. В 2000-ые годы максимальные запасы воды в снеге были примерно такими же, как и в предыдущий рассматриваемый период.

Водность весны лучше выражается суммарным показателем, в котором объединены запасы воды в снеге на начало апреля и осадки с апреля по июнь. В значениях этого показателя наблюдается некоторая цикличность при максимальной водности весны 1990-ых годов и минимальной 1970-ых годов (рис. 3). Осадки периода открытой воды после весеннего паводка выражаются показателем «осадки с июля по октябрь», в значениях которого

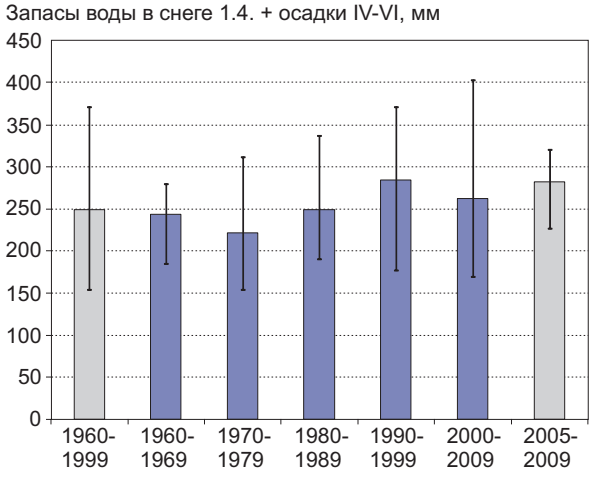


Рис. 3. Запасы воды в снеге 01.04. + осадки в апреле-июне в разные рассматриваемые периоды. Высота столбца представляет среднее значение показателя, а отрезок – диапазон изменения значений в рассматриваемый период. Сравнительный период и период последних пяти лет показаны серым цветом.

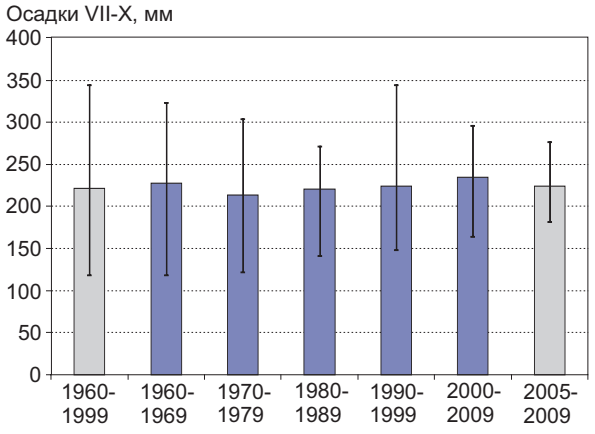


Рис. 4. Осадки в июле-октябре в разные рассматриваемые периоды. Высота столбца представляет среднее значение показателя, а отрезок – диапазон изменения значений в рассматриваемый период. Сравнительный период и период последних пяти лет показаны серым цветом.

наблюдается совсем небольшое увеличение, начиная с 1970-ых годов (рис. 4), но за весь период (1960–2009 гг.) в количестве осадков не произошло статистически значимых изменений.

Температура воды

В качестве температурных показателей воды использовались среднемесячные температуры 1961–2009 гг. всего водного столба поста Паксувуоно в Неллим, подсчитанные на основании измеренных с помощью лота температур, а также подсчитанные по данным ежедневных температур поверхностной воды на двух постах Неллим суммарная температура периода открытой воды (°C) и количество дней с температурой воды не ниже 18 °C.

Повышающийся тренд средних температур мая-сентября наблюдается по всему водному столбу (рис. 5), обнаруженные изменения являются статистически значимыми (тест Манна-Кендалла, $p < 0,05$). В заключение проводилось сравнение средней температуры июня-сентября 2000-ых годов с предыдущим рассматриваемым периодом. По результатам сравнения на посту Паксувуоно средняя температура июня-сентября 2000-ых годов была несколько выше, чем в предыдущий период.

Температура поверхностной воды в период открытой воды измерялась с начала 1951 года, и на протяжении всего периода измерений в суммарной температуре наблюдается почти значимое статистически ($p = 0,05$) небольшое повышение (рис. 6). В 2000-ые годы среднее значение

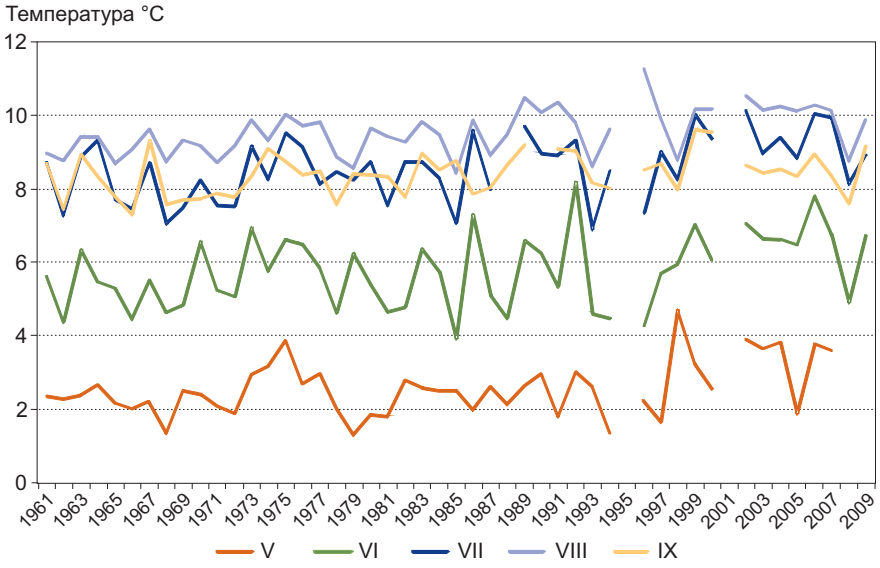


Рис. 5. Среднемесячные температуры водного столба на станции Паксувуоно в Неллим 1961–2009 гг.

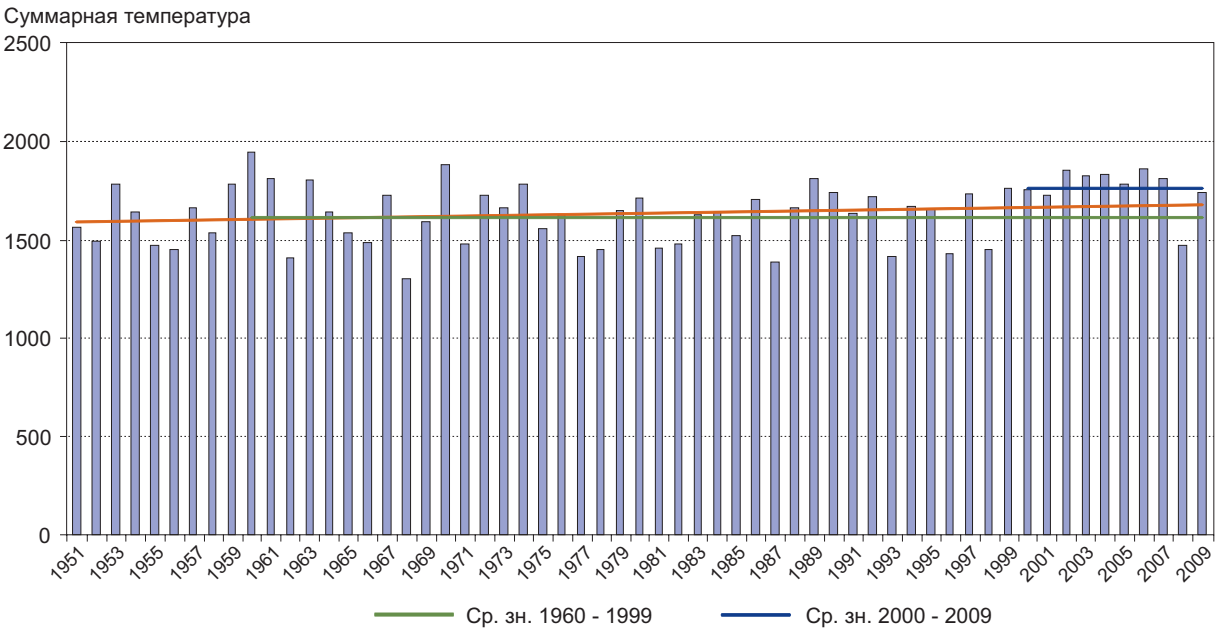


Рис. 6. Суммарная температура в период открытой воды 1991–2009 гг., подсчитанная на основании данных температуры поверхностной воды в Неллим, а также средние значения сравнительного периода 1960–1999 и 2000-ых годов. Красная линия – это полиномиальная линия тренда.

суммарной температуры за период открытой воды было несколько больше, чем в предыдущий рассматриваемый период. В другие десятилетние периоды суммарная температура была на том же уровне, что и в рассматриваемый период.

Поверхностную воду с температурой не менее 18 °C можно считать пригодной для плавания. Количество дней с температурой воды не менее 18 °C значительно меняется в разные годы. При сравнении десятилетних периодов замечено, что количество тёплых дней увеличилось с начала 1960-ых годов, и пригодных для плавания дней было больше всего в 2000-ые годы (рис. 7).

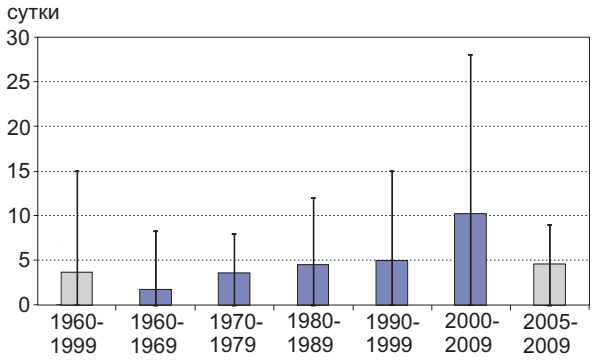


Рис. 7. Количество дней (сутки) с температурой поверхностной воды не менее 18 °C. Высота столбца представляет среднее значение показателя, а отрезок – диапазон изменения значений в рассматриваемый период. Референтый период и период последних пяти лет показаны серым цветом.

Ледовые условия и продолжительность периода открытой воды

Наблюдения за образованием и сходом льда в пелагиальных зонах озера Инари проводятся с 1925 года. Сначала они были нерегулярными (рис. 8). В замерзании пелагиали озера Инари наблюдаются небольшие периодические изменения. Ледостав стал наблюдаться позже, особенно со средины 1990-ых годов. Таяние льда стало наблюдаться раньше. Период открытой воды в 2000-ые годы был на 19 дней более продолжительный, чем в предыдущий период (рис. 9).

Замечено незначительное уменьшение толщины льда, как в начале зимы, так и в начале лета (рис. 10), но это изменение не является статистически значимым.

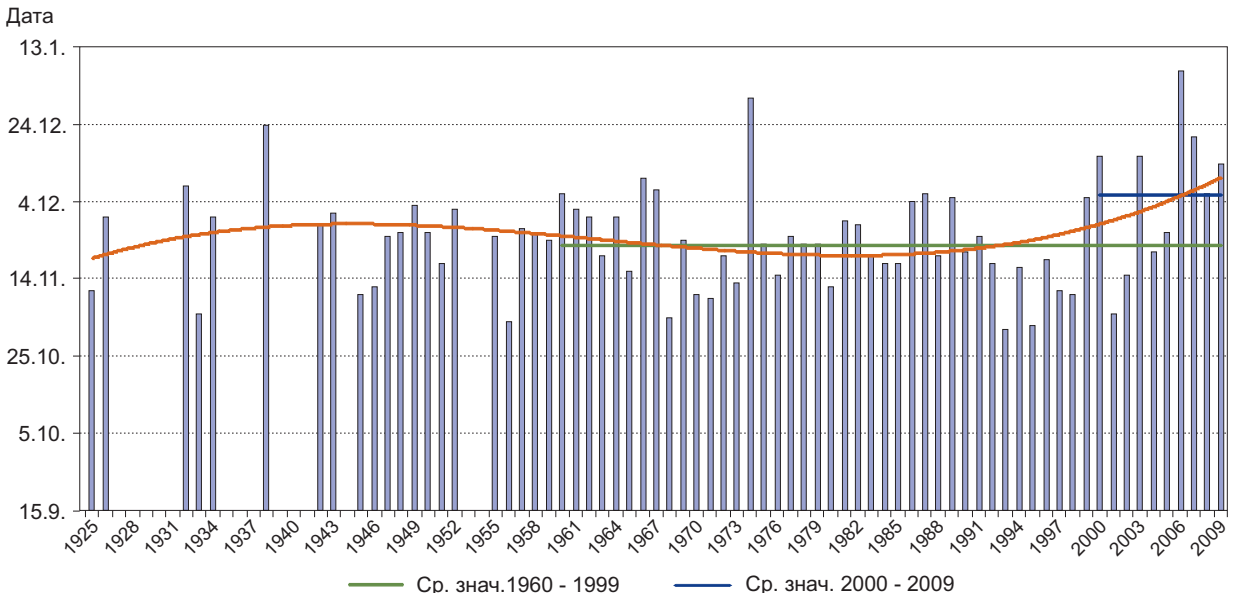


Рис. 8. Замерзание пелагиали озера Инари 1925–2009 гг., а также средние значения референтного периода 1960–1999 гг. и 2000-ых годов. Красная линия – это полиномиальная линия тренда.

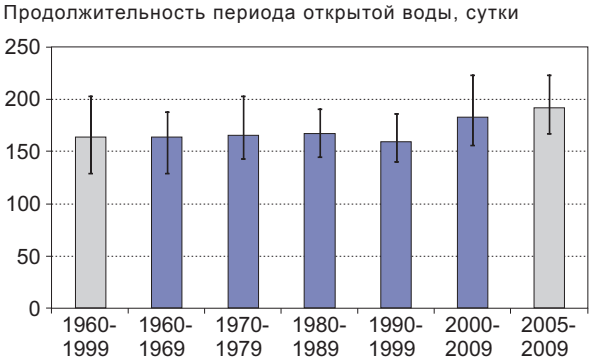


Рис. 9. Продолжительность периода открытой воды на озере Инари в разные рассматриваемые периоды. Высота столба отражает среднее значение показателя, а отрезок - диапазон изменения в рассматриваемый период.

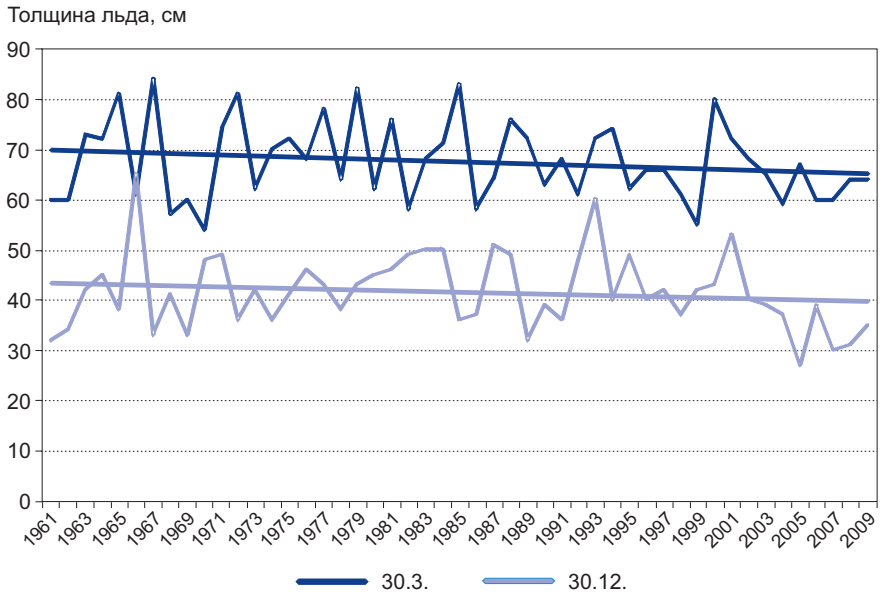


Рис. 10. Толщина льда на станции наблюдений Неллим 30.03. и 30.12.1961–2009 гг.

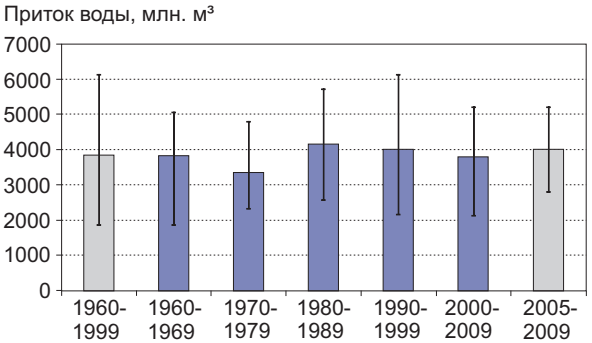


Рис. 11. Приток в озеро Инари с мая по октябрь (млн. м³) в разные рассматриваемые периоды. Высота столбца представляет среднее значение показателя, а отрезок – диапазон изменения значений в рассматриваемый период. Сравнительный период и период последних пяти лет показаны серым цветом.

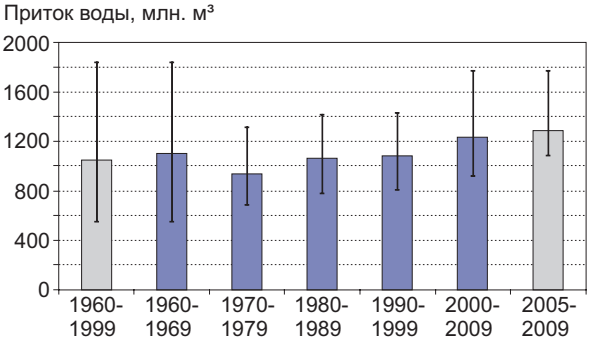


Рис. 12. Приток в озеро Инари с ноября по апрель (млн. м³) в разные рассматриваемые периоды. Высота столбца представляет среднее значение показателя, а отрезок – диапазон изменения значений в рассматриваемый период. Референтный период и период последних пяти лет показаны серым цветом.

Объём притока в озеро Инари

Приток воды в озеро Инари в разные рассматриваемые периоды рассчитан по изменению уровня воды озера и объёму попусков. Рассматриваемые периоды - май-октябрь и ноябрь-апрель. В мае-октябре в притоке воды не наблюдается изменений в 2000-ые годы, тренд колебаний такого же направления, что и у показателей «запасы воды в снеге» и «сумма осадков» (рис. 11). В зимний период в притоке заметен тренд увеличения, начиная с 1970-х годов (рис. 12), а в 2000-ые годы приток зимнего периоды был сравнительно больше, чем в предыдущий период.

Обобщение

В показателях гидрологических условий озера Инари наблюдаются изменения, которые связаны с потеплением климата. Летом средние температуры поверхностной воды и всего водного столба увеличивались на протяжении всего периода 1960–2009 и в первое десятилетие 2000-х годов. Повышение температуры может увеличить первичную продуктивность, в таких олиготрофных озёрах как Инари изменения, очевидно, ограничены скудностью биогенов.

