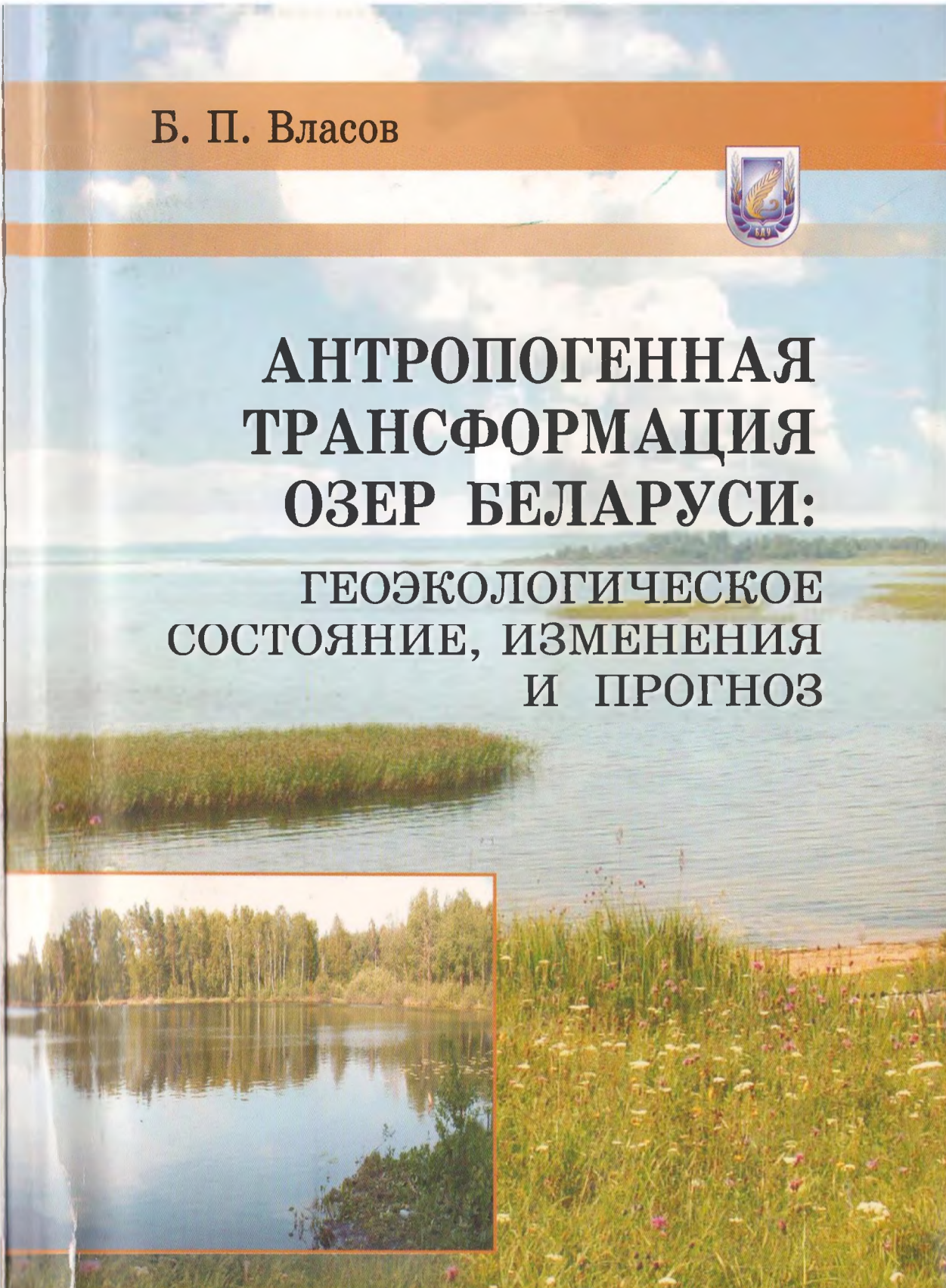
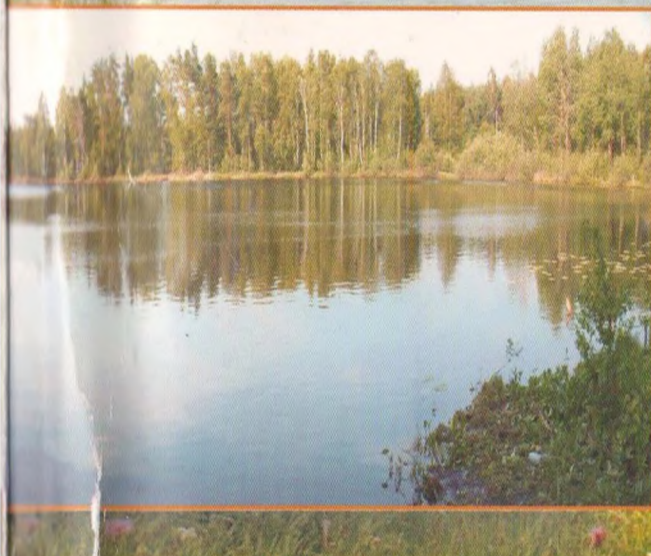


Б. П. Власов



**АНТРОПОГЕННАЯ
ТРАНСФОРМАЦИЯ
ОЗЕР БЕЛАРУСИ:
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ
СОСТОЯНИЕ, ИЗМЕНЕНИЯ
И ПРОГНОЗ**



Б. П. Власов

**АНТРОПОГЕННАЯ
ТРАНСФОРМАЦИЯ
ОЗЕР БЕЛАРУСИ:**

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ
СОСТОЯНИЕ, ИЗМЕНЕНИЯ
И ПРОГНОЗ

МИНСК
БГУ
2004

УДК 551.481.1(476)

Власов Б. П. Антропогенная трансформация озер Беларуси: геоэкологическое состояние, изменения и прогноз / Б. П. Власов – Мн.: БГУ, 2004. – 207 с. ISBN 985-485-299-7

Рассмотрены вопросы истории развития и эволюции озерных экосистем, изученность и анализ озерного фонда республики, дается характеристика и оценка природных ресурсов озер и их хозяйственного использования. Приводится природно-хозяйственная классификация и оценка изменения озер под воздействием различных видов хозяйственной деятельности: гидротехнического строительства, осушительной мелиорации, сельскохозяйственного и промышленного производства, селитебных территорий, рекреационного использования и изъятия ресурсов.

Для специалистов-лимнологов, географов, экологов, а также для преподавателей, аспирантов и студентов географических и биологических факультетов.

Табл. 56. Ил. 43. Библиогр.: 187 назв.

Рецензенты:

академик Национальной академии наук Беларуси
доктор сельскохозяйственных наук *Н. Н. Бамбалов*,
доктор географических наук *С. А. Хомич*,
кандидат геолого-минералогических наук *Б. В. Курзо*

© Б. П. Власов, 2004
© БГУ, 2004

ISBN 985-485-299-7

ВЕДЕНИЕ

Неотъемлемой частью ландшафтов и природной среды Республики Беларусь являются озерные водоемы, территориально приуроченные к регионам Белорусского Поозерья, центральной части и Полесья. Озера имеют большое природное и народнохозяйственное значение. Им принадлежит ведущая роль в регулировании и формировании стока рек, процессов самоочищения воды, накопления вещества. Акватория и берега служат местами обитания и произрастания богатой и разнообразной фауны и флоры, включая редкие и охраняемые виды. В озерах сосредоточены большие запасы природных ресурсов: водных, биологических, растительных, животных, минеральных, рекреационных и информационных. Побережье озер используется в качестве мест отдыха, размещения населенных пунктов, объектов промышленного и сельскохозяйственного производства, что приводит к загрязнению водоемов.

Озера в своем развитии прошли длительный путь эволюции. Преобладающее количество водоемов ледникового происхождения имеет площадь менее 0,1 км², число озер с большей площадью составляет около 1,5 тыс. Из общего числа более 600 наиболее крупных и хозяйственно значимых озер обследовано лабораторией озероведения Белорусского государственного университета. Распределение озер по размерам площади, бассейнам рек и территории республики неравномерно. По численности преобладают озера площадью 0,1 – 0,5 км², их основное количество приурочено к бассейну Западной Двины в пределах Витебской области. Их суммарная площадь около 940 км², что составляет около 11 % общей площади озер республики. Наиболее развитыми озерно-речными системами являются бассейны рек Ушача, Улла, Оболь, Друя, Туровлянка, в пределах которых сосредоточено основное количество озер Поозерья с суммарной площадью более 401 км² (42 % бассейна Западной Двины). Более 41 % общей площади озер приходится на водоемы с площадью зеркала свыше 10 км². Их основное количество расположено в бассейнах Западной Двины (15), Немана (3), Припяти (4); в бассейне Ловати, Днепра и Буга крупные водоемы отсутствуют. Суммарный объем воды озер с площадью более 0,1 км² оценен в 5873 ± 341 млн м³, причем основная часть объема приходится на озера с градацией 1,01–5,00 км³.

Влияние человека на озерные экосистемы на протяжении различных этапов их развития неравнозначно. На начальном этапе использование ресурсов озер и воздействие человека на природные комплексы носило ограниченный характер и были связаны с рыболовством и использованием водосборов – зарождением земледелия и животноводства; затем – с

активизацией хозяйственной деятельности в форме подсечно-огневого земледелия и сведения лесов; далее – развитие экстенсивного высоко-развитого земледелия на рубеже XVIII–XX вв., интенсификация сельскохозяйственного производства, гидротехническое строительство, развитие сети населенных пунктов. В настоящее время озера служат источниками водоснабжения и водопользования, приемниками вод мелиоративных сооружений, объектами рыболовства и рыбозаводства. Крупные озерные группы являются центрами курортов. Развитие рыботоргового хозяйства и гидроэнергетики способствовало строительству водохранилищ на базе озер.

Хозяйственное использование озер определяется запасами и качеством природных ресурсов озер, освоенностью побережий и водосборов, наличием на берегах населенных пунктов. Преобладающим видом хозяйственного использования является рыбное хозяйство – до 92 % общего числа озер. В качестве водоисточников используется около половины озер, для рекреации – не более 32 % общего числа озер, в гидромелиоративных целях – около 9 % озерного фонда. Незначительная часть озер использовалась для добычи сапропелей.

Использование озер в народном хозяйстве приводит к заметным, порой необратимым изменениям водоемов. На современном этапе антропогенный фактор воздействия на озера проявляется в изменении гидрологического режима, морфометрических параметров и морфологии котловины, загрязнении и истощении вод, изменении видового состава и структуры биологического сообщества.

Самые распространенные виды антропогенного воздействия на водоемы – нарушение гидрологических характеристик, морфометрических параметров, изменение химического состава вод и донных отложений, антропогенное эвтрофирование и загрязнение.

Большой фактический материал, накопленный на протяжении многолетних исследований, позволил провести типизацию озер и разработать природно-хозяйственную классификацию, в основу которой легли природные особенности озер, запасы и качество ресурсов, направления хозяйственного использования и степень антропогенной трансформации озер. Наиболее действенной мерой в политике управления водными экосистемами является охрана природных ресурсов озер, разработка программы и мероприятий по ограничению антропогенного пресса, предотвращению истощения ресурсов и загрязнения озер.

1. ПРИРОДНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОЗЕР БЕЛАРУСИ

1.1. Анализ озерного фонда республики

Озера Беларуси обладают богатыми природными ресурсами – водными, биологическими, минеральными, рекреационными, энергетическими, информационными. Оценка запасов и качества ресурсов, определение направлений рационального использования и охраны от загрязнения и истощения относятся к числу важнейших задач природопользования и сохранения экологической устойчивости природной среды.

Изученность озер. Изученность озер и количественная оценка озерного фонда республики на разных этапах исследования различались глубиной, широтой охвата, детальностью и методическими подходами. Наиболее ранние описания озер на территории современной Беларуси относятся к концу XIX века.

А. Корева в издании «Материалы для географии и статистики России, собранные офицерами Генерального штаба. Виленская губерния» указывает общее количество (400 озер), описывает их распространение по территории, дает краткую характеристику (площадь, глубина) 14 крупнейших озер на территории современной Беларуси [75]. В работе «Материалы для географии и статистики России, собранные офицерами Генерального штаба. Гродненская губерния» И. Бобровский описывает озера (площадь, глубина, описание берегов), т. н. северной группы: Белое, Молотнево, Запурье, Лот, Рыбница и др. в бассейне Котры и южной: Выгоновское, Споровское, Черное, Ореховское, Олтушское (Олтушь) и др. [3].

В издании «Материалы для географии и статистики России, собранные офицерами Генерального штаба. Минская губерния» И. Зелинский приводит данные о количестве озер (350, включая старичные и пруды в Несвиже), их названия (235), дает гидрографическое описание озер, имеющих значение для рыбного промысла (Червоное – Князь или Жидь) и резервуара воды для искусственных водных систем – каналы Огинский: Выгоновское (Святицкое), Бобровичское (Радоговское), Вулька (Вулько, Волянское), Погост (Погостское), Городище; Березинский: Плавно (Плавю), Береща (Берешта), Манец, Бобовье, Олышица, Медзол (Мядзіоль), Палик [51].