Образование ледяного покрова происходит позже, а таяние льда раньше, вследствие чего продолжительность периода открытой воды увеличилась. Кроме того, толщина льда в начале зимы уменьшилась. Эти изменения привели к более позднему началу зимнего лова рыбы. В таблица 2 представлено обобщение изменений гидрологических показателей.

Таблица 2. Обобщение гидрологических показателей. Изменение отражает ситуацию 2000-ых годов по сравнению с рассматриваемым периодом 1960–1999 гг.

Параметр	№	Показатель	Изменение по сравнению с рассматриваемым периодом	Оценка возможного влияния на состояние и использование водоёма
Запасы воды в снеге	1	Максимальные запасы воды в снеге (мм)	Без изменений	Нет влияния
Запасы воды в снеге и осадки	2	Запасы воды в снеге 01.04. + сумма осадков в апреле-июне (мм)	Без изменений	Нет влияния
Осадки	3	Осадки в июле-октябре (мм)	Без изменений	Нет влияния
Температура воды	4	Средняя температура водного столба в июне-сентябре на посту Паксувуоно в Неллим (˚C)	Несколько повысилась	Повышение продуктивности (Не заметно по хлорофиллу)
	5	Суммарная температура в период открытой воды (˚C)	Несколько повысилась	Повышение продуктивности (в т. ч. рыбная молодь)
	6	Количество дней, когда температура поверхностной воды в Неллим не менее 18 ˚C (сутки)	Значительно увеличилось	Лучшие условия для плавания
Ледостав/ Ледоход	7	Дата ледостава в пелагиали (порядковый номер дня 1–365)	Наблюдается значительно позже	Начало зимнего лова рыбы позже, увеличение размыва берегов
	8	Дата ледохода в пелагиали (порядковый номер дня 1–365)	Наблюдается несколько раньше	Раннее наступление весны может создать риск «возвращения зимы» а критический для рыбной молоди момент
	9	Продолжительность периода открытой воды (сутки)	Несколько увеличилась	
Толщина льда	10	Толщина льда в Неллим 30.03. (см)	Без изменений	Нет влияния
	11	Толщина льда в Неллим 30.12. (см)	Несколько уменьшилась	Начало зимнего лова рыбы позже
Приток воды	12	Приток в озеро Инари в мае-октябре (106 м^3)	Без изменений	Нет влияния
	13	Приток в озеро Инари в ноябре-апреле (106 м^3)	Несколько увеличился	Сложно оценить

4. Показатели режима регулирования

Теему Нурми и Мика Марттинен

Показатели уровня воды

Отправные точки

В издании по результатам исследования озера Инари (Marttunen et al., 1997) представлены рекомендации, связанные с регулированием. Три из них касаются непосредственно уровня воды:

- Уровень воды в озере не должен превышать $N_{проект}$ + 119,35 м.
- Желательно избегать слишком низкого (ниже отметки $N_{проект}$ + 118,90 м) уровня в летнее время.
- Желательно после пика паводка летом обеспечивать понижающийся уровень воды.

В данном анализе внимание уделяется как влиянию регулирования, так и выполнению рекомендаций с помощью рассмотрения 11 показателей уровня воды (таблица 3).

Три показателя общего характера, их влияние распространяется на многие факторы: понижение уровня воды в период ледостава или зимнее понижение, а также отражающие ритм колебаний уровня воды самая высокая отметка за период 01.06.–15.07. и самая низкая отметка за период 01.08.–31.08.

Пять показателей отражают влияние уровня воды непосредственно на гидроэкологию. В зоне, испытывающей давление льда, и зоне, подвергающейся негативному влиянию наибольшего перепада в уровнях воды, ухудшаются условия выживания чувствительных к замерзанию и высыханию видов фитобентоса и зообентоса. Осоковые хорошо себя чувствуют в прибрежной зоне, где уровень воды временами достигает максимально высоких отметок.

Высокий уровень воды вызывает размыв и эрозию берегов. Показатель эрозии указывает на количество дней в году, когда уровень воды превышал отметку $N_{проект}$ + 119,35 м.

Оптимальный уровень воды для рекреационного использования озера Инари $N_{проект}$ + 119,0–119,30 м. Показатель указывает на процент дней за рекреационный период (с 21 июня по 31 октября) с таким уровнем воды. Уровень $N_{проект}$ + 118,90 м – это нижняя граница с практической и эстетической точек зрения. Другой показатель рекреационного использования говорит о том, как часто уровень воды был ниже данной отметки за рекреационный период.

Таблица 3. Рассматриваемые показатели.

Параметры	№	Название показателя
Общего характера	1	Величина зимнего понижения (в период от становления до схода льда) (м)
	2	Максимальный уровень воды 01.06.–15.07. (м) и минимальный уровень 01.08.–31.08. (м)
Гидроэкология	3	Часть продуктивной зоны, испытывающая давление льда (%)
	4	Нижняя граница замерзающей зоны (м)
	5	Часть продуктивной зоны, испытывающая негативное воздействие (Wmax–Wmin) (%)
	6	Уровень, превышаемый 10 % отметок за вегетационный период 01.06.–30.09.
	7	Уровень, превышаемый 75 % отметок за вегетационный период 01.06.–30.09.
Эрозия	8	Число дней в году, когда уровень воды превышает 119,35 м (сутки)
Рекреационное использование	9	Дни с удобным для использования озера уровнем воды (119,00–119,30 м) в период 21.06.–31.10. (%)
	10	Число дней с уровнем воды 118,90 м за период 21.6.–31.10. (сутки)

Результаты

Величина зимнего понижения с момента образования ледяного покрова до его таяния (м)

В средней величине зимнего понижения в 2000-ые годы не произошло значительных изменений по сравнению с референтным периодом (1960–1999). Хотя величина зимнего понижения в среднем не изменилась, диапазон его колебания несколько сузился (рис. 13).

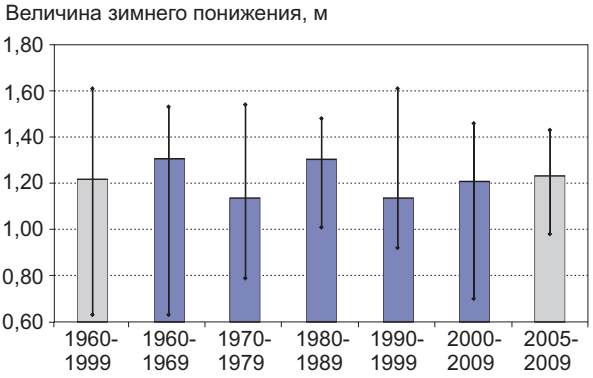


Рис. 13. Величина зимнего понижения в разные рассматриваемые периоды. Высота столбца – среднее значение показателя, а отрезок – диапазон его изменения за рассматриваемый период. Референтный период 40 лет и период последних пяти лет – столбцы серого цвета.

Максимальная отметка за период 01.06.–15.07. и минимальная отметка за период 01.08.–31.08. (м)

Среднее значение максимальных отметок за период 01.06.–15.07. в 2000-ые годы практически не отличается от среднего за 1960–1999 гг. Также среднее значение минимальных отметок за период 01.08.–31.08. в 2000-ые годы не отличается от соответствующего показателя за 1960–1999 гг. Самая низкая отметка августа в 2000-ые годы была в среднем на 10 см ниже, чем самая высокая в июне.

На рисунке 14 представлены максимальные уровни периода 01.06.–15.07. и минимальные периода 01.08.–31.08. по отдельным десятилетиям. По рассматриваемому периоду представлено среднее значение, а также минимальная и максимальная отметка. В 2001 и 2002 году в августе минимальный уровень воды был выше, чем во время пика весеннего паводка. В другие годы 2000-х годов самый низкий уровень воды в августе был ниже самого высокого в июне (рис. 15).

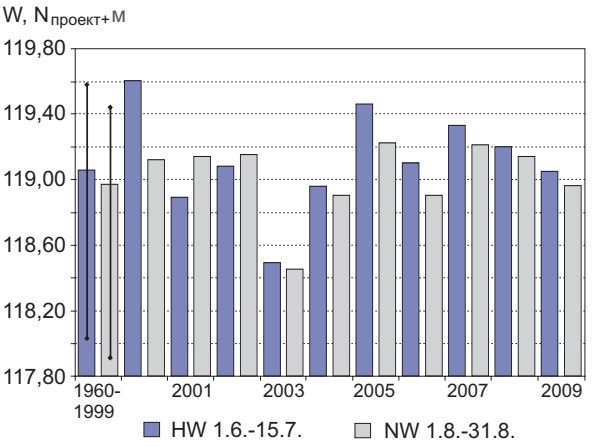


Рис. 14. Максимальная отметка с 01.06. по15.07. и минимальная отметка с 01.08. по 31.08. в референтный период 40 лет и ежегодные значения 2000–2009 гг. Высота столбца – среднее значение показателя, а отрезок – диапазон его изменения за рассматриваемый период.

Часть продуктивной зоны, испытывающая влияние давления льда (%)

Часть продуктивной зоны, испытывающая влияние давления льда, несколько уменьшилась по сравнению с периодом 1960–1999 (рис.16). В среднем эта часть уменьшилась на три процента (с 52 % до 49 %). В 2000-ые годы наибольшая зона под давлением льда составляла 55 %, тогда как в другие десятилетия она составляла, по меньшей мере, 60 %. В отношении глубины продуктивной зоны озера Инари среднее изменение (три процента) соответствует 11 см, а пять процентов - соответственно 18 см изменения в вертикальном направлении зоны.

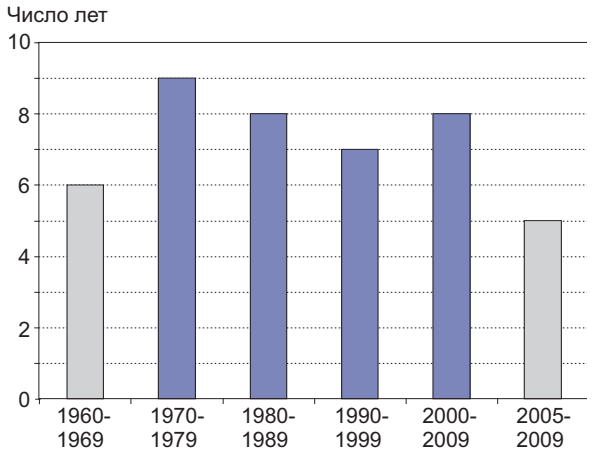


Рис. 15. Число лет, когда максимальная отметка HW за период 01.06.–30.06. была выше, чем минимальная отметка NW за период 01.0.–31.08. Референтный период 40 лет и период последних пяти лет – столбцы серого цвета.

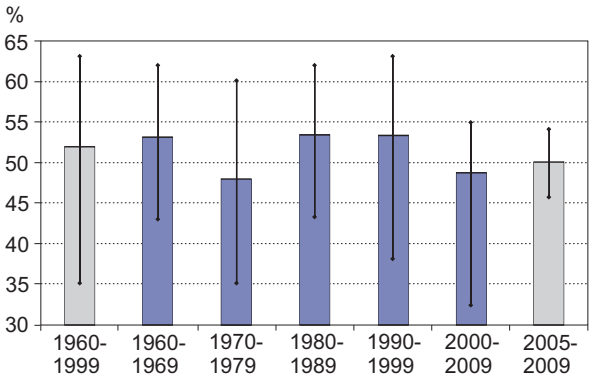


Рис. 16. Часть площади продуктивной зоны, испытывающая давление льда в разные рассматриваемые периоды. Высота столбца – среднее значение показателя, а отрезок – диапазон его изменения за рассматриваемый период. Референтный период 40 лет и период последних пяти лет – столбцы серого цвета.

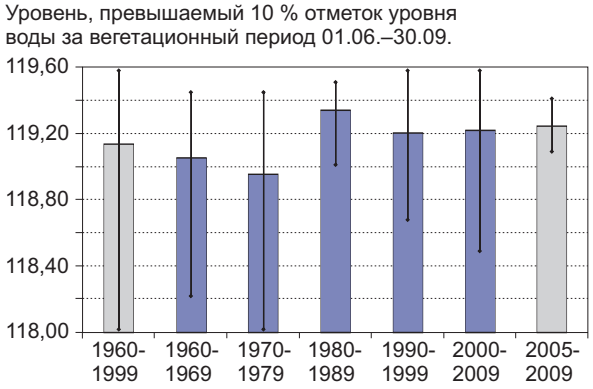


Рис. 17. Уровень, превышаемый 10 % отметок уровня воды. Высота столбца – среднее значение показателя, а отрезок – диапазон его изменения за рассматриваемый период. Референтный период 40 лет и период последних пяти лет – столбцы серого цвета.

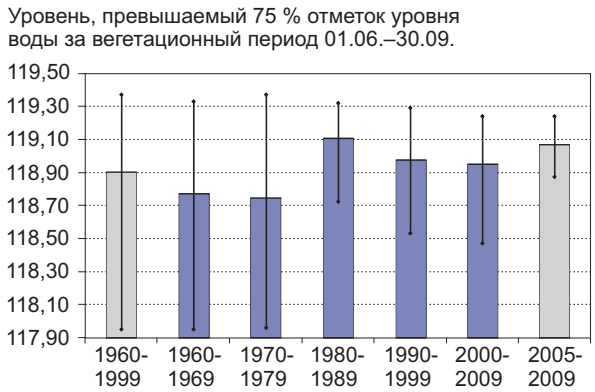


Рис. 18. Уровень, превышаемый 75 % отметок уровня воды. Высота столбца – среднее значение показателя, а отрезок – диапазон его изменения за рассматриваемый период. Референтный период 40 лет и период последних пяти лет – столбцы серого цвета.

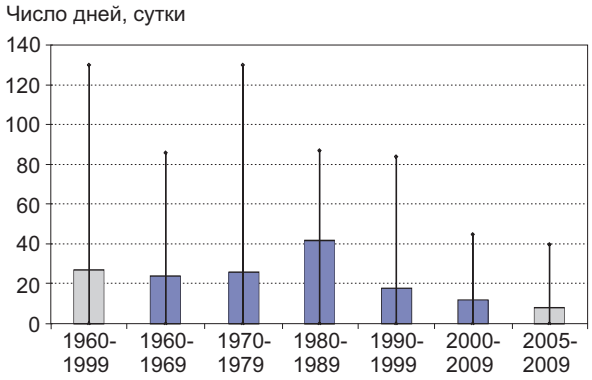


Рис. 19. Число дней в году, когда уровень воды превышал отметку $N_{проект}$ + 119,35 м. Высота столбца – среднее значение показателя, а отрезок – диапазон его изменения за рассматриваемый период. Референтный период 40 лет и период последних пяти лет – столбцы серого цвета.

Пояс осоки в вегетационный период (01.06.–30.09.) (м)

Расчетная верхняя граница пояса осоки достигает уровня 10 % самых высоких отметок. По результатам наблюдений этот уровень, начиная с 1980-х годов, был в среднем, по меньшей мере, на 6 см выше, чем средний уровень периода 1960–1999 гг. (рис. 17). В 2000-ые годы он был в среднем на 8 см выше, чем в период 1960–1999 гг.

Расчетная нижняя граница пояса осоки достигает уровня 75 % отметок. По результатам наблюдений этот уровень, начиная с 1980-х годов, был в среднем на 4 см выше, чем средний уровень периода 1960–1999 гг. (рис. 18). Из года в год амплитуда колебаний этого уровня уменьшалась по сравнению с рассматриваемым периодом, а в 2005–2009 гг. диапазон изменений составлял только 36 см.

Число дней в году, когда уровень воды превышает отметку Nпроект + 119,35 м (сутки)

Уровень воды превышал отметку $N_{проект}$ + 119,35 м в 2000-ые годы заметно реже, чем в предыдущие десятилетия 2000-ые (рис. 19).

Процент дней (%), когда уровень воды для рекреационного использования озера находится в благоприятном диапазоне $N_{проект}$ + 119,0–119,3 м в период 21.6.–31.10.

Благоприятный для рекреационного использования озера уровень воды с 21.06. по 31.10. наблюдался чаще в 2000-ые годы (рис. 20). Исключение в 2000-ые годы представляет 2003 год, когда было очень сухое лето. Несмотря на это, среднее значение 56 % в 2000–2009 гг. больше других десятилетних периодов.

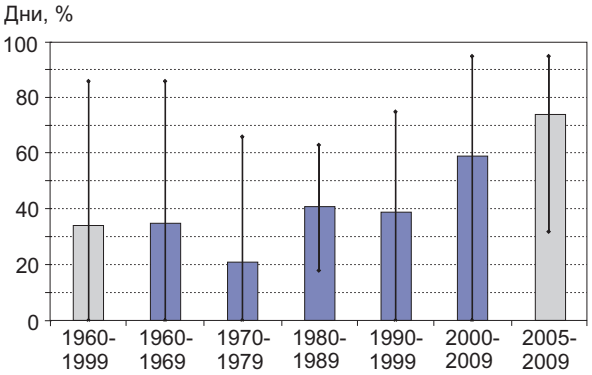


Рис. 20. Дни за период 21.06.–31.10. с благоприятным для рекреационного использования озера уровнем воды. Высота столбца – среднее значение показателя, а отрезок – диапазон его изменения за рассматриваемый период. Референтный период 40 лет и период последних пяти лет – столбцы серого цвета.

Число дней, когда уровень воды ниже отметки $N_{проект}$ + 118,90 м в период 21.06.–31.10. (сутки)

По количеству дней, когда уровень воды был ниже $N_{проект}$ + 118,90 м, не наблюдается чёткого тренда. Число таких дней значительно изменялось на всех временных отрезках (рис. 21). В 2000-ые годы было шесть лет, когда уровень воды опускался ниже этой отметки. В эти годы таких понижений в среднем было 40 в год. Наибольшее количество дней с уровнем воды ниже $N_{проект}$ + 118,90 м наблюдалось в 2003 году, когда каждый день на протяжении всего рекреационного периода была такая низкая вода.

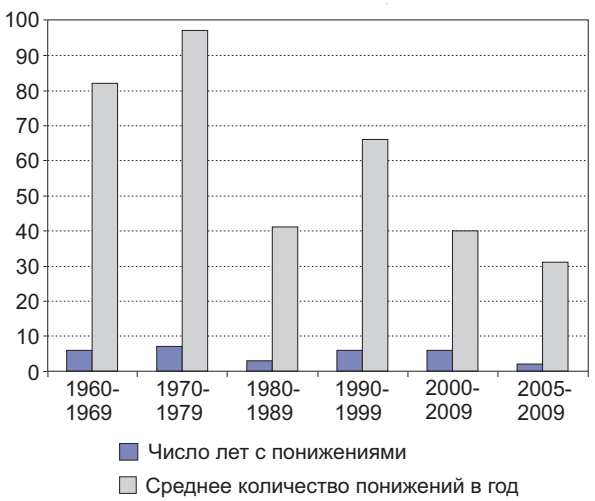


Рис. 21. Число дней с уровнем воды ниже отметки $N_{проект}$ + 118,90 м и среднее количество таких понижений за каждый год, когда они происходили.