В книге «Живописная Россия. Отечество наше в его земельномъ, историческомъ, экономическомъ и бытовомъ значеніи» под редакцией П. П. Семенова приводится описание озер Нарочь, Мядель, Свирь, Дрисвяты [44]. По данным исследования 1854 г. описывается подводная каменная гряда (гребля) в озере Нарочь, упоминаются в связи со строительством лесосплавных каналов озера Луковское, Выгонощанское (Вы-

гоновичи), Червоное (Князь или Жидь). При описании городов Виленской и Могилевской губерний упоминаются озера: Лепельское, Воронеч, Островки, Теменица (Чеменица), Освейское, Воловое в Полоцке, Ситно, Друць (в Друцке), Бабиновичское, Голоба, Сенно, Святозерье (Киркорово) в районе Мстиславля.

А. С. Дембовецкий в работе «Опытъ описанія Могилевской губерніи» приводит данные по количеству озер (всего 812), их общей площади, озерности территории 11 уездов Могилевской губернии [39]. Дается краткое описание 35 крупнейших озер (включая Лукомльское, Селяву, Жеринское, Сарро, Сенненское и др.). Приводится перечень 226 озер, видовой состав, годовой улов рыбы в них. В «Материалах по исторіи и географіи Дисненского и Вилейского уездов Виленской губерніи» приводится количество, площадь, глубина и описание 14 озер Дисненского и Вилейского уездов [98]. Исследованию рыболовства и рыбоводства в водоемах Ковенской, Виленской и Гродненской губерний посвящена работа [118]. К этому времени относится изучение польскими учеными озер Свитязь, Колдычевское и др. [158–161, 165–167, 176, 177].

В очерках В. Заржецкого, В. А. Лесневского, М. Ишкова, опубликованных в «Землевѣдніи» издания географического общества, приводится гидрографическая характеристика озер Витебской губернии, Сенненского, Оршанского уездов Могилевской губернии, их количество (в Витебской губернии – 2509 озер, в Могилевской – 800 озер), карты глубин (Езерище, Лукомльское, Сенненское, Богдановское, Маслово, Крыльцово, Плавно, Черяя, Голова, Б. Черное, М. Черное, Мошно, Серокоротня, Девино, Орехи и др.), описание рельефа дна, характера отложений, водной растительности, материалы съемки температуры по вертикалям, прозрачности воды, описание окружающей территории [52].

В «Записках Съверо-Западнаго отдѣла Императорскаго русскаго географическаго общества» М. А. Павловский детально описывает Дрисвятское озеро [108]. В публикации содержатся карта глубин с описанием рельефа дна, донных отложений, данные о температуре и прозрачности воды, описание растительности и животного мира озера, окружающего рельефа.

В геоморфологическом обзоре Браславского Поозерья и Северного Полесья С. Ленцевич и другие авторы дают описание геоморфологии, происхождения и строения котловин, основные параметры озер. Там же содержится каталог озер с указанием координат, высоты над уровнем моря, площади и глубины 358 озер [168 – 170].

Наблюдения за гидрологическим режимом озер начаты с 1926 г. гидрометеослужбой (Госкомгидромет). На время войны стационарные

наблюдения за экологическим состоянием озер были прерваны и возобновлены в 1947 г., а с 1960 г. дополнены наблюдениями за гидрохимическими и гидробиологическими показателями (около 50 характеристик).

Изданный в 1949 г. «Краткий справочник рек и водоемов БССР» под ред. А. И. Тюльпанова включал гидрографические сведения по 899 озерам, собранные главным образом по картографическим материалам [130]. Справочник «Озера Белорусской ССР» под ред. Е. А. Боровик содержит физико-химическую, биологическую характеристики и классификацию 125 крупнейших озер республики [8]. В результате комплексных рыбохозяйственных обследований И. С. Захаренковым исследован летний и зимний гидрохимические режимы (температура, рН, содержание кислорода, ионный состав воды) и характер грунтов 6 озер Полесской низменности [50].

В сводном томе «Ресурсы поверхностных вод. Белоруссия и верхнее Поднепровье», подготовленном Гидрометеослужбой БССР, в таблице «Количество озер Белоруссии по градациям площадей» приводится общее количество озер (10780 с учетом водоемов площадью менее 0,1 км²), показано размещение озер по бассейнам рек, приводятся характеристики водосборов, котловин, морфометрические показатели и батиметрические схемы 192 крупных озер [116]. В материалах Гидрометеослужбы, издаваемых с 1947 г., содержатся данные режимных гидрологических наблюдений по 24 озерным станциям и постам. До 1991 г. данные накапливались и систематизировались в единой для СССР системе Государственного водного кадастра, позже – Государственного водного кадастра Республики Беларусь. В настоящее время регулярные гидрологические и гидрохимические наблюдения проводятся на 14 озерах.

Изучение крупнейших озер республики (Нарочь, Мястро, Баторино) с 1948 г. выполняет лаборатория гидробиологии БГУ. Полученные и обобщенные результаты мониторинга озер Нарочанской группы по гидробиологическим и гидрохимическим показателям опубликованы сотрудниками в монографии «Экологическая система Нарочанских озер» [148]. В 2000 г. лабораторией проведено обследование 39 озер создаваемого Национального парка «Нарочанский», изучены процессы изменения экосистем озер Святское, Ревучее, Рисловское, находящихся в зоне радиационного загрязнения. С 2000 г. ежегодно издается «Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино» [10].

Исчерпывающий анализ альгологических исследований озер Беларуси с 1897 по 1999 г. содержится в монографии Т. М. Михеевой [102]. В работе автор в полной мере отражает как хронологию, направления исследований, основные достижения, так и объекты изучения.

Научные работы по рациональному использованию рыбохозяйственных водоемов озер проводились БелНИИРХ (ГОСНИОРХ) с 1959–1960 гг. Развернуто широкомасштабное изучение видового состава ихтиофауны, уловов, состояния среды и кормовой базы озер, разработка биологических обоснований по ведению интенсивного рыбного хозяйства, предпринята попытка классификации озер. Детально изучены видовой состав, выполнен количественный учет, проведена оценка кормовой базы, дана характеристика среды около 200 водоемов. В справочном пособии В. Г. Костоусова, В. А. Федорова и др. «Система рационального рыбохозяйственного использования водоемов Беларуси, предусматривающих оптимальный промысел и любительское рыболовство» содержатся данные по морфометрии, проточности, генетическому типу, классу ихтиофауны рыбохозяйственных водоемов республики (1211 водоемов, включая старичные озера и 100 водохранилищ) [80].

Институтом проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси (бывший Институт торфа АН Беларуси) начиная с 1975 г. выполнены целенаправленные геологоразведочные работы по поиску и оценке ресурсов озерных сапропелей (поисково-оценочные работы), детальное изучение сапропелевых месторождений (химический и литологический состав сапропелей, стратиграфия, оценены запасы) по 661 озеру, составлен «Кадастр сапропелевых отложений озер Белорусской ССР» [70]. Кадастр содержит сведения о распространении озер по районам и областям (1096 озер), в том числе для исследованных 238 озер сведения о площади, глубине, мощности и запасах сапропелей, содержании основных компонентов (12 показателей), направлении использования сапропелей. Кроме того, рядом проектных организаций (Белгипроводхоз, Белгеология) выполнены детальные геологоразведочные работы и составлены проекты добычи сапропелей (70 месторождений, перспективных для освоения).

В Институте геологических наук (ИГН НАН Беларуси) с 1970 г. исследовались стратиграфия озерных осадков, палеогеография, история развития озер, современные процессы по данным геохимического, спорово-пыльцевого и диатомового анализов (57 озер).

В Институте зоологии НАН Беларуси начиная с 1972 г. проводятся исследования видового состава, продукционных процессов, особенностей развития и функционирования гидробионтов, включая реликтовых ракообразных озер Браславской группы и особо охраняемых природных территорий (56 озер).

С 1966 г. лабораторией озераведения БГУ развернуто комплексное изучение озер (происхождение котловин, история развития, морфомет-

рия и морфология, гидрология, гидрохимия, гидробиология, донные отложения, хозяйственное использование и антропогенное воздействие). Систематизированные данные комплексного лимнологического изучения содержатся в трехтомном справочнике «Озера Белоруссии» под редакцией О. Ф. Якушко [105]. Справочник включает таблицы, специально разработанные паспорта и графические материалы 540 озер по 51 показателю. Характеристика озер, генетическая классификация и табличная информация по 40 озерам Беларуси содержатся в публикациях О. Ф. Якушко [149–151]. Природная характеристика около 100 крупных озер дается в монографии О. Ф. Якушко, И. А. Мысливец, А. Н. Рачевского, И. И. Богделя, Б. П. Власова и др. «Озера Белоруссии» [104]. Краткая природная характеристика 1500 озер приводится в энциклопедических публикациях БелЭ: «Природа Беларуси», «Блакітная кніга Беларусі» [113, 2]. Уточненные данные по озерному фонду приводились в «Природно-хозяйственной классификации озер Беларуси» [154, 18]. Отдельные сведения о количестве водоемов и их территориальном распространении приводятся в научных публикациях сотрудников [89].

Всего на территории Беларуси за период с 1947 по 2002 г. выполнено комплексное (морфометрия и морфология, гидрология, гидрохимия, гидробиология, оценка хозяйственного использования и антропогенного влияния) или покомпонентное одноразовое обследование около 700 озер ледникового происхождения и 50 – старичного происхождения. Около 100 озер имеют неоднократные или многократные (гидрологические, гидрохимические, гидробиологические) обследования.

Распространение водоемов по территории республики и вопросы количественной оценки озерного фонда республики и озерности республики рассматривались неоднократно, но несмотря на многолетние исследования, изучение их нельзя считать завершенным. Карта озерности республики по административному принципу построена А. М. Макрицким в 1987 г., а в 2000 г. для Национального атласа она уточнена и построена по бассейновому принципу (Б. П. Власов, Ю. Н. Емельянов). В дополнение к имеющимся материалам в 2002 г. в рамках задания «Разработать АИСС рыбохозяйственного использования озер» ГНТП «Экобезопасность» совместно с БелНИИРХ выполнены обработка и систематизация данных учета рыбопромысловых и потенциально рыбопромысловых водоемов республики (более 3 тыс.) на основе данных учета районных служб рыбоохраны и инспекций природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Анализ озерного фонда. В целом территория Беларуси в пределах Восточно-Европейской равнины относится к регионам с повышенной

озерностью. По данным учета Госкомгидромет, общее количество озер – 10780. По данным лаборатории озероведения, учтенное количество озер ледникового генезиса площадью более 0,01 км² – более 2 тыс., старичных – более 3 тыс. (табл. 1).

Таблица 1

Количество озер по градациям площадей

Площадь зеркала (км ²)	Ресурсы поверхностных вод (1966)					Данные НИЛ озероведения БГУ	
	Западная Двина	Неман	Западный Буг	Днепр	Всего	Н. Н. Курлович, А. А. Серафимович (1981)	Изученных НИЛ озероведения
Менее 0,1	1875	984	318	6252	9429	–	21
0,11–0,25	360	–	1	184	545	420	97
0,26–0,5	229	24	11	66	330	276	133
0,51–1,0	154	23	2	13	197	180	115
1,01–5,0	168	15	15	19	217	149	142
5,01–10,0	23	4	3	4	34	25	20
10,1–15,0	6	2	1	1	10	9	8
15,1–20,0	4	–	1	–	5	3	5
20,1–25,0	2	1	1	1	5	2	3
25,1–30,0	1	–	–	1	2	2	1
30,1–40,0	2	–	–	–	2	2	2
40,1–60,0	2	–	–	1	3	3	2
60,1–79,6	–	1	–	–	1	1	1
Всего	2826	1054	353	6542	10780	1072	550

Частота встречаемости озер, их размеры и морфология находятся в зависимости от происхождения, положения в гидросети и рельефа окружающей территории, приуроченности к геоморфологическому району.

Распределение озер по территории республики и бассейнам рек весьма неравномерно. Величина озерности имеет широкий диапазон изменения, и коэффициент варьирует от 0,01 до 12 % (рис. 1).

Характер рельефа, особенности ландшафтов, развитость гидрологической сети, другие физико-географические особенности позволяют выделить в границах Беларуси три геоморфологические области: Белорусское Поозерье в северной части, Белорусское Полесье на юге и Белорусскую гряду с прилегающими равнинами в центре.