Влияние гидрологических условий на уровень воды летнего периода

Кроме регулирования на изменения уровня воды озера влияют гидрологические условия в водном бассейне. На повышение уровня после зимнего понижения оказывают влияние, прежде всего, запасы воды в снеге и количество осадков во время снеготаяния. Летом факторами влияния являются осадки и испарение.

В 2000-ые годы самые высокие отметки в начале лета значительно изменялись по годам и зависели от суммы запасов воды в снеге и осадков начала лета. По сравнению с референтным периодом в 2000-ые годы самые высокие отметки уровня воды были несколько ниже, чем в предыдущие годы с такими же гидрологическими условиями. Можно предположить, что это связано, прежде всего, с режимом регулирования. Цель избежать слишком высоких уровней в начале лета была достигнута.

Следуя рекомендациям регулирования уровень воды в 2000-ые годы в период 01.08.–31.08. стремились поддерживать выше отметки $N_{проект}$ + 118,90 м. Уровень воды ниже этой границы опускался только в 2003 году. Эта цель, следовательно, также была успешно достигнута. Осадки в мае-августе летом в 2000-ые годы в течение шести лет были обильнее, чем среднее за десять лет, что частично объясняет положительное изменение. Цели понижения уровня воды в летний период в 2000-ые годы удалось достигнуть не в каждый год: два года были такими, когда уровень воды поднимался на протяжении всего лета. В 2000-ые годы был ряд лет с многоводным летом, что усложнило достижение цели понижающегося тренда уровня воды.

Характер изменений уровня воды озера Инари в сравнении с другими озёрами

По площади озеро Инари на втором месте из всех зарегулированных озёр Финляндии. По двум показателям озеро Инари сравнивалось с девятью другими озёрами, по площади самыми крупными в Финляндии, и с десятью самыми большими незарегулированными озёрами. Средние значения других озёр рассчитаны по уровням воды за период 1980–2008 гг. Рассматриваемые показатели – это величина зимнего понижения (м) от даты образования ледяного покрова до его таяния, а также высота весеннего паводка (м) по сравнению со средним уровнем периода открытой воды.

Среднее значение зимнего понижения воды озера Инари по величине на третьем месте среди других озёр (рис. 22). Самое сильное понижение происходит в озёрах Кемиярви и Оулуярви. Из незарегулированных озёр наибольшее понижение наблюдается в озере Пиелинен.

Величина весеннего паводка оценивалась в сравнении с медианой периода открытой воды (рис. 23). В уровне воды озера Инари не каждый год был заметен чёткий пик весеннего паводка, уровень воды не изменялся или повышался в летний период (см. рис. 14.). Величина весеннего паводка в сравнении с медианой периода открытой воды продолжительное время была негативной, или уровень воды в период открытой воды был выше пика весеннего паводка. То же самое наблюдалось в озёрах Оулуярви и Нясиярви.

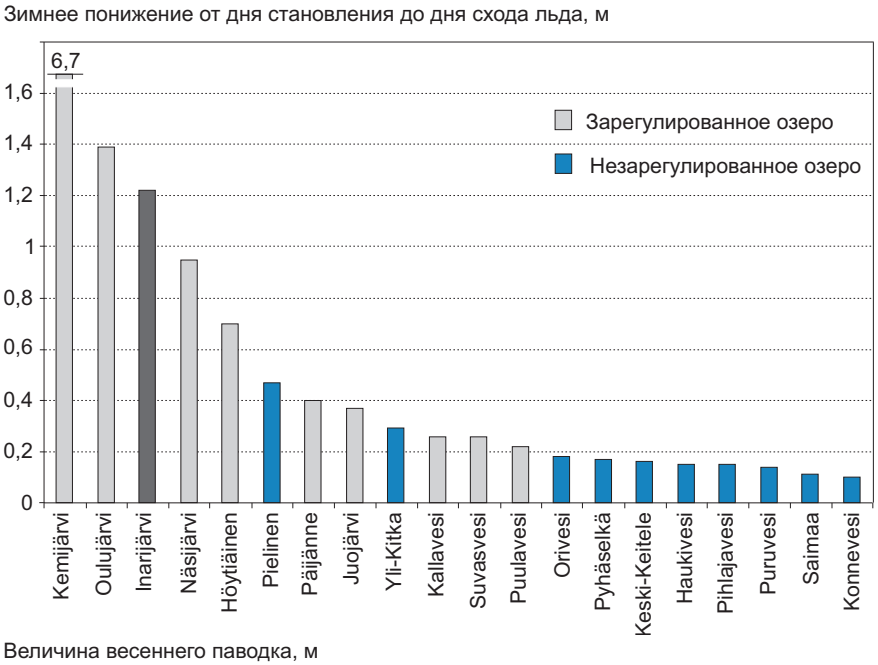


Рис. 22. Среднее значение зимнего понижения (м) в десяти самых крупных по площади зарегулированных и незарегулированных озёрах Финляндии. Озеро Инари обозначено чёрным цветом.

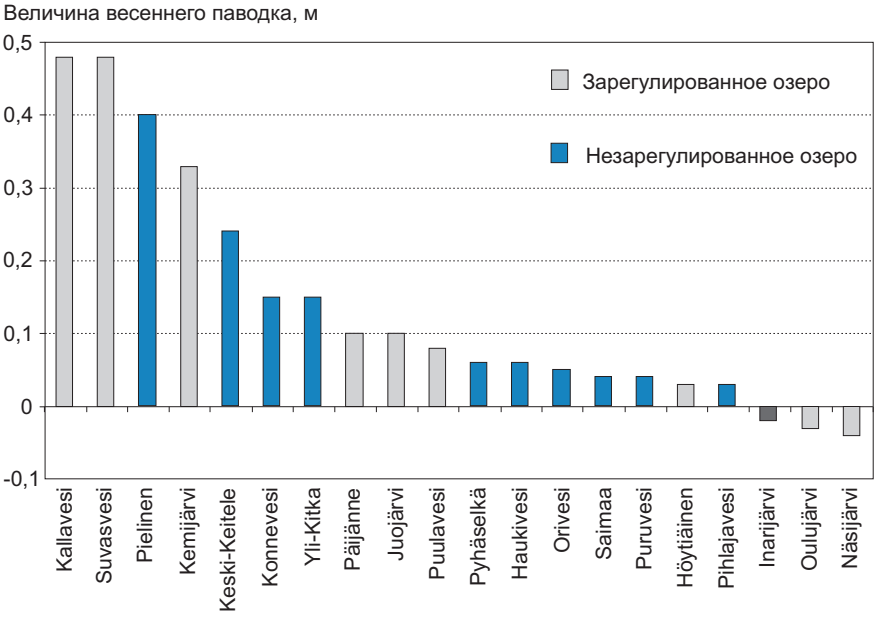


Рис. 23. Средняя величина весеннего паводка (м) по сравнению с медианой периода открытой воды в десяти самых крупных по площади зарегулированных и незарегулированных озёрах Финляндии. Озеро Инари обозначено чёрным цветом.

На основе вышеизложенного озеро Инари довольно сильно зарегулировано по сравнению с другими озёрами. Всё же влияние зимнего понижения уровня воды в прибрежной зоне зависит от продуктивной площади, которая в большей части озера Инари больше, чем в других озёрах. С другой стороны, из-за расположения водоёма на севере и его олиготрофности, возможно, негативное влияние регулирования на водную экосистему проявляется сильнее, чем в более южных продуктивных озёрах.

Обобщение

На основании анализа можно заключить, что в уровнях воды озера Инари в 2000-ые годы произошли только незначительные изменения по сравнению с 1960–1999 гг. Эти изменения были положительными для экологии и рекреационного использования. Обобщение качественных изменений показателей представлено в таблица 4.

Самое положительное изменение – это сохранение уровня воды летом на удобном для рекреационного использования уровне. С другой стороны уменьшение колебаний уровня воды за продолжительный период времени вызывают сужение пояса произрастания гелофитов. Таким образом, относительно стабильности уровня воды существует противоречие между рекреационными и экологическими целями.

Рекомендации исследовательского проекта Инари, касающиеся уровня воды, выполнялись не в полной мере. Случаи превышений отметки $N_{проект}$ + 119,35 м и понижений уровня ниже $N_{проект}$ + 118,90 м несколько уменьшились, но тренд изменения уровня летом после пика паводка в 2000-ые годы не был чётко понижающимся, в некоторые годы уровень продолжал повышаться до августа-сентября. Причины этого не только в режиме регулирования, но и в гидрологических условиях рассматриваемого периода. В 2000-ые годы влажное лето ряда лет усложнило достижение понижающегося тренда.

Таблица 4. Обобщение результатов анализа показателей. Изменение значений показателя в период 2000–2009 гг. в сравнении с референтным периодом 1960–1999 гг.

Параметры	№	Название показателя	Изменение в сравнении с референтным периодом	Оценка возможного влияния на экологию и использование водоёма
Общие параметры	1	Величина зимнего понижения (в период от становления до схода льда) (м)	Без изменений	Нет влияния
	2	Максимальный уровень воды 01.06.–15.07. (м) и минимальный уровень 01.08.–31.08. (м)	Без изменений	Нет влияния
Гидроэкология	3	Часть продуктивной зоны, испытывающая давление льда (%)	Немного уменьшилась	Небольшое положительное влияние
	4	Нижняя граница замерзающей зоны (м)	Немного уменьшилась	Небольшое положительное влияние
	5	Часть продуктивной зоны, испытывающая негативное воздействие (Wmax–Wmin) (%)	Немного уменьшилась	Небольшое положительное влияние
	6	Уровень, превышаемый 10 % отметок за вегетационный период 01.06.–30.09.	Без изменений	Нет влияния
	7	Уровень, превышаемый 75 % отметок за вегетационный период 01.06.–30.09.	Без изменений	Нет влияния
Эрозия	8	Число дней в году, когда уровень воды превышает 119,35 м (сутки)	Немного уменьшилось	Небольшое положительное влияние
Рекреационное использование	9	Дни с удобным для использования озера уровнем воды (119,00–119,30 м) в период 21.06.–31.10. (%)	Немного увеличились	Небольшое положительное влияние
	10	Число дней с уровнем воды 118,90 м за период 21.6.–31.10. (сутки)	Немного уменьшилось	Небольшое положительное влияние

Другие показатели, связанные с регулированием

Аннукка Пуро-Тахванайнен, Юха-Петри Кямяряйнен, Ристо Лампела

Эрозия берегов и их защита

Относящийся к вопросу компенсационной деятельности, связанной с регулированием, учёт защищённых береговых участков проводится на озере Инари и реке Ивалойоки с 1966 года. Укрепление берегов осуществлено на расстоянии 41 809 м до 2009 года. Это составляет 1,25 % береговой линии озера Инари (3 310 км) и около 38 % подверженной влиянию регулирования береговой линии реки Ивалойоки (78 км).

В 1966–1999 гг. укреплялось в среднем 870 м берега в год, а в 2000-ые годы - 1 520 м в год, за исключением 2007 и 2009 годов (рис. 24). На объём проведённых работ по защите берегов повлияли, прежде всего, возможности финансирования. Расходы обусловлены в первую очередь расположением объекта. По плану все намеченные работы по укреплению берегов должны быть выполнены до 2015 года при сохранении финансирования на настоящем уровне.

На рисунке 25 представлены замеренные в 1990–2005 гг. случаи эрозии берегов и выплаченные по ним компенсации. Обрушение берегов и выплата компенсаций по ним уменьшились в 2000-ые годы, что объясняется, прежде всего, проведённой ранее защитой наиболее чувствительных к эрозии береговых участков. Улучшение ситуации объясняется, очевидно, соблюдением в 2000-ые годы рекомендации избегать вызывающего эрозию превышения отметки $N_{проект}$ + 119,35 м.

В рассматриваемый период регулярные данные, необходимые для статистической обработки, отсутствуют, и поэтому невозможно проанализировать разброс результатов по компенсационным показателям. Изменения показателей в 2000-ые годы по сравнению с предыдущим периодом представлены в процентах (таблица 5).

По результатам анализа площади укреплённых берегов значительно увеличились в 2000-ые годы, тогда как случаи размыва берегов и количество выплаченных компенсаций уменьшились. Уменьшение эрозии берегов можно считать положительным с точки зрения экологических условий и рекреационного использования озера. Это стабилизирует прибрежную зону и улучшает возможности рекреационного использования озера. С другой стороны берег, который выглядит неестественно, можно воспринимать как нарушение идиллии «нетронутой природы».

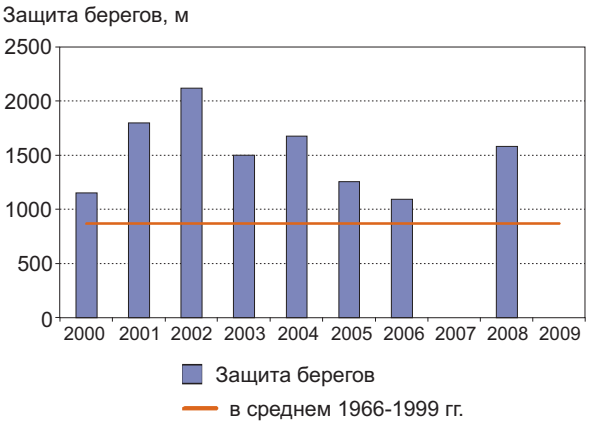


Рис. 24. Укрепление берегов озера Инари и реки Ивалойоки в среднем за период 1966–1999 гг. и в 2000-ые годы.

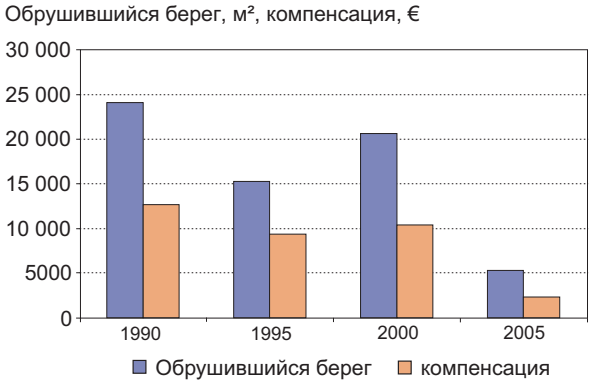


Рис. 25. В 1990–2005 гг. измеренная площадь оползания берегов (м²) и на основании этого выплаченная компенсация (€).

Таблица 5. Обобщение показателей, касающихся эрозии берегов и их защиты. Изменение значений показателя в период 2000–2009 гг. в сравнении с референтным периодом 1960–1999 гг.

№	Показатель	Изменение в сравнении с референтным периодом	Оценка возможного влияния на экологию и использование водоёма
1	Укрепление берега (м)	Увеличилось очень сильно	Объём обрушений: В некоторой степени положительное
			Ландшафт: Немного отрицательное
2	Обрушение берега (м²)	Уменьшилось значительно	В некоторой степени положительное
3	Компенсация (€)	Уменьшилось значительно	Нет влияния

5. Биогенная нагрузка и качество воды

Аннукка Пуро-Тахванайнен

Материал и методы

Использованы данные по точечной нагрузке из базы данных по контролю загрязнения (VAHTI), поддерживаемой Центром окружающей среды Финляндии. Тренды локального загрязнения отслеживаются с 1991 года, современная точечная нагрузки рассчитана как среднее за 2000–2009 гг.

Рассредоточенная нагрузка подсчитана с помощью системы VEPS, разработанной Центром окружающей среды Финляндии. Система оценивает отдельно нагрузку от сельского хозяйства, лесного хозяйства, естественного выщелачивания, атмосферных выпадений, рассредоточенного расселения в т. ч. на основе площадей земельных участков, занятых определёнными видами деятельности на изучаемой территории. Современная рассредоточенная нагрузка на всей территории бассейна река Паз рассчитана как среднее за 2000–2007 гг. Среднегодовая нагрузка биогенов на озеро Инари в 2000-ые годы рассчитана на основании вышеупомянутых точечной и рассредоточенной нагрузки, а также объёмов биогенов, привносимых впадающими в озеро Инари реками в 2000–2008 гг.

Оценка качества воды озера Инари проводилась на основании результатов многолетнего мониторинга на постах Йуутуанвуоно, Нуораселкя и Васиккаселкя. Использованы данные по качеству воды из информационной системы поверхностных вод (Pivet). Для оценки было выбрано шесть показателей качества воды, а также насыщение воды кислородом в придонном слое (%) и температура по наблюдательному посту Васиккаселкя (таблица 6). Рассматриваемый период - 1980–2009 гг.

Для статистической обработки материала по каждому году были рассчитаны среднемесячные значения каждого показателя. Тренды оценивались по каждому наблюдательному посту и по каждому показателю тестом Seasonal Kendall, который принимает во внимание влияние времени года на качество воды. Для окончательной оценки материал был упрощён до средних за год и за 10 лет значений по каждому наблюдательному посту и по каждому показателю.

Таблица 6. Наблюдательные посты и показатели качества воды, использованные в оценке изменений.

Наблюдательный пост	**Начало мониторинга**	**Глубина (м)**	**Отсутствующие данные наблюдений**
Йуутуанвуоно	1974	22	2006, 2007, 2009 (Цветность, КНС)
Нуораселкя	1979	30	2000–2003 (все), 2004,2005 (хлорофилл a)
Васиканселкя	1965	95	
Показатель	**Единица**	**Глубина**	**Примечания**
Прозрачность	m		
Цветность	mg Pt/l	1–5 м	
Общий фосфор	µg/l	1–5 м	
Общий азот	µg/l	1–5 м	
Хлорофилл a	µg/l	0–5 м	
КНС	mmol/l	1–5 м	
Степень насыщения кислородом	%	1 м выше дна	Васиканселкя
Температура	°C	1 м выше дна	Васиканселкя

Результаты

Биогенная нагрузка

Бóльшая часть расчётных объёмов соединений фосфора и азота в водоёмы бассейна реки Паз попадает путём естественного выщелачивания и в виде атмосферных выпадений. Только 8,5 % нагрузки общего фосфора и 4,5 % нагрузки общего азота носит антропогенный характер. Основными источниками антропогенного рассеянного загрязнения являются сельское и лесное хозяйство, рассредоточенное расселение.

Точечную нагрузку оказывают очистные сооружения и станции рыборазведения. Точечное фосфорное загрязнение заметно уменьшилось со средины 1990-ых годов из-за уменьшения рыборазведения, эффективного использования кормов, модернизации очистных сооружений и повышения эффективности очистки сточных вод (рис. 26). Тогда как азотное загрязнение из-за увеличения числа пользователей очистными сооружениями, роста туристического центра Сааристелкя (рис. 27). Азот активно не удаляется при очистке сточных вод на этих очистных сооружениях.

Значительная часть биогенных веществ поступает в озеро Инари с притоком воды рек Ивалойоки и Йуутуанйоки, в результате естественного выщелачивания и атмосферных выпадений. Точечная и рассредоточенная нагрузка антропогенного характера составляют только 5,1 % нагрузки общего фосфора и 3,8 % нагрузки общего азота.