Основное количество озер приурочено к ледниковой морфоскульптуре позднеплейстоценового возраста, в границах позднего Позерского оледенения. Образование котловин озер связано с деятельностью и деградацией ледника, которая проявлялась в чередовании кратковременных подвижек и осцилляций ледниковых лопастей и языков. На контакте активного и мертвого льда формировались конечно-моренные краевые

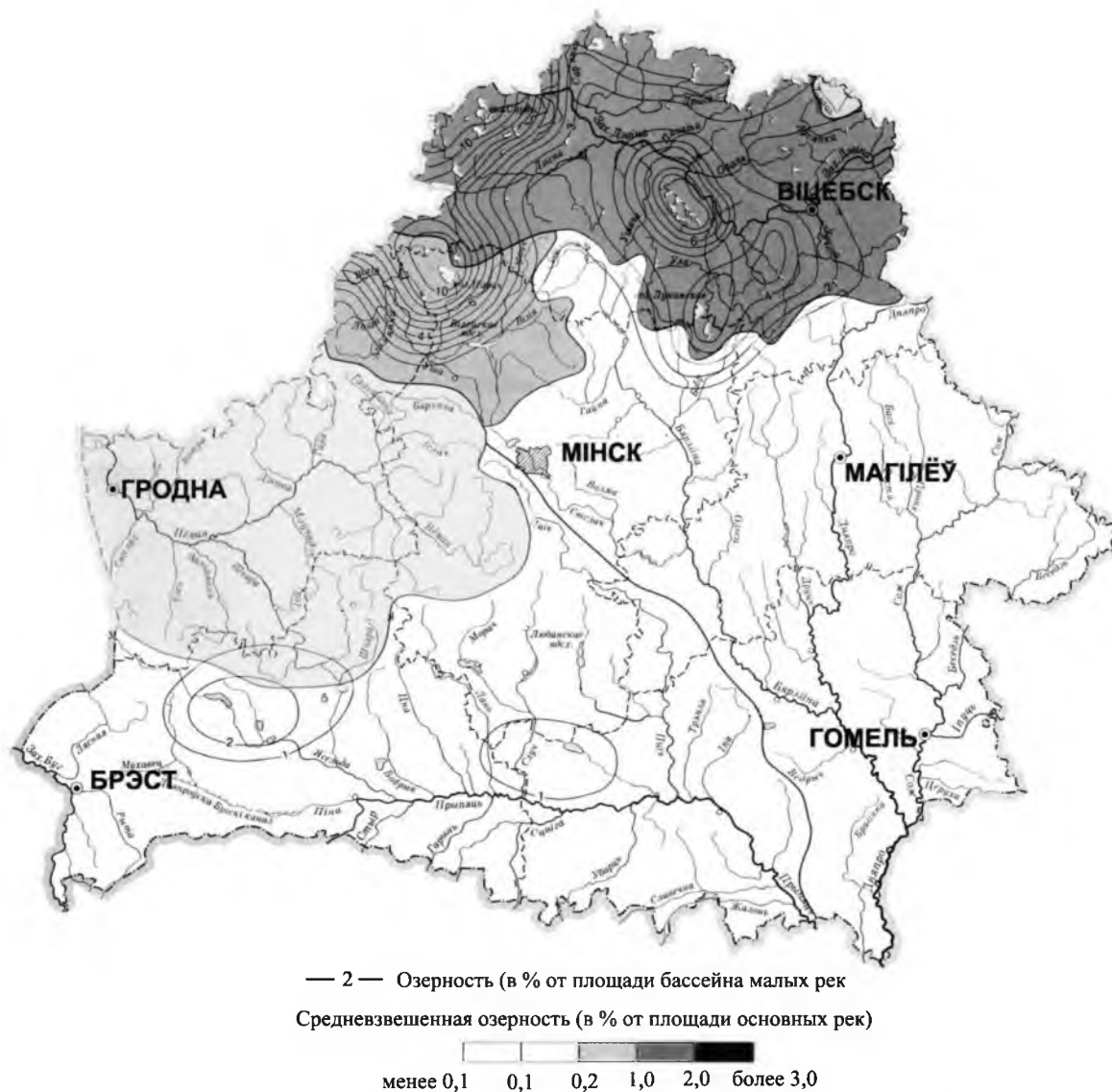


Рис. 1. Карта озерности Беларуси по бассейнам рек [25]

ледниковые образования с широким развитием озерных котловин подпрудного, ложбинного, термокарстового, эвразийного, сложного, остаточного типов, с большими площадями; занятые флювиогляциальными, озерными и болотными отложениями.

Наиболее развитые озеро-речные системы приурочены к таким краевым ледниковым образованиям, как Браславская, Невельско-Гродненская, Свенцянская, Ушачская, Лукомльская. В пределах территории наибольшая озерность (12 %) характерна для бассейна р. Друйка, где насчитывается 73 озера общей площадью 124,9 км². Высокой степенью озерности отличаются бассейны таких малых рек, как Дрыса (9,6 %), Туровлянка (8,4 %), Кривинка (5,2 %), Бельчица (7,6 %), Волта (4,8 %), Сечна (4,4 %). Если средняя величина озерности для всей Западной Дви-

ны в пределах Беларуси составляет около 2,3 %, то значительно ниже озерность для бассейна Вилии – 1,5 %. Однако в пределах Нарочанского озерного комплекса, приуроченного к Свенцянским краевым грядам, озерность достигает 9 %.

Оценка озерности территории республики, выполненная по градации высот, показала зависимость распространения водоемов от вертикальной дифференциации рельефа. Наибольшей величиной (1 %) характеризуются территории с абсолютными отметками высот 125–150 м, минимальные значения (0,02 %) имеют территории с высотами более 200 м, величины, близкие к средним (0,34 %), – низинные участки (менее 125 м над уровнем моря) [86].

В целом озерность в пределах мозаичного холмисто-моренно-озерного типа рельефа для всего Белорусского Поозерья составляет более 3 %. В границах Сожского оледенения, включающего краевые гряды возвышенностей Центральной Беларуси, характерна низкая озерность. Для бассейна Немана озерность не превышает 1 %, а для бассейна Днепра с его преимущественно равнинным рельефом озерность не превышает в среднем 0,1 %. Здесь ледниковые конечно-моренные гряды значительно денудированы, большинство озерных водоемов было спущено глубоко врезанными реками, связанными с большими уклонами продольных профилей. Многие превратились в заболоченные днища озер и в настоящее время представляют залежи торфяников. Малочисленные озера лежат в остаточных котловинах и отличаются плоскими днищами, низкими заболоченными берегами с большой мощностью озерных отложений.

Белорусское Полесье отличается многочисленными озерами позднеледникового и голоценового возраста. Образование крупных озер связано с потеплением и увлажнением климата на рубеже голоцена – периодами, когда медленное опускание территории обусловило подъем уровня грунтовых вод, что привело к избыточному обводнению плоского и пологоволнистого рельефа бассейна Припяти, заболачиванию наиболее низких участков. Самые крупные озера Полесья мелководны. Средняя величина озерности для Полесья едва достигает 0,2 %. По величине озерности выделяется бассейн реки Ясельды, на отдельных участках которого за счет существования крупных мелководных озер значение озерности достигает 2 % (табл. 2).

Исходя из статистического анализа, площадь озер Республики изменяется от 0,01 до 80 км². Основное количество озер (около 50,1 %) составляют озера площадью менее 0,1 км². На долю озер площадью от 0,1 до 1,0 км² приходится 41 % общей площади озер. Численность озер

площадью от 1 до 10 км² составляет 9 %.

Таблица 2

Количество, площадь озер и озерность по бассейнам рек Беларуси

Бассейн/ система	Площадь бассейна в Беларуси (км ²)	Количество озер	Площадь озер (км ²)	Озерность (%)
Западная Двина	33100	1479	950,85	2,8
Дисна	7730	275	176,11	2,2
Дрыса	6420	196	175,82	2,7
Оболь	2690	110	53,29	1,3
Улла	4090	87	112,19	2,7
Друйка	1050	93	125,39	11,9
Дива-Туровлянка	1000	93	84,17	8,4
Ушача	1150	121	29,02	2,4
Полота	470	60	14,09	2,8
Сосница	394	34	13,90	2,7
Овсянка	598	10	8,11	2,3
Нача	424	38	9,93	2,3
Лужеснянка	700	26	25,07	1,4
Лучоса	3510	26	16,51	0,7
Вята	424	24	33,11	4,1
Кривинка	637	10	8,55	5,2
Мерица	224	11	7,25	3,8
Сечна	166	12	7,80	4,4
Шевинка	342	12	5,76	2,3
Росица	150	10	1,88	3,6
Черногостница	185	7	10,04	0,9
Волта	207	4	0,98	4,8
Островница	83	4	1,67	1,2
Тросница	65	6	0,6	2,6
Витьба	275	5	0,75	0,8
Каспля	530	3	3,57	0,1
Бельчица	47	3	0,56	7,6
Бикложа	40	1	0,23	1,4
Сарьянка	800	2	0,07	0,0
Неман	35000	82	192,41	0,6
Вилия	11000	41	157,68	1,4
Котра	2060	21	17,88	0,9
Щара	6990	11	12,18	0,5
Молчадь	1140	2	2,34	0,2
Дитва	1200	1	0,15	0,01
Зельвянка	1940	1	0,2	0,01
Днепр	118000	77	56,36	0,05
Березина	24500	38	40,64	0,2
Сож	21500	15	4,75	0,02

Оршица	519	5	2,67	0,5
--------	-----	---	------	-----

Окончание табл. 2

Бассейн/ система	Площадь бассейна в Беларуси (км ²)	Количество озер	Площадь озер (км ²)	Озерность (%)
Друть	5020	4	2,19	0,04
Березовка	721	2	0,9	0,1
Артисловка	150	1	0,23	0,15
Бобр	2190	1	1,51	0,07
Добрица	149	1	0,29	0,2
Припять	51400	54	129,57	0,2
Ясельда	7790	9	37,27	0,5
Птичь	9170	7	7,59	0,08
Цна	1130	4	0,8	0,07
Пина	2460	4	4,21	0,17
Сколодина	275	1	0,13	0,05
Случь	5470	1	0,14	0,02
Ствига	4300	1	0,98	0,02
Бобрик	1902	1	0,15	1,02
Тремля	769	1	0,78	0,01
Смердь	502	1	0,12	0,02
Западный Буг	10000	14	16,56	0,07
Мухавец	6600	6	9,27	0,14
Спановка	200	3	1,03	0,5
Ловать	483	12	10,05	2,7
Всего		1285	1339,03	

Анализ фонда свидетельствует о неравномерном распределении озер по территории республики (рис. 2).

Основной природный фон всех озер региона выражает общие черты зоны смешанных лесов, которые фиксируются климатом, характером питания, круговоротом веществ и энергии. Однако для каждого озерного водоема отмечается набор специфических черт, которые не только выражают принадлежность к генетическому типу, но и позволяют определить его природно-ресурсный потенциал, направление использования и необходимость охраны.

Анализ данных многолетних комплексных исследований на основе классификационных природных показателей озер позволил сгруппировать и классифицировать озера по основным характеристикам, определяющим их природное значение: морфометрическим параметрам, гидрологическим показателям, основным сведениям о водосборе, гидрофизическим и гидрохимическим свойствам водной массы, составу и запасам илов и сапропелей (минерального сырья), биологическим показателям (табл. 3).