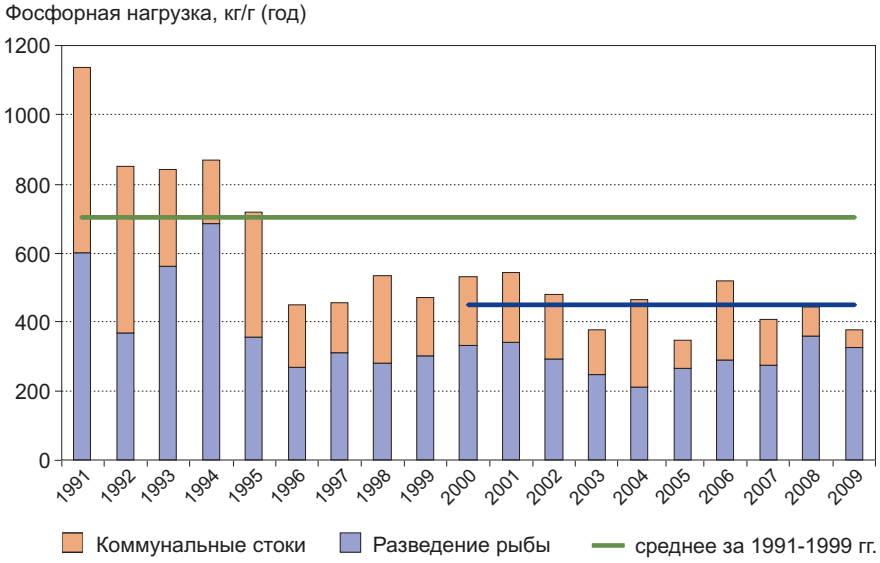


Рис. 26. Изменения точечной нагрузки общего фосфора в 1991–2009 гг.

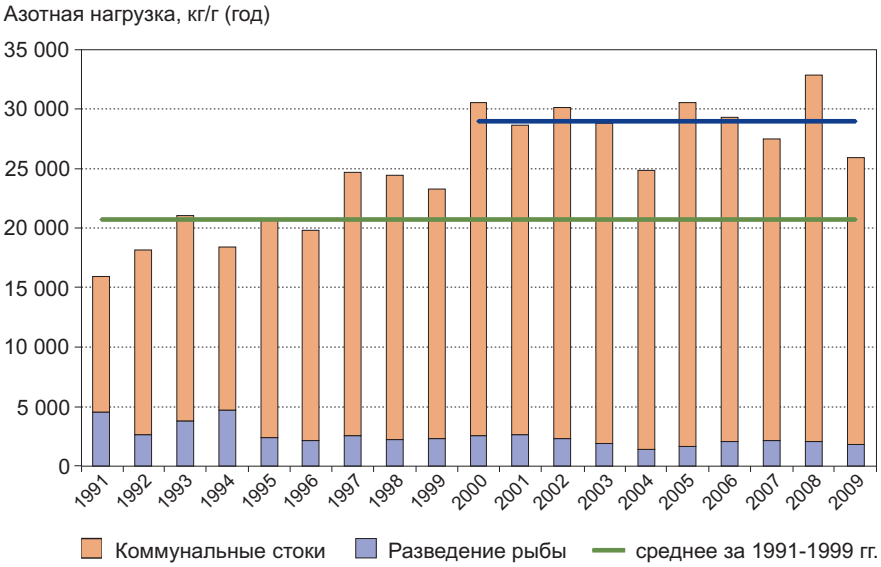


Рис. 27. Изменения точечной нагрузки общего азота в 1991–2009 гг.

Качество воды

В период открытой воды средние показатели прозрачности воды на постах Йуутуанвуоно - 4,5 м, Нуораселкя - 3,9 м, Васиккаселкя - 7,2 м за 1980–1999 гг. (рис. 28). По этому показателю не наблюдается статистически значимых изменений ни на одном из постов за весь рассматриваемый период (1980–2009 гг.).

Цветность воды на посту Нуораселкя в 2000-ые годы несколько выше, чем в период 1980–1999 гг. (рис. 29), ни на одном из постов не прослеживается статистически значимого тренда за весь рассматриваемый период.

В концентрациях общего фосфора (рис. 30), общего азота и хлорофилла а на посту Васиккаселкя наблюдается понижающийся тренд (Тест Seasonal Kendal, p <= 0,05), но на других наблюдательных постах изменений не заметно. В 2000-ые годы на постах Йуутуанвуоно и Нуораселкя средние значения по общему фосфору были несколько выше, чем средние значения за весь рассматриваемый период (рис. 31). Средние концентрации общего азота на посту Нуораселкя были несколько выше, а на посту Васиккаселкя несколько ниже в 2000-ые годы, чем за весь рассматриваемый период (рис. 32). Средняя концентрация хлорофилла а в 2000-ые годы меньше,чем за весь рассматриваемый период как на Нуораселкя, так и на Васиккаселкя (рис. 33).

Используемый для определения буферной способности водной системы показатель кислотонейтрализующей способности, КНС (ANC) показывает повышающийся тренд по всем трём наблюдательным постам, такое же изменение заметно и по 10-летним периодам (рис. 34). На наблюдательном посту Йуутуанвуоно видимое понижение КНС связано, очевидно, с редкостью наблюдений. После весны 2005 года все пробы отбирались летом, когда наблюдаются минимальные значения КНС.

Оценка изменений кислородного режима и температуры в придонном слое воды (на высоте 1 м) дана по наблюдениям в глубоководной впадине Васиккаселкя, которые проводились, начиная с 1975 года. Данные других наблюдательных постов оказались неприемлемыми для оценки. Кислородный режим, наблюдаемый ранней весной в придонном слое воды Васиккаселкя, ухудшился (рис. 35). Степень насыщения кислородом уменьшилась в среднем на 1,11 % в год (Тест Seasonal Kendall, p = 0,0004). Вместе с тем, температура в придонном слое повысилась на 0,04 °C в год (Тест Seasonal Kendal, p = 0,0003).

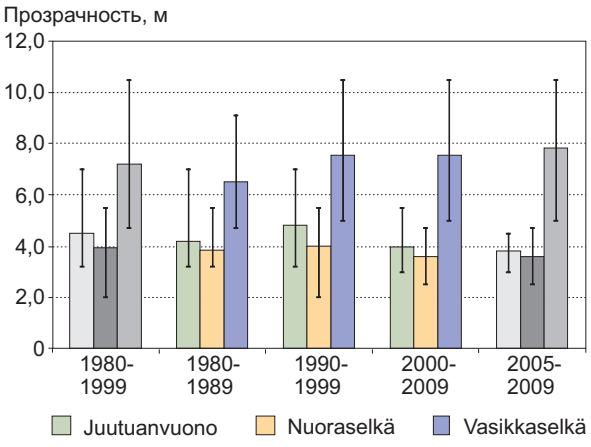


Рис. 28. Прозрачность (м) в период открытой воды на наблюдательных постах Йуутуанвуоно, Нуораселкя и Васиканселкя в разные периоды времени. Высота столбца – среднее значение показателя, а отрезок – диапазон его изменения за рассматриваемый период. Референтный период и период последних пяти лет – столбцы серого цвета.

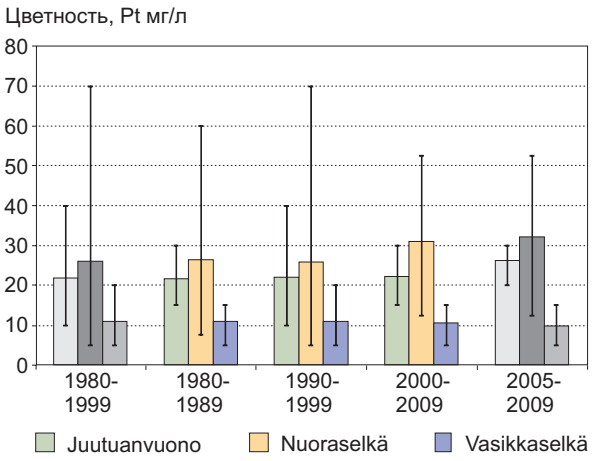


Рис. 29. Среднее значение цветности воды на наблюдательных постах Йуутуанвуоно, Нуораселкя и Васиканселкя в разные периоды времени. Высота столбца – среднее значение показателя, а отрезок – диапазон его изменения за рассматриваемый период. Референтный период и период последних пяти лет – столбцы серого цвета.

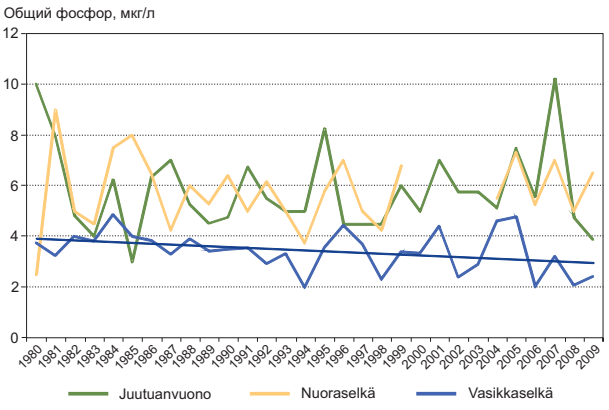


Рис. 30. Концентрация общего фосфора в поверхностном слое воды на наблюдательных постах Йуутуанвуоно, Нуораселкя и Васиканселкя в 1980–2009 гг. На посту Васиккаселкя концентрация уменьшилась в среднем на 0,04 мкг/л в год (Тест Seasonal Kendal, p = 0,05).

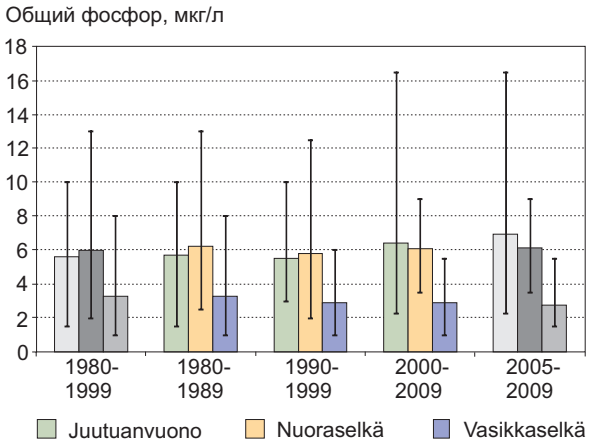


Рис. 31. Средняя концентрация общего фосфора на наблюдательных постах Йуутуанвуоно, Нуораселкя и Васиканселкя в разные периоды времени. Высота столбца – среднее значение показателя, а отрезок – диапазон его изменения за рассматриваемый период. Референтный период и период последних пяти лет – столбцы серого цвета.

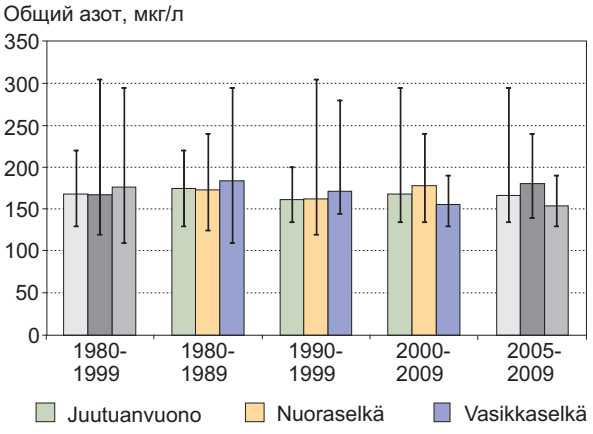


Рис. 32. Средняя концентрация общего азота на наблюдательных постах Йуутуанвуоно, Нуораселкя и Васиканселкя в разные периоды времени. Высота столбца – среднее значение показателя, а отрезок – диапазон его изменения за рассматриваемый период. Референтный период и период последних пяти лет – столбцы серого цвета.

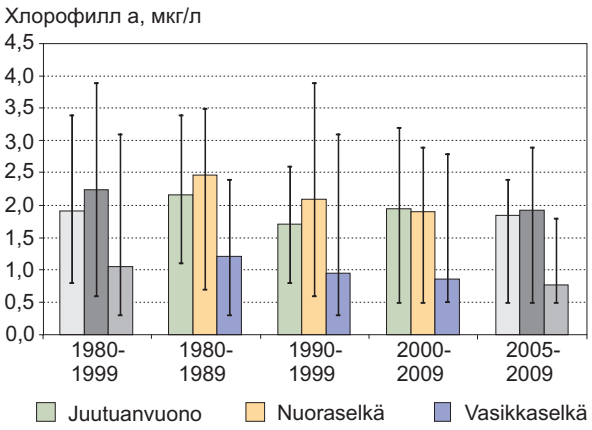


Рис. 33. Средняя концентрация хлорофилла а на наблюдательных постах Йуутуанвуоно, Нуораселкя и Васиканселкя в разные периоды времени. Высота столбца – среднее значение показателя, а отрезок – диапазон его изменения за рассматриваемый период. Референтный период и период последних пяти лет – столбцы серого цвета.

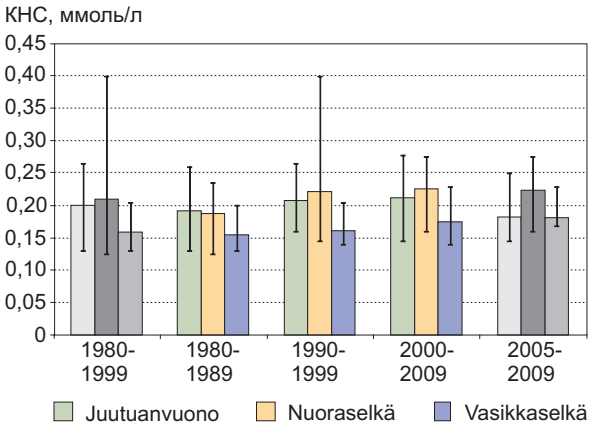


Рис. 34. Среднее значение показателя кислотонейтрализующей способности на наблюдательных постах Йуутуанвуоно, Нуораселкя и Васиканселкя в разные периоды времени.

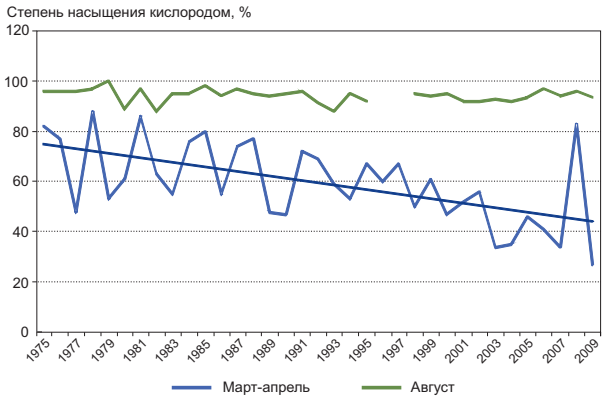


Рис. 35. Степень насыщения кислородом в глубинной впадине Васиккаселкя (на высоте 1 м ото дна) в марте-апреле и в августе в 1975–2009 гг.

Обобщение

Подавляющая часть общего биогенного загрязнения в озеро Инари поступает по впадающим в него рекам вследствие естественного выщелачивания, а также в виде атмосферных выпадений. Только около 5 % нагрузки общего фосфора и 3,8 % нагрузки общего азота носят антропогенный характер. Точечная фосфорная нагрузка заметно уменьшилась в 2000-ые годы, тогда как азотная нагрузка увеличилась. Увеличение азотной нагрузки связано с увеличением числа пользователей очистных сооружений, ростом туристического центра Саариселкя. Большие изменения в точечной нагрузке в 2000-ые годы практически не оказали влияния на состояние озера, так как доля точечной нагрузки в общей нагрузке предельно мала.

Самые заметные изменения в качестве озера Инари за 40 лет – это повышающийся тренд показателя кислотонейтрализующей способности и небольшое уменьшение концентраций хлорофилла a. К тому же существенным изменением является ухудшение кислородного режима в глубинной впадине Васиккаселкя ранней весной, что возможно связано с потеплением нижнего слоя воды зимой. Глубинная впадина Васиккаселкя небольшая по величине, поэтому ухудшение в ней кислородного режима весной не имеет большого значения с точки зрения состояния всего озера. В Васиккаселкя также общие концентрации биогенов уменьшились, что говорит о некотором увеличении олиготрофности.

В таблица 7 представлено обобщение трендов показателей загрязнения и качества воды, а также в 2000-ые годы наблюдаемых изменений.

Таблица 7. Обобщение показателей нагрузки и качества воды. На протяжении всего рассматриваемого периода наблюдаемый тренд (1980–2009 гг.) на основании теста Seasonal Kendall. Изменения 2000-ых годов по сравнению с референтным периодом (1980–1999 гг.). В таблице на основании трендов на трёх наблюдательных постах также представлено общее происходящее в озере изменение и его влияние на состояние и использование водоёма.

№	Показатель	Наблюдательный пост	Тренд всего периода	Изменение в 2000-ые годы	Изменение в 2000-ые годы во всём озере Инари в среднем	Оценка возможного влияния на состояние и использование водоёма
1	Точечная нагрузка общего фосфора (кг/г)		Понижающийся тренд	Уменьшилась очень сильно	Уменьшилась очень сильно	Небольшое положительное влияние
2	Точечная нагрузка общего азота (кг/г)		Повышающийся тренд	Увеличилась очень сильно	Увеличилась очень сильно	Небольшое отрицательное влияние
3	Прозрачность (м)	Йуутуанвуоно	Без изменений	Уменьшилась немного	Без изменений	Нет влияния
		Нуораселкя	Без изменений	Без изменений		
		Васиканселкя	Без изменений	Увеличилась немного		
4	Цветность (Pt мг/л)	Йуутуанвуоно	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Нет влияния
		Нуораселкя	Без изменений	Увеличилась в некоторой степени		
		Васиканселкя	Без изменений	Без изменений		
5	Общий фосфор(мкг/л)	Йуутуанвуоно	Без изменений	Увеличилась немного	Без изменений	Нет влияния
		Нуораселкя	Без изменений	Увеличилась немного		
		Васиканселкя	Понижающийся тренд	Уменьшилась в некоторой степени		
6	Общий азот(мкг/л)	Йуутуанвуоно	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Нет влияния
		Нуораселкя	Без изменений	Увеличилась немного		
		Васиканселкя	Понижающийся тренд	Уменьшилась очень сильно		
7	Хлорофилл a (мкг/л)	Йуутуанвуоно	Без изменений	Без изменений	Уменьшилась немного	Качество воды: небольшое положительное влияние; продуктивность рыбы: небольшое отрицательное влияние
		Нуораселкя	Без изменений	Уменьшилась в некоторой степени		
		Васиканселкя	Понижающийся тренд	Уменьшилась немного		
8	КНС (ммол/л)	Йуутуанвуоно	Повышающийся тренд	Увеличилась в некоторой степени	Увеличилась в некоторой степени	Положительное влияние в некоторой степени
		Нуораселкя	Повышающийся тренд	Увеличилась в некоторой степени		
		Васиканселкя	Повышающийся тренд	Увеличилась очень сильно		
9	Степень насыщения кислородом (%)	Васиканселкя			Уменьшилась очень сильно	Небольшое отрицательное влияние
		март-апрель	Понижающийся тренд	Уменьшилась очень сильно		
		август	Без изменений	Уменьшилась немного		
10	Температура (°C)	Васиканселкя				Небольшое отрицательное влияние
		март-апрель	Повышающийся тренд	Увеличилась в некоторой степени	Увеличилась в некоторой степени	
		август	Без изменений	Без изменений		

6. Водная растительность

Юха Риихимяки и Минна Куоппала

Материалы и методы

Растительность изучалась в 1998 и в 2003 гг. на пяти наблюдательных площадках по восьми маршрутам и в 2008 году по 25 маршрутам основной зоны (Kuoppala et al., 2008). Более подробное описание методик и изучаемых объектов представлено в предыдущих отчётах: Puro et al., 1999, Ahola et al., 2004, Riihimäki and Kuoppala 2009. Кроме того, сравнение озера Инари с другими озёрами выполнено с использованием материалов проекта CENOREG (Keto et al., 2008). Во внимание принимались только данные наблюдений по восьми первоначальным пробным площадкам (рис. 36). Выбранные шесть параметров перечислены в таблица 8.