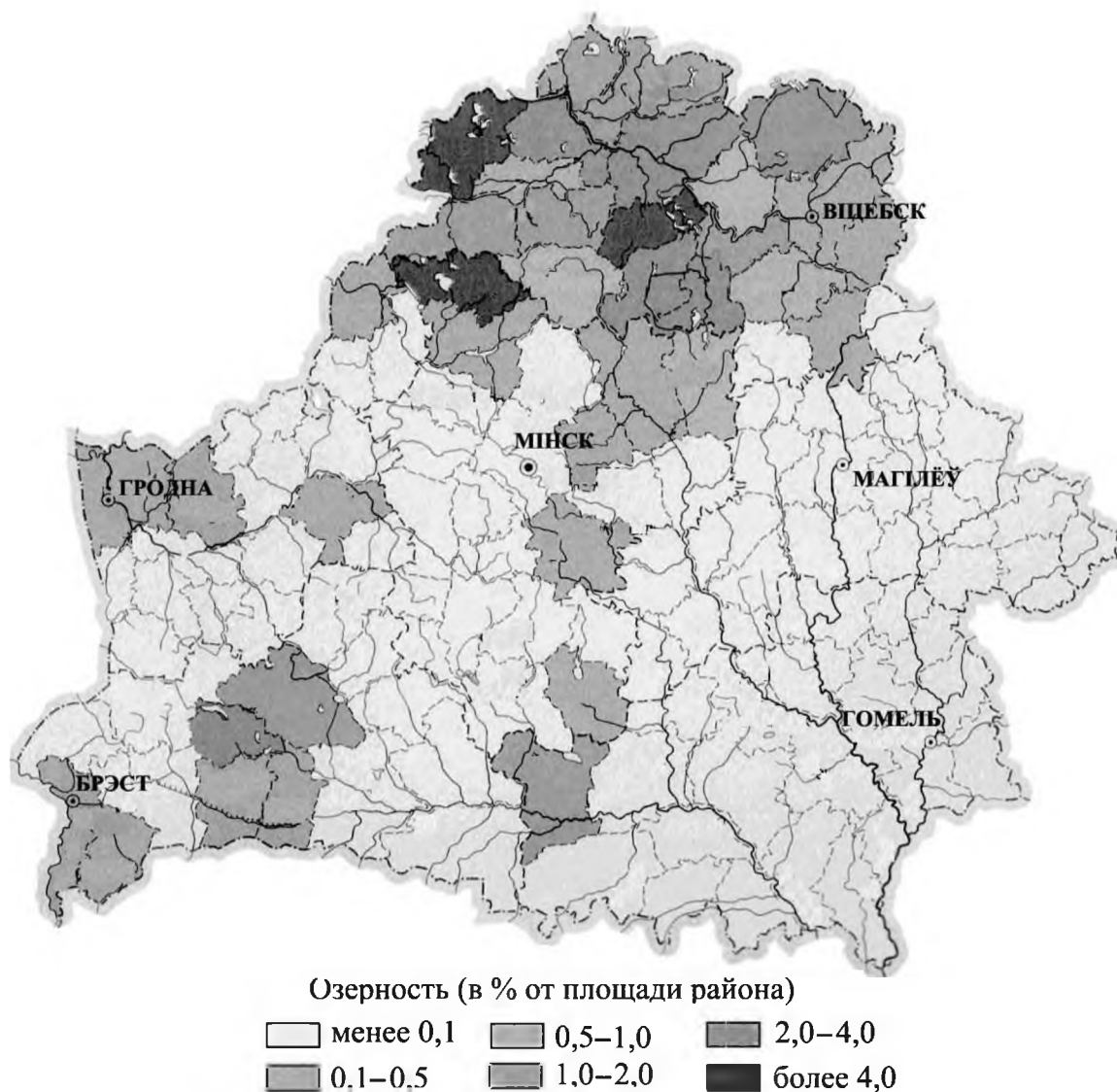


Рис. 2. Карта озерности Беларуси по административным районам [25]

Площадь озер республики изменяется от 0,01 до 80 км². Методы анализа статистических данных позволили получить характер распределения озер республики по градациям площадей. Основное количество водоемов (около 50 %) составляют озера площадью менее 0,1 км², следующей группой являются озера площадью от 0,1 до 1,0 км², на их долю приходится около 40 %. Численность озер площадью от 1 до 10 км² составляет 8 %. Количество водоемов других градаций резко сокращается по мере роста их размеров.

Водоемы республики по площади можно разделить на 7 градаций (табл. 4).

Максимальная глубина озер республики изменяется от 0,3 до 53,6 м. Количественное распределение озер по максимальной глубине очень

Таблица 3

Схема классификационных природных показателей

ПРОИСХОЖДЕНИЕ	Ледниковые	
	Старичные	
	Карстовые	
	Разливы	
ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ	Природный регион	
	Административный район	
ГИДРОГРАФИЯ И ГИДРОЛОГИЯ	Положение в гидрологической сети	
	Характер стока и притока	
	Характер водообмена	
	Показатели водосбора	Площадь Структура
МОРФОЛОГИЯ И МОРФОМЕТРИЯ	Форма и строение котловины	
	Площадь	
	Объем	
	Глубина	
	Ширина	
	Длина	
	Береговая линия	
ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНОЙ МАССЫ	Физические свойства	Температура
		Активная реакция
		Прозрачность
	Химические свойства	Растворенные газы
		Минеральные соединения
		Органическое вещество
ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	Видовой состав, численность, биомасса организмов	Макрофиты
		Фитопланктон
		Зоопланктон
		Зообентос
		Рыбы
ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ	Характер залегания и стратиграфия	
	Химический состав	
	Объем	

неоднородно. Около 40 % всей численности озер имеет максимальную глубину менее 5 м. Следует указать, что общее количество озер этой группы в республике значительно выше за счет числа неизученных, имеющих малую площадь. Доля озер глубиной 5–10 м – около 26 %,

Таблица 4

Количество и распределение озер по градациям площади

Размеры озер	Площадь, км ²	Количество озер, %
Очень малые	менее 0,1	49,2
Малые	0,11–1,0	40,2
Небольшие	1,01–5,0	8,1
Средние	5,01–10,0	1,3
Большие	10,01–15,0	0,4
Очень большие	15,01–20,0	0,2
Наиболее крупные	более 20,0	0,6

в целом основное количество озер (около 89 %) имеет максимальную глубину менее 20 м. По величине максимальной глубины водоемы можно ранжировать по шкале (табл. 5).

Таблица 5

Количество и распределение озер по градациям максимальной глубины

Градация глубины	Максимальная глубина, м	Количество озер, %
Очень малая	менее 2,50	12,7
Малая	2,51–5,0	27,3
Небольшая	5,01–10,00	26,6
Средняя	10,01–15,00	14,1
Повышенная	15,01–20,00	7,6
Большая	20,01–25,00	6,1
Очень большая	глубже 25,00	5,6

Из всего количества озер Беларуси к последней градации относится менее 40 водоемов, что составляет около 6 % от общего числа.

Количественное распределение водоемов по средней глубине заметно отличается от предыдущего. Средняя глубина озер изменяется от 0,2 до 18,5 м при среднестатистической величине для изученных $3,9 \pm 0,1$ м. Озер со средней глубиной до 1 м насчитывается около 30, что составляет около 5 % от числа изученных.

Подавляющее большинство водоемов республики (75 %) имеет глубину менее 5 м. Шкала глубин имеет несколько градаций (табл. 6).

Таблица 6

Количество и распределение озер по градациям средней глубины

Градация глубины	Средняя глубина, м	Количество %
Очень малая	менее 2,50	35,6
Малая	2,51–5,0	39,4
Средняя	5,01–10,00	22,2
Большая	10,01–15,00	2,1
Очень большая	15,01–20,00	0,7

Количество наиболее глубоководных озер республики очень ограничено, к предпоследней градации относится 12 и последней – 4 озера. Расчетные показатели объема водной массы озер республики изменяются от 0,0001 до 710 млн м³. По частоте встречаемости наиболее многочисленны водоемы с объемом водной массы до 1,5 млн м³, их количество составляет 45 %, или 246 объектов из числа изученных. Подавляющее количество водоемов (85 %) имеет запас воды менее 10 млн м³. На долю озер с объемом водной массы от 10 до 80 млн м³ приходится 1/10 часть обследованных водоемов. Большое количество озер имеет очень ограниченный объем воды, но вследствие слабой изученности расчет их запасов возможен только прогнозным методом. Градация объемов воды озер республики представлена в таблице 7.