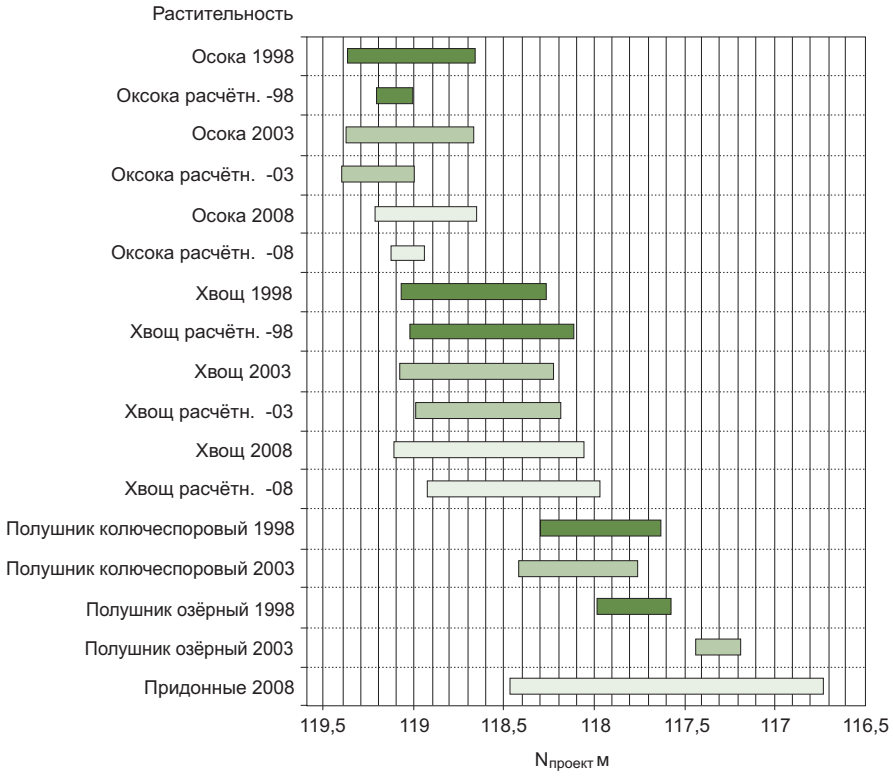


Рис. 36. Средние значения пределов распространения растительных зон в годы наблюдений: 1998, 2003 и 2008.

Таблица 8. Показатели и годы наблюдений

№	Название показателя	Годы наблюдений
1	Глубина распространения зоны осоки (м)	1998, 2003, 2008
2	Глубина распространения зоны хвоща (м)	1998, 2003, 2008
3	Глубина распространения придонных гидрофитов (м)	1998, 2003, 2008
4	Чувствительные к изменению виды	1998, 2008
5	Крупные придонные гидрофиты	1998, 2008
6	Стратегический анализ	1998, 2008

Осоковые, глубина распространения зоны хвощей и придонных гидрофитов

Глубина распространения используемых в качестве индикаторов видов и групп растений определялась на основании материала, собранного с маршрутов наблюдения. В каждый год определялись верхний и нижний пределы распространения, далее подсчитывались их средние значения. Для зон растительности определялись также расчётные верхняя и нижняя границы в зависимости от уровня воды.

Для оценки плотности произрастания замерялась ширина зоны осоки на каждой пробной площадке через каждые пять метров на расстоянии 50 метров, а также предельная глубина распространения зоны осоки.

Чувствительные к изменениям виды и крупные придонные гидрофиты

Чувствительными к регулированию водоёма видами являются: ситняг болотный (*Eleocharis palustris*), хвощ речной (*Equisetum fluviatile*), полушник озерный (*Isoëtes lacustris*), лобелия Дортманна (*Lobelia dortmanna*), кубышка желтая (*Nuphar lutea*) и тросник (*Phragmites australis*) (Hellsten, 2002). Особо чувствительны к замерзанию крупные придонные виды: полушник озерный, полушник колючеспоровый (*Isoëtes echinospora*) и лобелия Дортманна.

Численность вышеупомянутых макрофитов в озере Инари в 1998 и 2008 гг. сравнивалась с материалами проекта CENOREG по другим зарегулированным и естественным озёрам.

Для сравнения пользовались растительными индексами, рассчитанными по встречаемости и численности видов растений этих групп в озёрах (Ilmavirta and Toivonen 1986).

Стратегический анализ

Стратегический анализ – это метод, где первичные типы стратегий (S – стресс-толерант, R - рудерал и C конкурентная стратегия) описывают стратегические индексы на основе видового состава и численности видов изучаемого объекта (см. Murphy et al., 1990, Alasaarela et al., 1993, Hellsten et al., 1997).

Стратегический анализ растительности озера Инари проведён на основании предложенных Аласаарела (Alasaarelan et al., 1993) стратегических черт видов растений. При подсчёте стратегических индексов наблюдаемых участков сравнивались данные 1998 и 2008 годов. Несмотря на разные методы, применяемые в эти годы, сравнение возможно благодаря использованию индекса растительности.

Результаты

Глубина распространения растительных зон

Глубина распространения растительных зон в 2008 г. сравнивалась с наблюдаемыми ранее глубинами. В 2008 г. придонные гидрофиты оценивались одной группой без разделения на виды. На основании маршрутных наблюдений нижняя граница осоки довольно стабильно закрепилась на уровне около $N_{проект}$ + 118,66 м (рис. 36), верхняя же граница переместилась глубже.

Во все годы исследований рассчитанная зона осоки была заметно уже, чем наблюдаемая фактически. Нижняя граница хвоща в 2008 году была на более глубоком уровне. Зона полушников также распространилась глубже по результатам наблюдений 2008 года.

Плотность произрастания

По результатам этих наблюдений, в среднем, нижняя граница зоны осоки переместилась несколько ниже за период с 1998 по 2008 год. Изменение замечено при статистической обработке значений замеров. Среднее всех замеров показывает, что нижняя граница зоны осоки переместилась с уровня $N_{проект}$ + 118,65 м на уровень $N_{проект}$ + 118,61 м (одновыборочный t-тест, $p = 0,012$, $df = 135$). Наблюдалась разница между наблюдаемыми участками.

Чувствительные к изменениям виды и крупные придонные гидрофиты

Индекс растительности, основанный на численности чувствительных к изменениям видов, в 2008 году показывает хороший результат. Однако, по сравнению с другими несильно зарегулированными озёрами значения индекса озера Инари всё же довольно низкие.

Индекс растительности, рассчитанный по численности крупных придонных гидрофитов, выше, чем у других зарегулированных озёр. По этому показателю озеро Инари находится в отличном состоянии.

Стратегические индексы

В соотношении разных стратегических элементов между наблюдаемыми участками незаметно существенной разницы. Разница в стратегических элементах значительнее между маршрутами наблюдений, чем между годами.

Анализ результатов

По результатам наблюдений, нижняя граница зоны осоковых изменялась незначительно, а верхняя сместилась ниже, сужая зону. В регулировании стремились снизить уровень воды в летний период, чтобы площадь произрастания осоковых увеличилась. Но постепенно снижающегося уровня не всегда удавалось достигнуть. Проведённые с помощью зон наблюдений более точные измерения нижней границы поросли осоковых показали, что нижняя граница сместилась по наблюдениям 2008 года на четыре сантиметра глубже по сравнению с 1998 годом. Определение масштабов зоны осоковых расчётным путём плохо отражает состояние озера Инари.

По данным маршрутов наблюдения заметно распространение зоны хвоща глубже, что может быть связано с изменениями, произошедшими в колебаниях уровня воды. Расчётная зона хвощей совпадает довольно точно с результатами фактических наблюдений.

Наиболее заметны изменения в зоне придонных гидрофитов. Особенно сложно найти причины перемещения глубже полушника озерного. Разница в результатах может объяснятся тем, что в 2008 году применялась подводная видеокамера, с помощью которой идущий в глубину конец маршрута наблюдался более точно.

Различия в численности чувствительных видов в 1998 году и в 2008 году довольно небольшие. По численности крупных придонных гидрофитов озеро Инари находится в отличном состоянии.

Стратегический анализ маршрутов наблюдений показал, что режим регулирования, осуществлявшийся на протяжении десяти лет, не так сильно изменил условия в местах маршрутов наблюдений, чтобы можно было заметить явные изменения в соотношении стратегических элементов.

Предполагается, что произошедшие в показателях изменения (таблица 9) – это результат изменений в колебаниях уровня воды и, следовательно, в режиме регулирования. Благоприятный для прибрежной растительности понижающийся в вегетационный период уровень воды наблюдался часто с 1998 по 2008 год. Режим регулирования изменился в благоприятную для прибрежной растительности сторону и способствовал расширению растительных зон вглубь. Это явление наблюдается как у наблюдаемой растительности в целом, так и у отдельных видов.

Таблица 9. Обобщение изменений в показателях 2008 года по сравнению с 1998 годом.

№o	Название показателя	Изменение по сравнению в референтным годом	Предполагаемое возможное влияние на состояние водоёма и его использование
1	Глубина распространения зоны осоки (м)	Зона несколько сузилась	Небольшое отрицательное влияние на прибрежную биоту
2	Глубина распространения зоны хвоща (м)	Зона несколько расширилась	Небольшое положительное влияние на прибрежную биоту
3	Глубина распространения зоны придонных гидрофитов (м)	Зона несколько расширилась	Небольшое положительное влияние на прибрежную биоту
4	Численность чувствительных к изменению видов	Несколько увеличилась	Небольшое положительное влияние на прибрежную биоту
5	Численность крупных придонных гидрофитов	Несколько увеличилась	Небольшое положительное влияние на прибрежную биоту
6	Соотношение, рассчитанное по стратегическому анализу	Без изменений	Нет влияния

7. Зообентос

Юкка Аровиита

Введение

Замерзание дна ранней весной вследствие понижения уровня воды оказывает отрицательное влияние на условия обитания живых существ. Замечено, что в районе Кайнуу, например, видовой состав зообентоса зарегулированных озёр отличается видового состава водоёмов в естественном состоянии (Aroviita & Hämäläinen 2008a). От регулирования больше всего страдают двухлетние насекомые в стадии личинки, такие как многие подёнки, виды жесткокрылых и вислокрылых (Aroviita & Hämäläinen 2008b). Обеднение донной фауны отражается на трофической сети, о чём свидетельствуют наблюдения за видами рыб, питающимися позвоночными литоральной зоны. В зарегулированных озёрах Кайнуу таких рыб меньше, чем в незарегулированных (Sutela & Vehanen 2008).

Мониторинг за зообентосом озера Инари проводился, начиная с 1960-ых годов. Тойвонен (Toivonen,1966) отмечал, что зообентос прибрежной зоны озера Инари более скудный, чем в расположенных поблизости природных озёрах Муддусярви и Нитсиярви.

В регулировании озера Инари стремились к тому, чтобы снизить высокие отметки уровня воды и после весеннего паводка соблюдать снижающийся тренд уровня воды. Такой режим позволяет уменьшать эрозию берегов и увеличивать зону произрастания гелофитов. Предполагается, что такие структурные изменения литоральной зоны могут улучшить условия обитания зоопланктона и зообентоса литоральной зоны, что со своей стороны увеличивает потенциал репродуктивности рыб.

В данной части отчёта представлено описание состояния зообентоса литоральной зоны озера Инари. Целью работы было оценить влияние регулирования и его изменений на состояние бентосных животных.

Материалы и методы

Материалы

Данный отчёт основан на существующих и уже опубликованных материалах о зообентосе прибрежной зоны озера Инари (таблица 10). Большая часть данных собрана во время проведения оценки воздействия изменений в регулировании в 1998, 2003 и 2008 годы. Тогда проводились наблюдения на десяти пробных

Таблица 10. Методы исследования зообентоса литорали озера Инари. В 1998, 2003 и 2008 годах использовались одинаковые пробные площадки, ранее они были другими.

Месяцы и годы	Ki[a]	2м[b]	Сито (мм)	Уровень определения	Числен-ность	Био-масса[g]	Литературный источник
VI–IX 1965, 1966	-	X	?	Группа	X	-	Toivonen (1966)
VI–IX 1972	-	X	0,6	Группа	X	MP	Toivonen (1972)
VII–VIII 1976	-	X[c]	0,4/0,6	Вид[e, f]	X	MP	Honkasalo & Hiisivuori (1977)
VI ja VIII 1977	-	X	0,4	Вид	X	MP	Palomäki (1981)
VIII 1993	-	X[d]	0,5	Группа	-	MP	Palomäki & Hellsten (1996)
VIII 1998	-	X	1,0	Группа	-	OKP	Puro at el. (1999)
IX 2003	X	X	0,5	Виде	X	OKP	Aroviita & Hämäläinen (2003)
IX 2008	X	X	0,5	Виде	X	OKP	Aroviita (2010)

a) Сачок, высокая часть литорали 0,4 м глубина (каменистое дно).
b) Экман, низкая часть литорали 2 м глубина (мягкое дно). В данных до 1998 г. есть и другие глубины отбора проб.
c) Обычно труба.
d) Также насос.
e) Обычно до уровня вида, за исключением малощетинковых червей, брюхоногих и мокрецов.
f) ручейники не определялись.
g) BM = биомасса; MP = сырой вес, OKP = органическое сухое вещество.

площадках и двух глубинах. Подробные описания использованных методов представлены в отчётах за те годы, когда проводились наблюдения (Lapin ympäristökeskus 1999, Puro et al., 1999, Aroviita & Hämäläinen 2004, Aroviita 2010). Данные сравнивались с результатами более ранних наблюдений зообентоса озера Инари и недалеко от него расположенных незарегулированных озёр (таблица 10), а также, в рамках сопоставимости, с более южными озёрами в естественном состоянии.

Показатели

Оценка состояния зообентоса проводилась по семи показателям, основанных на количестве видов или видовых групп, их обильности и структурном соотношении (таблица 11). Определялись численность и биомасса зообентоса.

Особое внимание уделялось показателям «состояния» зообентоса согласно рамочной водной директиве ЕС (ВРД). Для этого в оценке применялись данные референтных незарегулированных озёр Кайнуу и с помощью них ранее разработанные методы (Aroviita & Hämäläinen 2008a). Для сохранения сравнимости материала по озеру Инари были выбраны результаты трёх литоральных участков (P1, K4 и L4). Состояние зообентоса определялось с помощью пяти показателей (показатели 3–7; таблица 11), каждый из которых соответствовал какому-либо показателю классифицирования, представленному в Приложении 8.5 ВРД: таксономический состав, соотношение видов, важные таксономические группы, соотношение восприимчивых к изменению и невосприимчивых таксонов и многообразие; в таком порядке (Aroviita & Hämäläinen 2008a). Предполагаемое каждым показателем ВРД экологическое качественное соотношение (ЭКС) рассчитывалось как разница наблюдаемого и референтного значения (см. Aroviita & Hämäläinen 2008a). Величина измеренного отклонения от референтного значения соответствует степени ухудшения экологического состояния под влиянием антропогенного воздействия и изменяется в пределах 1–0 шкалы (ЭКС). Значения ЭКС гармонизировались постоянно повторяющимся шкалированием (см. Aroviita ja Hämäläinen 2008a), по ним рассчитывалась общая оценка состояния зообентоса как среднее значение для обеих глубинных зон (ЭКС ср.).

Результаты

Фауна каменистой прибрежной зоны

В 2003 г. в прибрежной зоне озера Инари было найдено всего 37 таксонов, а в 2008 г. 40 таксонов. Фауна каменистой прибрежной зоны состоит, в основном, из малощетинковых червей и личинок звонцов (рис. 37).

Численность донных животных каменистой прибрежной зоны озера Инари, особенно подянок и личинок ручейников, ниже, чем в незарегулированных озёрах Кайнуу.

Состояние зообентоса каменистой прибрежной зоны отнесено в 2008 году, в среднем, к классу «хорошее», а в 2003 году к классу ”удовлетворительное”. В 2008 г. состояние было наихудшим (отличалось наиболее существенно от референтных значений) по индексам, состава и соотношения обилия видов (TT и PMA), которые указывали на класс «удовлетворительное состояние». По другим показателям в 2008 г. зообентос относился к классу «хорошее состояние».

Таблица 11. Показатели, используемые для оценки состояния зообентоса озера Инари, а также годы, в которые их можно было использовать, обеспечивая сравнимость значений.

№	Показатель	Год
1	Численность (экз./м^2)[b]	1966, 1971, 1976, 1977, 2003, 2008
2	Органическое сухое вещество (мг/м^2)[b]	1998, 2003, 2008
3	Наличие типичных для референтных озёр таксонов (TT0,4)[d]	2003[a], 2008[a]
4	Относительное сходство с моделью (PMA, Percent Model Affinity)[e]	2003[a], 2008[a]
5	Наличие типичных для референтных озёр таксономических групп (TTR0,4)[f]	1966, 1971, 1976, 1977, 1998, 2003[a], 2008[a]
6	Соотношение восприимчивых и невосприимчивых к изменению таксонов (EPTM)[f]	2003[a], 2008[a]
7	Число таксонов (TaksL)	2003[a], 2008[a]
8	Ср. значение показателей 3.–7. (ЭКСср.)[c]	2003[a], 2008[a]

a) Каменистое 0,4 м и мягкое 2 м дно.
b) Только мягкое дно 2 м.
c) Ср. значение гармонизированных Экологических качественных соотношений показателей 3.–7. (Aroviita & Hämäläinen 2008a).
d) Aroviita & Hämäläinen (2008c),
e) Novak & Bode (1992),
f) (Hämäläinen et al. 2007), EPTM = соотношение числа подёнок, веснянок, ручейников и всех остальных таксонов EPT.

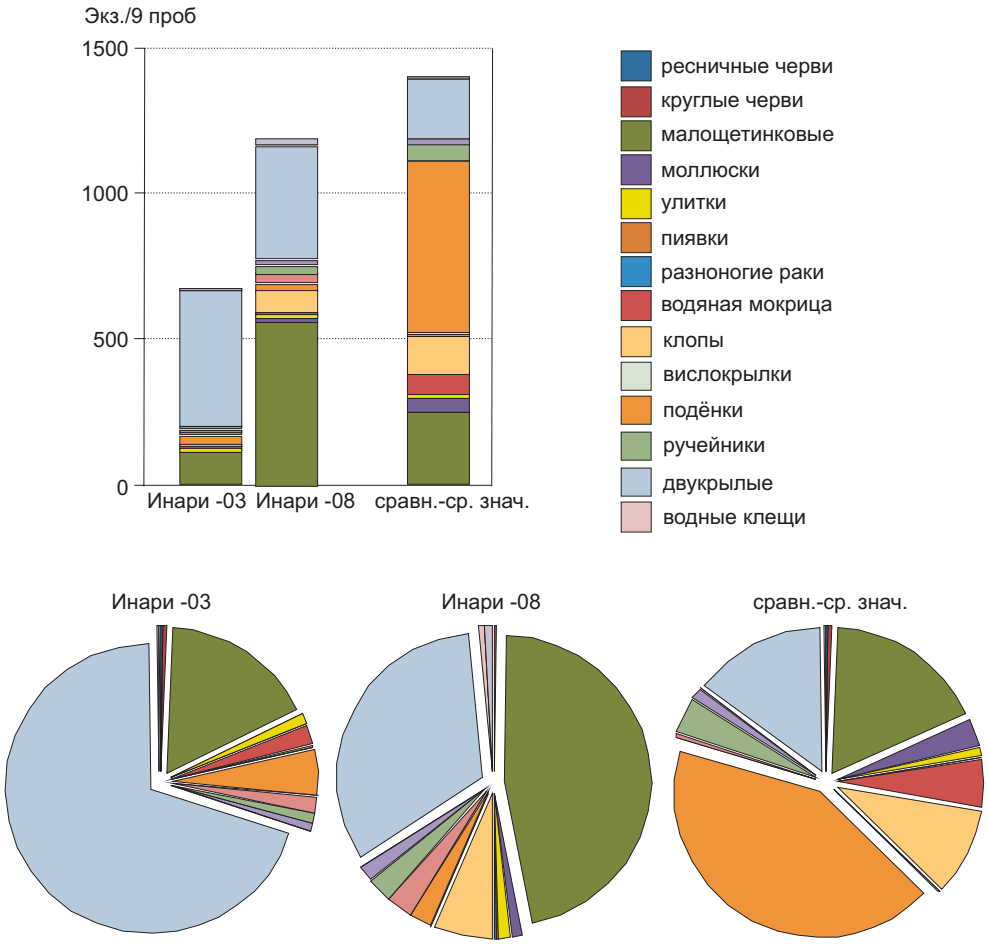


Рис. 37. Состав зообентоса каменистой литорали озера Инари (2 года наблюдений) и средний состав пяти референтных незарегулированных озёр района Кайнуу.

Фауна мягкого дна

Численность животных мягкого дна в литоральной зоне озера Инари изменялась существенно в разных исследованиях (рис 38). Разница в численности бентоса разных лет на самом деле не была такой большой, она объяснялась также применением разных методов в разное время. Старые места отбора проб не сохранились, что снижает сравнимость результатов. В общем и целом, всё же не наблюдается закономерных изменений в частоте встречаемости животных мягкого дна, а также в структуре их сообществ. По сравнению с незарегулированными озёрами Кайнуу численность личинок подёнок на глубоких участках литорали озера Инари заметно меньше (рис 38). Подёнок не было обнаружено также в озёрах Мудусярви и Нитсиярви, но только в 1976 году. На мягком дне самого глубокого прибрежного участка обнаружено 23 таксона в 2008 году и 28 таксонов в 2003 году. Общая биомасса зообентоса мягкого дна в 2008 году была меньше (169 мг AFDW/м^2, изменения от 20 до 473), чем в 1998 (498 мг/м^2, изменения от 88 до 1 575) и 2003 годах (448 мг AFDW/м^2, от 33 до 872), когда биомасса была очень большой. В среднем, состояние зообентоса мягкого дна в 2008 году было отнесено к классу «удовлетворительное» (ЭКС = 0,59). Состояние животных мягкого дна озера Инари несколько лучше по сравнению с 1977 годом (ЭКС = 0,56), но немного хуже по сравнению с 2003 годом (ЭКС = 0,68).

По показателям TT, PMA и EPTM состояние зообентоса мягкого дна также было удовлетворительным. В характерных для референтных озёр группах (TTR) отсутствовали подёнки и моллюски, но показатель всё же говорил об отличном состоянии. На основании численности таксонов состояние зообентоса хорошее.

В среднем, состояние зообентоса прибрежной зоны, принимая во внимание каменистую литораль и глубокие участки мягкого дна, соответствовало классу «хорошее».

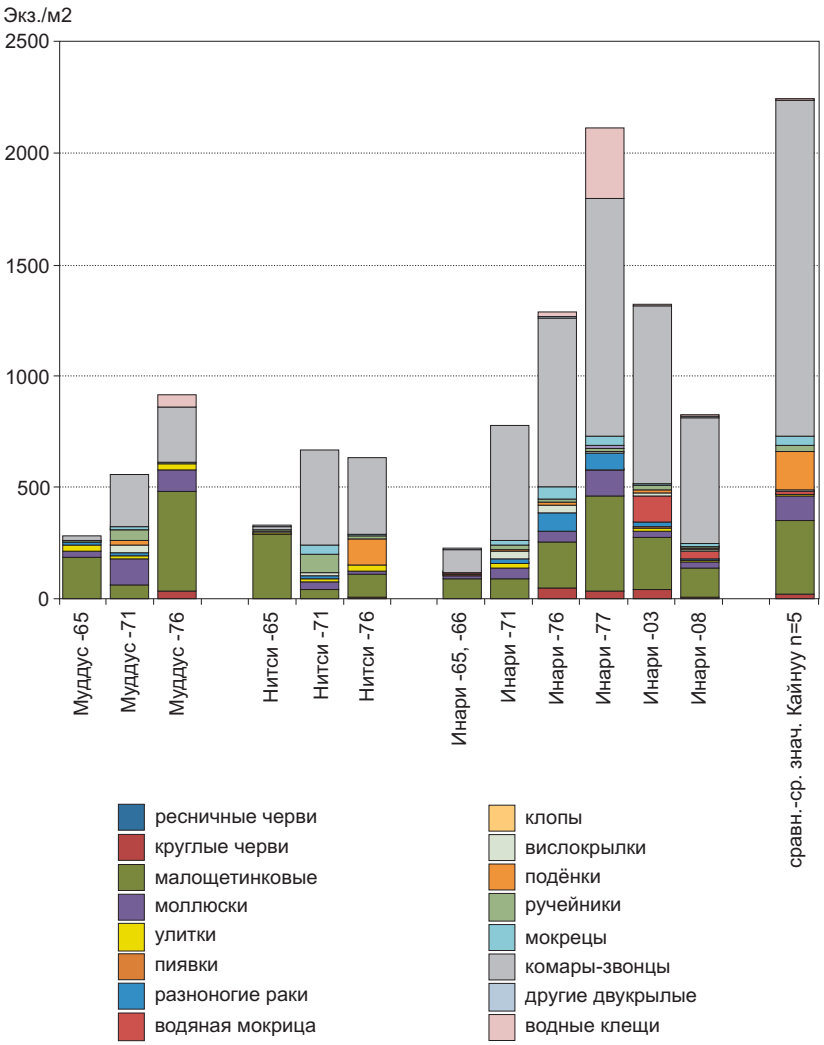


Рис. 38. Плотность экземпляров зообентоса по группам таксонов на участках мягкого дна на глубине ок. 2 метров озёр Инари, Мудусярви и Нитсиярви, а также пяти незарегулированных озёр района в разные годы наблюдений. Методы и места отбора проб неодинаковы в разные годы, значения плотности несравнимы между собой.

Зообентос как источник питания рыб

В качестве источников питания рыб значимыми группами зообентоса являются, прежде всего, двустворчатые, брюхоногие, креветки, ракообразные и ручейники (Tikkanen et al. 1989). Численность особей этих групп на глубине 2 м в озере Инари изменялась от 78 до 280 экз./м^2, что несколько меньше, чем в среднем (340 экз./м^2) в референтных озёрах Кайнуу, но на одном уровне с озёрами Мудусярви и Нитсиярви в 1970-ые годы. Из всех лет наблюдений плотность этих групп была наименьшей в 2008 году.

Анализ результатов и выводы

Результаты наблюдений в настоящее время и ранее указывают на то, что донная фауна литорали озера Инари в какой-то степени страдает от регулирования.

Экологическое качественное соотношение почти каждого применяемого показателя в обеих глубинных зонах отличалось в какой-то степени от варьирования в референтных озёрах. В среднем, состояние зообентоса прибрежной зоны соответствует нижней границе класса «хорошее» или несколько хуже, чем в предполагаемом естественном состоянии. Небольшое ухудшение в экологическом состоянии заметно по уменьшению обилия особей, количества таксонов и особенно видовому составу. Замеченные отклонения в видовом составе литорали озера Инари такие же, как и влияние регулирования на другие зарегулированные озёра.

Плотность особей групп зообентоса, важных для питания рыб, находится на одном уровне с большей частью незарегулированных озёр Кайнуу, но всё же у нижней границы диапазонаа колебания. В среднем, количество пищи для рыб в озере Инари сооветствует уровню в незарегулированных озёр Мудусярви и Нитсиярви в 1970-ые годы. Исключением является 2008 год, который был очень малопродуктивным. Результаты указывают на то, что регулирование уровня воды ухудшает по-прежнему в некоторой степени количество доступного для питания зообентоса.

Использованный референтный материал не обязательно представляет фауну подобного Инари большого северного озера. По биогеографическим причинам видовой состав озера Инари может быть беднее, чем более южных озёр, поэтому в будущем необходимо применять полностью сопоставимые между собой методы, в том числе и на северных референтных озёрах.

По имеющимся результатам мониторинга в состоянии зообентоса не прослеживается закономерных изменений ни в лучшую, ни в худшую сторону (таблица 12). Всё же состояние фауны прибрежной части озера Инари несколько улучшилось по сравнению с 1960–1970 годами. Увеличение численности двукрылых в 2003 году может быть следствием достижения «стабильности» условий в результате изменения режима регулирования и увеличения седиментации органического материала. Собранных за три года данных ещё не достаточно для достоверной оценки воздействия изменения режима регулирования, так как ряд изменений происходит медленно, к тому же на зообентосе отражаются естественные годичные колебания. В будущем очень важно заботиться о регулярности наблюдений для того, чтобы заметить изменения в экологическом состоянии зообентоса озёр. Особенно важны данные для сравнения изменений в северных условиях.

Таблица 12. Обобщение изменений, наблюдаемых по показателям состояния зообентоса. Предполагаемое изменение отражает ситуацию 2000-ых годов сравнении с референтным периодом (1965–1998 гг).

№	Название показателя	Изменение по сравнению с референтным периодом	Предполагаемое влияние на состояние водоёма и его использование
1	Численность на глубине 2 м (экз./м^2)	Несколько уменьшилась	Небольшое отрицательное влияние на кормовую базу рыб
2	Органическое сухое вещество на глубине 2 м (мг/м^2)	Несколько уменьшилось	Небольшое отрицательное влияние на кормовую базу рыб
3	Наличие типичных для референтных озёр таксонов (TT40)	Нет сопоставимого материала	Нет сопоставимого материала
4	Относительное сходство с моделью (PMA)	Нет сопоставимого материала	Нет сопоставимого материала
5	Наличие типичных для референтных озёр таксономических групп ($TTR_{0,4}$)	Нет изменений	Нет влияния
6	Соотношение восприимчивых и невосприимчивых к изменению таксонов (EPTM)	Нет сопоставимого материала	Нет сопоставимого материала
7	Число таксонов (TaksL)	Нет сопоставимого материала	Нет сопоставимого материала

8. Рыбные запасы и рыболовство

Эрно Салонен

Материалы и методы

Информация о выловах на озере Инари собирается, начиная с 1965 года (Toivonen 1966). Сравнимые между собой периоды по количеству рыбаков, вылавливаемой рыбы, масштабам рыбной ловли, а также наблюдаемым показателям берут начало 1970–1980 годов (таблица 13). После принятия решения о компенсационных обязательствах по озеру Инари (27.11.1975) основные сведения собираются и обобщаются Институтом исследования охотничьего и рыбного хозяйства (RKTL). С помощью интервьюирования рыбаков в шестидесятые годы и статистических сведений по торговле рыбой проведена оценка объёмов улова в то время, когда озеро было ещё в естественном, незарегулированном состоянии в 1935–1940 годы. В качестве референтного периода используется, в основном, отрезок времени до 1999 года, к тому же рассматриваются отдельно средние значения 2000-ых годов, а также последних пяти лет.

Результаты

Вылов рыбы и количество рыбаков

Исторический, существующий до строительства гидроэлектростанций, уровень общего вылова на озере Инари оценивается в 250 тонн в период 1935–1940 гг. (Toivonen 1966). Вследствие регулирования общий улов снизился в конце 1960-ых годов до 80 тонн. После решения о компенсационных обязательствах (в 1975 г.) ранее незначительная деятельность по разведению рыбы и зарыблению озера Инари была существенно расширена, и объёмы улова стали постепенно расти.

Чужеродный вид ряпушка стал оказывать влияние на статистику выловов со средины 1980-ых годов. Наибольший годовой вылов приходится на 1989 г., когда вылов ряпушки в объёме более 300 тонн повысил также уровень общего вылова до рекордных 560 тонн. В тот же год эффективный вылов сига большими мерёжами, а также хорошие выловы красной рыбы подняли уровень общего вылова (рис. 39). Хотя вылов ряпушки резко упал

Таблица 13. Наблюдаемые параметры и показатели, а также периоды проведения наблюдений.

Параметры	Показатели	Временные периоды
Вылов рыбы	Общий вылов рыбы (кг)	1935–2009
	Вылов хищных видов красной рыбы (кг)	1935–2009
Количество рыбаков	Число профессиональных рыбаков	1987–2009
	Число лиц, вылавливающих рыбу для семьи	1987–2009
	Число рыбаков-любителей (приезжие)	1987–2009
Зарыбление	Посадки сига (сеголетки, экз.)	1975–2009
	Посадки кумжи (2–4 года, экз.)	1976–2009
	Посадки аркт. гольца (2–3 года, экз.)	1978–2009
	Посадки аркт. гольца (1 год, экз.)	1996–2009
Удельный вылов	Удельный сетевой вылов сига (г / сеть-сутки)	1977–2009
	Удельный вылов кумжи (г / сеть-сутки)	1977–2009
	Удельный вылов аркт. гольца (г / сеть-сутки)	1977–2009
	Удельный вылов ряпушки (г / сеть-сутки)	1985–2009
Средний вес одной рыбы в вылове	Средний вес сига (большая мерёжа, г)	1986–2008
	Средний вес кумжи (все пробы, г)	1984–2008
	Средний вес аркт. гольца (все пробы, г)	1995–2008

в начале 1990-ых годов, среднее за десять лет значение снизилось совсем незначительно по сравнению со средним за 1980-ые годы.

Общий вылов природных красных хищных рыб озера Инари, кумжи и арктического гольца, оценивался в 47,5 тонн до регулирования (Toivonen 1966). Выловы хищных рыб резко снизились с началом регулирования до 7–8 тонн в 1960-ые годы.

Зарыбление озёрным лососем проводилось с 1971 года, а озёрным гольцом-кристивомером с 1972 года (Salonen & Mutenia 2007), а начиная с 1977–1979 годов, общий вылов красных хищных рыб содержит четыре вида рыб (рис. 40).

Влияние зарыбления стало заметно уже в конце 1970-ых годов по статистическим данным, но особенно в 1980-годы выловы хищных рыб сильно увеличились, прежде всего, из-за хорошего источника питая, ряпушки. После резкого снижения улова ряпушки в начале 1990-ых годов резко уменьшились также выловы хищных рыб до минимальных в начале 1990-ых годов.

Ситуация улучшилась в 2000-ые годы за счёт увеличения численности карликового сига и ряпушки. В это время хорошие результаты получены за счёт качественного зарыбления, что в комплексе с увеличившейся популяцией ряпушки привело к крупным выловам красных хищных рыб (рис. 40).

Общий вылов озера Инари в 2000-ые годы стабилизировался на уровне 170–180 тонн. Колебания между годами в 2000-ые годы были заметны меньше, чем раньше (рис. 39).

Для данного отчёта количество рыбаков можно было проанализировать только за довольно короткий, но сравнимый отрезок времени. В конце 1980-ых годов во время бума «эффективного рыболовства» отмечалось большое количество профессиональных рыбаков. Вследствие резкого уменьшения запасов ряпушки и снижения интереса к ловле сига большой мережей количество профессионально вылавливаемой рыбы уменьшилось в 1990-ые годы. 2000-ые годы по статистике улова относящихся к профессиональным рыбакам было около 15 человек.

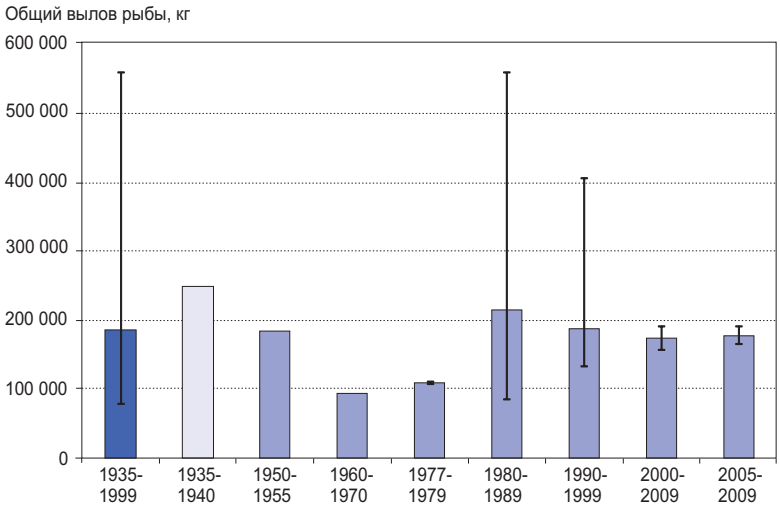


Рис. 39. Общие выловы на озере Инари в разные периоды наблюдений. Референтные периоды: период до 1999 года и период до начала регулирования 1935–1940 гг. Высота столбца - это среднее значение показателя, а отрезок – диапазон колебаний за рассматриваемый период.

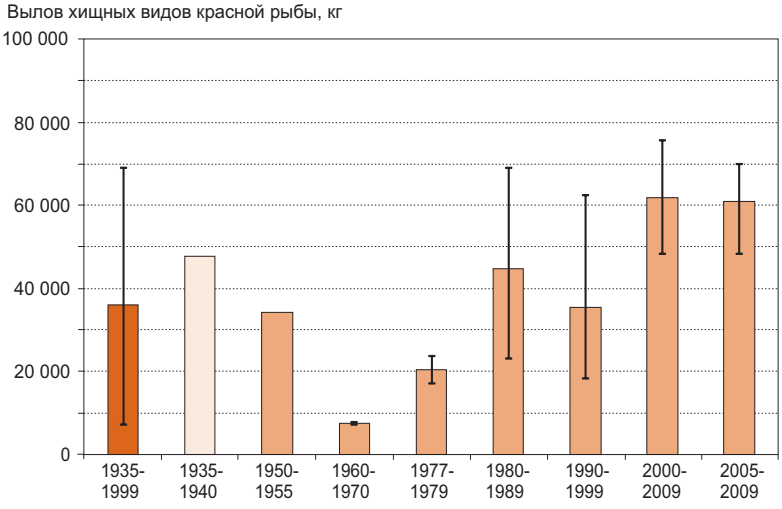


Рис. 40. Выловы хищных видов красной рыбы на озере Инари (кумжи, арктического гольца, озёрного лосося, озёрного гольца-кристивомера) в разные периоды наблюдений. Референтные периоды: период до 1999 года и период до начала регулирования 1935–1940 гг. Высота столбца - это среднее значение показателя, а отрезок – диапазон колебаний за рассматриваемый период.

Статистика местных рыбаков-любителей ведётся с 1987 года, когда лесная служба стала предоставлять бесплатные лицензии на ловлю рыбы местным жителям (Salonen 1992). Количество семей рыбаков на озере Инари сохранялось неизменным на протяжении всего рассматриваемого периода. В 2000-ые годы таких семей было около 900.

Неместных рыбаков-любителей было больше всего в конце 1980-ых годов, когда наблюдалось изобилие рыбы хищных видов и ряпушки. После уменьшения вылова этих видов рыбы в начале 1990-ых годов уменьшилось и количество рыбаков-любителей. Улучшение ситуации с запасами рыбы в 2000-ые годы повлияло на увеличение числа приезжих.

Рыболовство

Компенсационное зарыбление сига на основе решения высшего административного суда 1975 года - миллион сеголеток. Сначала объём выпускаемой рыбы был больше, в 1980-ые годы – 1–2 миллиона молоди (рис. 41). По рекомендациям проведённых исследований сначала была прекращена посадка сига чужеродной для этой области формы, многотычинкового сига. Позже уменьшено разведение и малотычинкового сига (Salojärvi & Mutenia 1989, 1994). Количество выпускаемого сига в озеро Инари в 2000-ые годы установилось на уровне 750 000 экз. Этот уровень предварительно планируется и для компенсационных посадок в 2011–2015 гг.

Компенсационное обязательство по озеру Инари 100 000 экз. кумжи или озёрного лосося. На практике для посадки используется рыба возраста 2–4 лет. Посадки кумжи достигли предписанного уровня 1980-ых годов. На основании рекомендаций Марттусена (Marttunen et al. 1997), начиная с 1997 года, под слишком высоким уровнем зарыбления для имеющегося размера кормовой базы, понимался уровень 60 000–80 000 экз. молоди. Этот предел сохранялся в 2000-ые годы (рис. 42). Данный уровень по-прежнему сохраняется и для компенсационных посадок в 2011–2015 гг.

Посадки арктического гольца или североамериканского озёрного гольца-кристивомера (Salonen & Mutenia 2007) по решению о компенсации проводятся в количестве 250 000 экз. сеголеток ежегодно. На практике арктический голец выпускается в возрасте 2–3-лет, когда количество более взрослых рыб – это только небольшая часть по сравнению с сеголетками. В 2000-ые годы в основном использовались годовики гольца (рис. 43). По плану зарыбления на 2011–2015 гг. голец выпускается также в возрасте одного года.

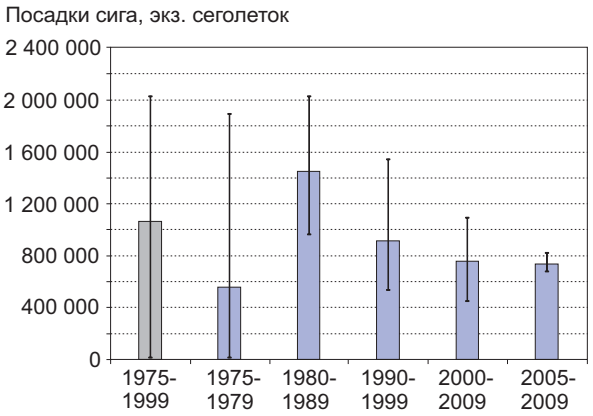


Рис. 41. Объёмы посадок сеголеток сига в озеро Инари в разные периоды наблюдений. Высота столбца - это среднее значение показателя, а отрезок – диапазон колебаний за рассматриваемый период.

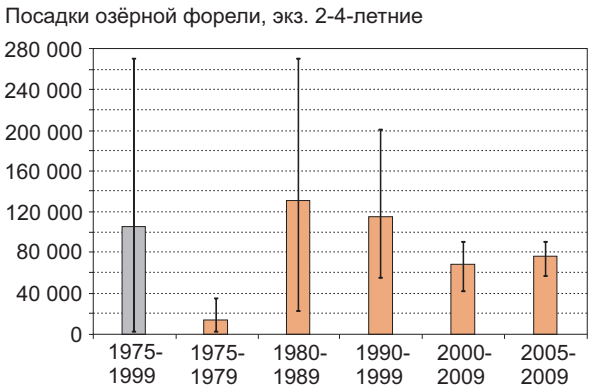


Рис. 42. Объёмы посадок молоди кумжи (2–4-летние) в озеро Инари в разные периоды наблюдений. Высота столбца - это среднее значение показателя, а отрезок – диапазон колебаний за рассматриваемый период

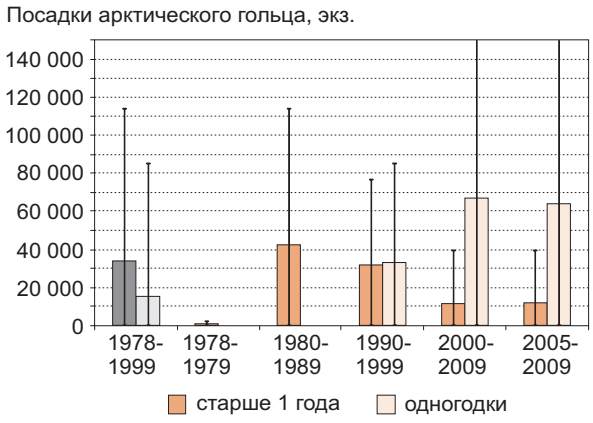


Рис. 43. Объёмы посадок молоди арктического гольца, отдельно крупные экземпляры (2–3-летние) и годовики в разные периоды наблюдений. Высота столбца - это среднее значение показателя, а отрезок – диапазон колебаний за рассматриваемый период

Удельный сетевой вылов арктического гольца, г/сутки

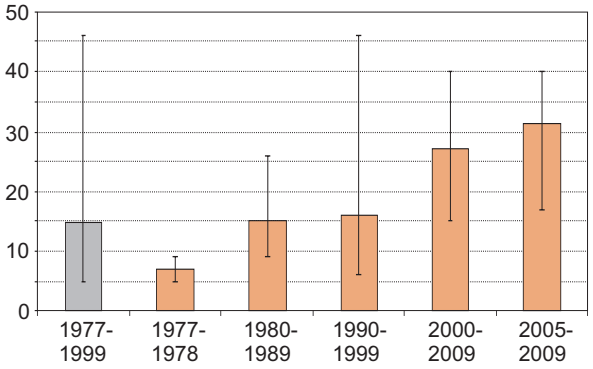


Рис. 44. Удельный вылов арктического гольца (граммов/сеть-сутки) на основании учёта придонного сетевого лова в озере Инари в разные периоды наблюдений. Высота столбца - это среднее значение показателя, а отрезок – диапазон колебаний за рассматриваемый период.

Удельный сетевой вылов озёрной форели, г/сутки

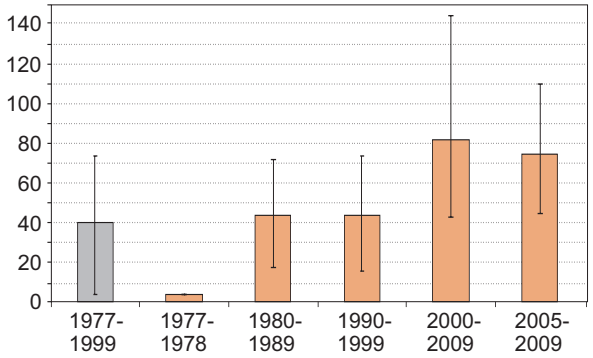


Рис. 45. Удельный вылов кумжи (граммов/сеть-сутки) на основании учёта придонного сетевого лова в озере Инари в разные периоды наблюдений. Высота столбца - это среднее значение показателя, а отрезок – диапазон колебаний за рассматриваемый период.

Удельный сетевой вылов сига, г/сутки

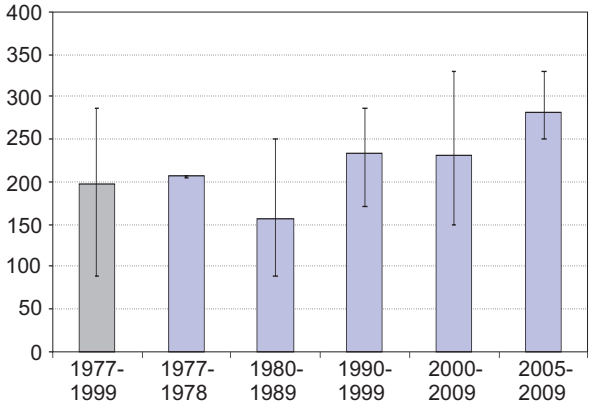


Рис. 46. Удельный вылов сига (граммов/сеть-сутки) на основании учёта придонного сетевого лова в озере Инари в разные периоды наблюдений. Высота столбца - это среднее значение показателя, а отрезок – диапазон колебаний за рассматриваемый период.

Удельные выловы сетью

Удельный вылов арктического гольца на одну сеть в придонном лове в конце 1970-ых годов был очень небольшим, менее 10 граммов в сутки (рис. 44). Когда началось зарыбление в 1980-ые годы, то выловы увеличились в два раза, но упали опять в 1990-ые годы. Всё время в 2000-ые годы вылов арктического гольца был неплохим. В последние годы он вырос в два раза по сравнению со средними выловами 1980-ых и 1990-ых годов (рис. 44). Переход к посадкам годовиков проходит успешно при достаточной кормовой базе (ср. рис. 43 и 44).

Придонный вылов сетью кумжи был в конце 1970-ых годов очень маленьким, менее 5 граммов (рис. 45). Появление ряпушки, как нового пищевого ресурса озера, а также повышение уровня зарыбления в 1980-ые годы быстро увеличили объёмы озёрной форели. В 1990-годы выловы уменьшились вследствие ухудшения кормовой базы, но стали постепенно увеличиваться в конце десятилетия. Так среднее количество удельных выловов в 1990-ые годы было почти на уровне среднего значения 1980-ых. В начале 2000-ых годов вылов кумжи сетью был неплохим, в среднем почти двукратным по сравнению с 1980-ыми и 1990-ыми годами (рис. 45).

По сигу наблюдался равномерный уровень выловов (рис. 46). Среднее значение удельных выловов на всех временных отрезках составило 150–300 граммов. Вылов так наз. нормальных сигов озера Инари состоит из разных форм сига (многотычинковый и малотычинковый). Считается, что из этих форм больше всего от регулирования страдает многотычинковый сиг.

Удельный сетевой вылов ряпушки, г/сутки

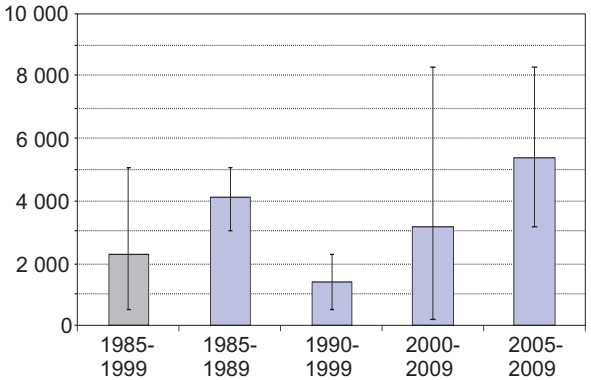


Рис. 47. Удельный вылов ряпушки (граммов/сеть-сутки) на основании учёта придонного сетевого лова во время нереста осенью в озере Инари в разные периоды наблюдений. Высота столбца - это среднее значение показателя, а отрезок – диапазон колебаний за рассматриваемый период.

В последние десятилетия в выловах преобладает малотычинковый сиг (Toivonen 1966, Salonen et al.1996). Удельный вылов сига не может дать представления о масштабах запасов, а только о численности отдельных составляющих популяции на основании попадания в сеть.

Запасы ряпушки были большими в конце 1980-ых годов (рис. 47). Удельный вылов в сети достигал около 4 кг, но после резкого сокращения запасов выловы уменьшились до минимальных в начале 2000-ых годах. Затем объём вылова опять растёт и в 2005–2009 гг. составляет более 5 кг. Это превышает уже уровень предыдущего пика. Удельный вылов ряпушки отражает ситуацию поздней осени во время нереста, когда используется небольшое количество сетей. Всё же ловля ряпушки значительно уменьшилась. Значение ряпушки как источника питания для хищных видов красной рыбы в 2000-ые годы по-прежнему велико.

Средний вес

Сведения о среднем весе арктического гольца имеются только за короткий промежуток времени. Плохое состояние кормовой базы сказалось на размере рыб в 1995–1999 гг., когда средний вес гольца в пробных выловах был немного выше 0,5 кг. С улучшением ситуации с запасами пищи, средний вес стал приближаться к килограмму в конце первого десятилетия 2000-ых годов (рис. 48).

Так же и в 2000-ые годы рост и промысловые запасы кумжи были хорошего уровня: во всех пробных выловах средний размер увеличился от одного до одного с половиной килограмма (рис. 49). Хорошие запасы ряпушки, качественное зарыбление и достаточно крупный размер ячеи сетей обеспечили изменение размера кумжи в лучшую сторону.

Средний размер сига определяется в улове большой мерёжей с 1986 года. Размер сига был небольшим, в среднем 150 г, в конце 1980-ых годов (рис. 50) из-за излишней многочисленности популяции. Вследствие как заметного уменьшения лова большой мерёжей, так и уменьшения посадок сига, его средний размер увеличился в 1990-ые годы (Salonen et al. 1996). После этого состояние запасов сохранялось на довольно стабильном уровне благодаря равномерности посадок и отлова малотычинкового сига. Средний вес достигает 200 граммов в 2000-ые годы.



Рис. 48. Средний вес арктического гольца на основании пробного вылова (все виды снастей) на озере Инари в разные периоды наблюдений. Высота столбца - это среднее значение показателя, а отрезок – диапазон колебаний за рассматриваемый период.

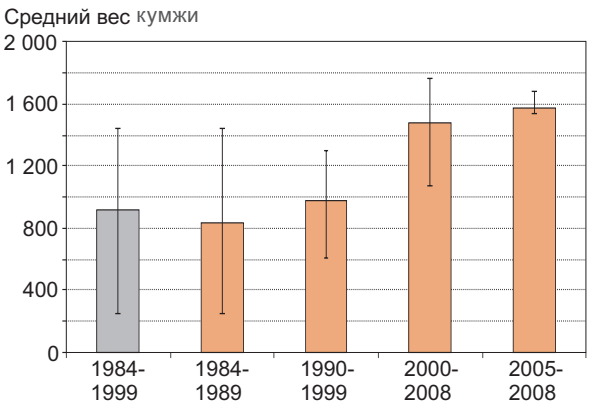


Рис. 49. Средний вес кумжи на основании пробного вылова (все виды снастей) на озере Инари в разные периоды наблюдений. Высота столбца - это среднее значение показателя, а отрезок – диапазон колебаний за рассматриваемый период.

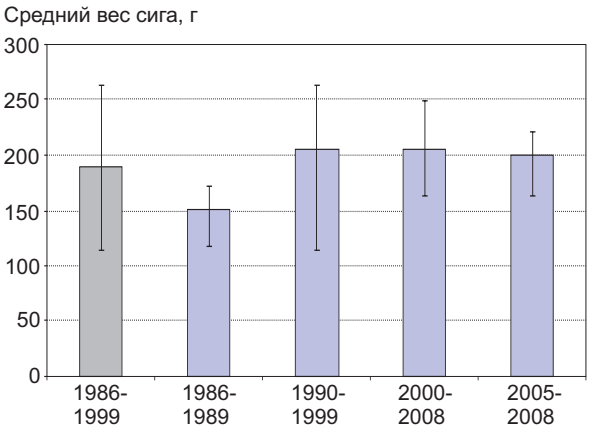


Рис. 50. Средний вес сига на основании пробного вылова большой мерёжей на озере Инари в разные периоды наблюдений. Высота столбца - это среднее значение показателя, а отрезок – диапазон колебаний за рассматриваемый период.

Обобщение

Регулирование, зарыбление ряпушкой, крупномасштабные компенсационные посадки и изменение в лове рыбы оказали значительное влияние на водные экосистемы озера Инари, особенно на популяции рыб. Одновременное воздействие нескольких факторов усилило происходящие изменения. Например, в 1980-ые годы выловы кумжи существенно выросли. Запасы появившегося в озере нового кормового ресурса для рыб, ряпушки, увеличились, а посадки способствовали увеличению количества вылавливаемой кумжи. Кроме ряпушки сроки интродукции двух других новых видов рыб, - озёрного лосося и озёрного гольца-кристивомера, приходятся на период времени, когда в озере кормовой рыбы было достаточно и для новых хищных видов рыб. В то же время и лов рыбы значительно активизировался.

Восходящий тренд многих наблюдаемых показателей нарушился в начале 1990-ых годов из-за резкого сокращения запасов ряпушки. Особенно резкое падение наблюдается в количестве рыбаков, выловах красной рыбы и ряпушки в конце 1980-ых годов. В удельных выловах и среднем весе 1980–1990 гг. средние значения выровнялись, изменения в них отчётливо не видны.

Запасы и вылов рыбы по некоторым показателям стали увеличиваться в начале 2000-ых годов. Вылов и удельный вылов, средний вес красной рыбы, а также удельный вылов ряпушки были в начале 2000-ых годов больше, чем когда-либо ранее в рассматриваемый период времени.

Объёмы посадок, как сига, так и кумжи, уменьшены. В зарыблении арктическим гольцом перешли от 2–3-летних экземпляров полностью на однолетних (таблица 14). Стабилизация посадок и вылова сига обеспечили постоянство удельного вылова и среднего веса в 2000-ые годы. В компенсационном зарыблении и наблюдении за ним пока не ожидается больших изменений в 2010-ые годы.

Упомянутое здесь увеличение вылова хищных видов красной рыбы, очевидно, прекратилось, так как объёмы выловов всех этих видов снизились уже в 2009 году.

Таблица 14. Изменение показателей и влияние этих изменений в 2000-ые годы по сравнению с периодом времени, заканчивающимся 1999 годом.

№	Параметр	Показатель	Изменение по сравнению с референтным периодом	Оценка возможного воздействия на состояние водоёма и его использование
1	Вылов рыбы	Общий вылов рыбы (кг)	Без изменений	Нет воздействия
2		Вылов красной рыбы (кг)	Увеличился очень сильно	Большое положительное воздействие
3	Удельный вылов	Удельный вылов арктического гольца (г/сети-сутки)	Увеличился очень сильно	Большое положительное воздействие
4		Удельный вылов кумжи (г/сети-сутки)	Увеличился очень сильно	Большое положительное воздействие
5		Удельный вылов сига (г/сети-сутки)	Увеличился умеренно	Умеренное положительное воздействие
6		Удельный вылов ряпушки (г/сети-сутки)	Увеличился очень сильно	Большое положительное воздействие
7	Средний вес экз.	Средний вес аркт. гольца (г)	Увеличился очень сильно	Большое положительное воздействие
8		Средний вес кумжи (g)	Увеличился очень сильно	Большое положительное воздействие
9		Средний вес сига (больш. мкрёжа, г)	Без изменений	Нет воздействия
10	Число рыбаков	Число профессиональных рыбаков (чел.)	Уменьшилось очень незначительно	Большое отрицательное влияние (количество и состав запасов (сиг))
11		Число ловящих рыбу для семьи (семей)	Увеличилось немного	Небольшое положительное воздействие (количество)
12		Число рыбаков-любителей (чел.)	Уменьшилось немного	Небольшое отрицательное влияние (число)
13	Посадки рыбы	Посадки сига (сеголетки, экз.)	Уменьшились умеренно	Влияние заметно по показателям 5, 9, 10 и 11
14		Посадки кумжи (2–4 г., экз.)	Уменьшились умеренно	Влияние заметно по показателям 4, 8, 11 и 12
15		Посадки аркт. гольца (1г., экз.)	Увеличились очень сильно	Влияние заметно по показателям 3 и 7
16		Посадки аркт. гольца (2–3-летн., экз.)	Уменьшились очень сильно	



Рис. 51. Самая желанная рыба на озере Инари - кумжа (фото Эрно Салонен).

9. Обобщение и оценка экологического состояния в целом

Изменения в состоянии озера Инари и его использовании в 2000–2009 годы по сравнению с референтным периодом

Общее состояние озера в первое десятилетие 2000-ых годов лучше в сравнении с периодом 1960–1999 гг. Изменения, наблюдаемые по 22 показателям, были позитивными. Изменения отрицательного характера замечены по 9 показателям и они, в основном, незначительные. В отношении экологического состояния и использования водоёма больше всего изменений в лучшую сторону связано с запасами рыбы: положительные изменения замечены в семи показателях из девяти. Также есть признаки улучшения регулирования. Это видно по шести из десяти показателей. Больше всего негативных изменений произошло в качестве воды и состоянии зообентоса.

Изменения в показателях, отражающих гидрологические условия, связаны с потеплением климата. Средняя температура, как поверхностной воды, так и всего столба воды значительно повысилась в референтный период 1960–2009 гг. и в первое десятилетие 2000-ых годов. Период открытой воды стал более продолжительным, лёд в начале зимы более тонким, а приток в ноябре-апреле увеличился.

Далее будут рассмотрены отдельные показатели: возможное воздействие разных факторов на состояние показателя, замеченные тренды и отдельные изменения случайного характера.

- *Регулирование*: В последние десять лет в регулировании стремились, с одной стороны, поднять уровень воды с самых нижних отметок в летний период, а с другой стороны, понизить самые верхние отметки. Наиболее явно выраженное положительное влияние связано со снижением самых высоких отметок и с более частым, чем раньше, поддержанием уровня воды в благоприятном для рекреационного использования диапазоне. Рекомендации по снижающемуся тренду уровня воды летом, после паводка, выполнялись довольно хорошо.
- *Нагрузка:* Уровень точечной фосфорной нагрузки на озеро Инари уменьшился в 2000-ые годы, но уровень азотной нагрузки повысился. Доля точечной нагрузки в объёме поступающих в озеро биогенов всё же мала.
- *Качество воды*: Потепление нижнего слоя воды в зимнее время привел к ухудшению там кислородного режима в небольшой по площади глубоководной впадине Васиканселкя. В масштабах всего озера влияние этого невелико. Снижение уровня концентраций хлорофилла А, с помощью которого наблюдаются изменения в объёме водорослей, можно считать положительным явлением с точки зрения качества воды, но с другой стороны в олиготрофном озере уменьшение первичной продукции может иметь отрицательное воздействие на рыбные запасы.
- *Растительность:* Небольшие положительные изменения в зоне произрастания хвощей и распространения зообентоса, а также увеличение чувствительных к изменениям видов и крупных придонных растений возможно указывают на то, что регулирование развивается в более «экологическом» направлении.
- *Зообентос литоральной зоны*: Не наблюдается изменений, которые могут быть связаны с совершенствованием регулирования. Живые организмы прибрежной зоны по-прежнему в некоторой степени страдают от перепадов в уровне воды, что может иметь негативное влияние на кормовые запасы рыб. С другой стороны озеро Инари очень олиготрофное, плотность его зообентоса низкая по естественным причинам.
- *Рыбные запасы*: В первое десятилетние XXI века наблюдались большие уловы хищных видов красной рыбы, удельные выловы и средний вес рыб. На рыбные запасы оказали положительное влияние в первую очередь хорошая кормовая база (ряпушка) и результативная работа по зарыблению. В состоянии запасов рыбы всё

же появились признаки ухудшения на рубеже 2010-ых годов. Прежде всего, это касается хищных видов красной рыбы.

- *Рыболовство*: Заметное уменьшение количества профессиональных рыбаков можно считать негативным явлением. Уменьшение объёмов вылова приводит, как правило, к слишком большой численности популяций рыбы, особенно сига, и к замедлению роста. Так же и популяции ряпушки могут стать слишком многочисленными.
- *Эрозия берегов и их защита*: Явное уменьшение обвала берегов можно считать положительным изменением, как для гидробионтов литоральной зоны, так и для рекреационного использования водоёма, но с другой стороны увеличение размеров укреплённых берегов может местами оказывать негативное влияние на естественный ландшафт озера.

Экологическое состояние в 2000-ые годы

Экологическое состояние озера Инари оценивалось при составлении плана управления территорией менеджмента вод Тено-Няятямёйоки-Патсйоки в 2008–2009 гг. (Lapin ympäristökeskus 2009). На первом этапе планирования классифицирование экологического состояния озера проводилось, в основном, с помощью общих показателей состояния открытых участков озера. За исключением показателя гидро-морфологического состояния, по всем остальным, используемым в управлении водными ресурсами показателям, состояние озера Инари определяется категорией «отличное» (рис. 52).

В проекте по оценке экологического состояния зарегулированных водоёмов (Keto et al. 2008) разработаны показатели для макрофитов, а также зообентоса и популяций рыб литоральной зоны. Данные наблюдений позволили провести оценку экологического состояния озера по этим показателям (таблица 15). В среднем, по показателю макрофитов состояние водоёма «отличное». По показателям зообентоса литоральной зоны в 2000-ые годы состояние, в среднем, «хорошее», хотя значения коэффициента экологического качества (EQR) находились на границе классов «хорошего» состояния и «удовлетворительного» состояния.

Годы отличались по своим гидрологическим особенностям. Из-за этого и разницы в методах сложно сделать выводы по макрофитом и зообентосу. Для обнаружения биологических изменений очень важно проводить непрерывные наблюдения. Для наблюдений за влиянием изменения климата необходимо обеспечить ресурсы для гидрологического и физико-химического мониторинга. Оценка изменения состояния озера Инари на основе наблюдаемых показателей должна проводиться регулярно, напр. через каждые пять лет.

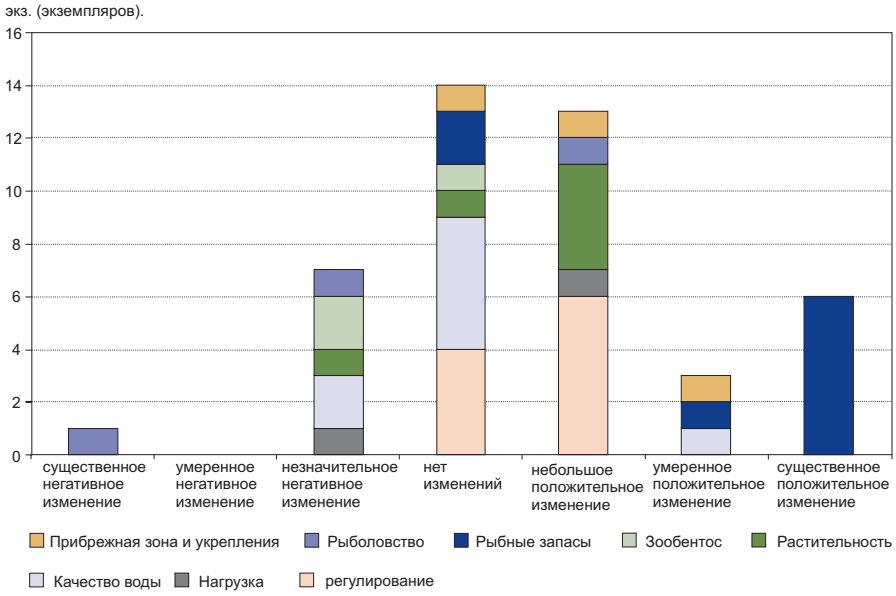


Рис. 52. Обобщение изменений в показателях состояния озера Инари и его использования в период 2000–2009 гг. по сравнению с референтным периодом 1960–1999 гг.

Таблица 15. Обобщение экологического состояния озера Инари в первые десять лет 2000-ых годов.

Фактор	**Состояние по показателям водного менеджмента начального этапа**	**Показатели состояния литоральной зоны (Keto et al. 2008)**
Гидро-морфологическое состояние	Хорошее	-
Качество воды	Отличное	-
Филопланктон	Отличное	-
Водная растительность	Отличное	Отличное
Зообентос	Отличное (глубоков.впадина)	Хорошее
Популяции рыб	Отличное	Не достаточно данных
Общее состояние	Хорошее	Хорошее

Список источников

Ahola, M., Kerätär, K., Riihimäki, J. & Hellsten, S. (2004): Inarijärven säännöstelyn ja sen muuttamisen vaikutukset rantavyöhykkeen monimuotoisuuteen – koealojen seurantatutkimus vuonna 2003. Suomen ympäristökeskus, Vesialueiden integroitu tutkimusohjelma, Vesi- ja ekotekniikan ryhmä. 30 стр.

Alasaarela, E. Hellsten, S. Keränen, R., Kurttila, T. & Riihimäki, J. 1993. Säännösteltyjen järvien rantojen kunnostuksen ja hoidon periaatteet – esimerkkinä Oulujoen vesistö. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja, A 145. 91 стр.

Aroviita, J. 2010. Säännöstelyn kehittämisen vaikutukset Inarijärven rantavyöhykkeen pohjaeläimistöön: vuoden 2008 seurannan tulokset. Raportti, Suomen ympäristökeskus. 27 стр. http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=121518&lan=fi

Aroviita, J., Hämäläinen, H. 2004. Inarijärven säännöstelyn kehittämisen vaikutukset rantavyöhykkeen monimuotoisuuteen ja tuottokykyyn – vuosien 1998 ja 2003 pohjaeläinseurannan tulokset. Raportti, Jyväskylän yliopisto. 23 стр.

Aroviita, J. & Hämäläinen, H. 2008a. Pohjaeläimet. Julkaisussa: Keto, A., Sutela, T., Aroviita, J., Tarvainen, A., Hämäläinen, H., Hellsten, S., Vehanen T. & Marttunen, M. 2008. Säännösteltyjen järvien ekologisen tilan arviointi. Suomen ympäristö 41/2008: 29–61.

Aroviita, J. & Hämäläinen, H. 2008b. The impact of water level regulation on littoral macroinvertebrate assemblages in boreal lakes. Hydrobiologia 613: 45–56.

Hellsten, S., Palomäki, R., Järvinen, E. 1997: Inarijärven vedenkorkeuden säännöstelystä ja sen vaikutuksista rantavyöhykkeellä. Lapin ympäristökeskuksen moniste nro. 2. 77стр.

Hellsten, S. 2002: Aquatic macrophytes as indicators of water level regulation in northern Finland. Verh. Internat. Verein. Limnol. 28: 601–606.

Honkasalo, L. & Hiisivuori, 1977. Inarijärven pohjaeläintutkimus 1976. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Moniste. 20 s.

Ilmavirta, V. ja Toivonen, H. 1986: Comparative studies on macrophytes and phytoplankton in ten small, brown-water lakes of different trophic status. Aqua Fennica 16: 125–142.

Keto, A., Sutela, T., Aroviita, J., Tarvainen, A., Hämäläinen, H., Hellsten, S., Vehanen, T. ja Marttunen, M. 2008: Säännösteltyjen järvien ekologisen tilan arviointi. Suomen ympäristö 41. 105 стр.

Kuoppala, M., Hellsten, S. & Kanninen, A. 2008: Sisävesien vesikasviseurantojen laadunvarmennus. Suomen ympäristö 36. 93 стр.

Lapin ympäristökeskus 1999. Inarijärven säännöstelyn ja sen muuttamisen vaikutukset rantavyöhykkeen monimuotoisuuteen ja tuottokykyyn. Seurantamenetelmät, alueiden kohdekuvaukset sekä maastotyöohjeet. Raportti.

Lapin ympäristökeskus 2009. Tenon–Näätämöjoen–Paatsjoen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuoteen 2015. 144 стр.

Marttunen, M., Hellsten, S., Puro, A., Huttula, E., Nenonen, M.-L., Järvinen, E., Salonen, E., Palomäki, R., Huru, H. ja Bergman, T. 1997. Inarijärven tila, käyttö ja niihin vaikuttavat tekijät. Suomen ympäristö 58. 197 стр.

Murphy, K. J., Rørslett, B. & Springuel, I. 1990. Strategy analysis of submerged lake macrophyte communities: an International example. Aquatic botany 36: 303–323.

Palomäki, R. & Hellsten, S. 1996. Littoral macrozoobenthos biomass in a continuous habitat series. Hydrobiologia 339: 85–92.

Puro, A., Kerätär, K., Palomäki, R., Visuri, M. ja Hellsten, S. 1999: Inarijärven säännöstelyn ja sen muuttamisen vaikutukset rantavyöhykkeen monimuotoisuuteen ja tuottokykyyn – koealojen perustaminen ja perushavainnot 1998. 33 стр.

Puro-Tahvanainen, A, Aroviita, J., Järvinen, E.A., Kuoppala, M., Marttunen, M., Nurmi, T., Riihimäki, J., Salonen, E. 2011. Inarijärven tilan kehittyminen vuosina 1960–2009. Suomen ympäristö 19/2011, 89 стр.

Riihimäki, J. ja Kuoppala, M. 2009: Inarijärven säännöstelyn ja sen muuttamisen vaikutukset rantavyöhykkeen monimuotoisuuteen – koealojen seurantatutkimus vuonna 2008. Suomen ympäristökeskus. 37 стр.

Salojärvi,K. & Mutenia,A. 1989. Inarijärven planktonsiikaistutusten tuloksista. Suomen kalastuslehti 96 (4), s.184–187.

Salojärvi,K. & Mutenia,A. 1994. Effects of fingerling stocking on recruitment in the Lake Inari (Coregonus lavaretus L.s.l) whitefish fishery. In: I. Cowx (Ed.). Rehabilitation of freshwater fisheries. Fishing News Books. Blackwell Scientific Publications Ltd.стр. 302–313.

Salminen, A. & Mutenia, A. 1991. Inarijärven ammattikalastuksen kannattavuus. Toim. Salonen,E. Inarijärvi-Symposium Ivalossa 27.–28.11.1990. Helsinki. RKTL, kalantutkimusosasto. Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 24. стр. 137–148.

Salonen, E. 1992. Inarijärven kalataloudellinen käyttö- ja hoitosuunnitelma. Nykytila. Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 50. 157 стр. + 7 приложений.

Salonen, E. & Mutenia, A. 2007. Alien fish species in northernmost Finland. Riista- ja kalatalous. Tutkimuksia 2. 16 стр.

Salonen, E., Mutenia, A. & Salojärvi, K. 1996. Siian kalastus, istutukset ja pohjasiikakannan kehitys Inarijärvellä vuosina 1980–1994. В сборнике: Salonen, E. (toim.): Inarijärven pohjasiika – istutusten merkitys. Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 113: 3–44.

Suoraniemi, M., Hellsten, S., Huovinen, J., Palomäki, R., Keto, A., Aronen, J., Saarnio, R, ja Keto, S. 2000. Rantavyöhykkeen tila. Teoksessa: Hellsten, S. (toim.) – Päijänteen säännöstelyn kehittäminen – rantavyöhykkeen tila ja siihen vaikuttavat tekijät. Suomen ympäristö 394.

Sutela, T. & Vehanen, T. 2008. Effects of water-level regulation on the nearshore fish community in boreal lakes. Hydrobiologia 613: 13–20.

Tikkanen, P., Kantola, L., Niva, T., Hellsten, S. & Alasaarela, E. 1989. Ekologiset näkökohdat joidenkin Pohjois-Suomen järvien säännöstelyssä. Osa 3. Järvien pohjaeläimistö ja aikuisten kalojen ravinto. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 987: 1–105.

Toivonen, J. 1966. Lausunto vedensäännöstelyn vaikutuksesta Inarinjärven kalakantoihin ja kalastukseen. 72 стр.

Toivonen, J. 1972. Vedensäännöstelyn vaikutus Inarinjärven kalakantoihin ja kalastukseen. Täydentävä lausunto. 28 стр.

Vuori, K.-M., Mitikka, S. ja Vuoristo, H. (toim.) 2009. Pintavesien ekologisen tilan luokittelu.

REPORTS 110 | 2013
ИЗМЕНЕНИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ОЗЕРА ИНАРИ В 1960–2009 ГГ
ОЗЕРО ИНАРИ

Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Lapland

ISBN 978-952-257-901-0 (печатн.)
ISBN 978-952-257-902-7 (PDF)

ISSN-L 2242-2846
ISSN 2242-2846 (печатн.)
ISSN 2242-2854 (интернет)

URN:ISBN:978-952-257-902-7

www.ely-keskus.fi/julkaisut | www.doria.fi/ely-keskus