Таблица 7

Количество и распределение озер по градациям объема

Градация объема	Объем озера, млн м ³	Количество озер, %
Очень малые	менее 1,0	32,6
Малые	0,11–5,0	42,5
Средние	5,01–10,00	10,6
Большие	10,01–20,00	6,9
Крупные	20,01–100,00	6,3
Очень крупные	более 100,01	1,2

Обращает на себя внимание низкая численность больших озер в пределах градации крупнее 100,0 млн м³, их численность составляет 1–2 % от общего числа изученных озер. Статистическая обработка информации позволила выявить характер распределения водоемов по площади и объему и разделить их на несколько групп. Наиболее многочисленна группа озер, характеризующихся малым объемом и небольшой площадью. Две группы озер с объемом до 50 и 100 млн м³ и площадью до 20 и 30 км² занимают примерно равные доли, наиболее крупные озера (объем более 100 млн м³ и площадь более 40 км²) малочисленны.

Морфометрические показатели, характеризующие подводную (коэффициенты емкости, открытости, глубинности) и надводную (коэффициенты удлиненности, изрезанности) формы котловин, являются производными морфометрических характеристик.

Коэффициенты емкости, рассчитанные по отношению средней и максимальной глубин озера, показывают, что подводную часть озера можно условно принять за правильную геометрическую фигуру: конус, параболоид, полуэллипс, цилиндр. Озера с цилиндрической формой котловины (коэффициент емкости, близкий к 1,0) имеют ограниченное пространство, и их доля не превышает 9,5 % от общего числа изученных.

В таких озерах средняя глубина приближается к максимальной и составляет 1,0–4,0 м. Наибольшее распространение имеют озера с параболоидной формой котловины, их число составляет 38,2 % изученных водоемов. Глубины в них колеблются в пределах 10–20 м, редко – 50 м. Коэффициент емкости составляет 0,33–0,50. Полуэллиптическую форму котловины с коэффициентом емкости 0,50–0,66 имеют 36,6 % изученных озер. Это неглубокие, часто мелководные озера глубиной 2,0–5,0 м. Коническая форма котловин встречается реже – в 15,7 % случаев. Это в основном карстовые озера с небольшой площадью зеркала и с глубинами от 5 до 20 м. Коэффициент емкости близок к 0,33. Таким образом, наиболее распространенными являются котловины параболоидной и полуэллиптической формы (табл. 8).

Таблица 8

Количество и распределение озер по форме котловины

Форма котловины	Коэффициент емкости	Количество озер, %
Коническая	< 0,33	15,7
Параболоидная	0,33–0,50	38,2
Полуэллиптическая	0,51–0,66	36,6
Цилиндрическая	> 0,66	9,5

По коэффициенту относительной глубины озера республики распределены следующим образом (табл. 9).

Таблица 9

Количество и распределение озер по грациям относительной глубины

Коэффициент относительной глубины	Количество озер, %
< 1	6,3
1–5,0	58,2
5,1–10	27,5
> 10	8,0

Наибольшее количество озер имеет незначительный коэффициент глубинности – от 1 до 5. Наименьшее значение этого показателя имеет 6,3 % изученных озер. Наибольшей величины (10–25) показатель относительной глубины достигает в небольших глубоких озерах, которых всего 8 %.

Показатель открытости озер изменяется от 0,1 до 8,8. Анализ распределения показывает, что наибольшим значениям показателя открытости соответствует всего 1,8 % изученных озер. В сравнительно глубоких, но небольших озерах показатель открытости резко снижается от 5,0 до 0,5. Озер с такой характеристикой чуть больше 20 %. Оставшиеся грации этого коэффициента – до 0,1 и от 0,1 до 0,5 – имеют малый интервал,

на них приходится 31,9 и 44,8 % исследованных озер соответственно (табл. 10).

Таблица 10

Количество и распределение озер по степени открытости

Степень открытости котловины	Показатели открытости	Количество озер, %
Слабо открытые	< 0,1	44,8
Умеренно открытые	0,1–0,5	31,9
Открытые	0,51–5,0	21,5
Хорошо открытые	> 5,0	1,8

Форму озерной котловины характеризует коэффициент удлиненности. Отношение длины к средней ширине озера показывает, что надводную конфигурацию озерной котловины можно условно принять за округлую, овальную и удлиненную. Озера с округлой формой котловины (коэффициент удлиненности от 1 до 1,5) имеют ограниченное распространение и составляют всего 18 % от общего количества. Наибольшее количество озер (44,8 %) имеет овальную форму котловины, удлиненная форма (коэффициент удлиненности > 2) присуща 37,2 % озер (табл. 11).

Таблица 11

Количество и распределение озер по форме котловины

Форма котловины	Коэффициент удлиненности	Количество озер, %
Округлая	< 1,5	18,0
Овальная	1,5–2,0	44,8
Удлиненная	> 2,0	37,2

По степени изрезанности (развития, извилистости) береговой линии озера можно разделить на слабо-, средне- и сильноизрезанные со следующими градациями (табл. 12).

Таблица 12

Количество и распределение озер по изрезанности береговой линии

Степень изрезанности береговой линии	Коэффициент изрезанности береговой линии	Количество озер, %
Слабоизрезанная	менее 1,5	42,8
Среднеизрезанная	1,5–2,0	32,4
Сильноизрезанная	более 2,0	24,8

Количественное распределение озер по этому показателю выявило, что наибольшее их количество (42,8 %) имеют слабоизрезанную, 32,4 % – среднеизрезанную, а 24,8 % озер – сильноизрезанную береговую линию.

Оценку водных ресурсов невозможно провести без учета их возобновимости. Основными факторами, определяющими возобновимость ре-

сурсов, являются гидрологическая характеристика озер и в первую очередь показатели: положение в гидросети и характер стока, амплитуда колебаний уровня, период водообмена, характер и структура водосбора.

По наличию притока поверхностных вод с водосбора озера подразделяются на проточные (имеется приток и выток), стоковые (только выток), непроточные (только приток), бессточные (притоки и выток отсутствуют).

Площадь водосборов озер отличается сильной вариабельностью (от 0,3 до 1782 км²), и количественное распределение водоемов по градациям площадей имеет ярко выраженный логарифмический характер. При среднестатистической величине площади водосбора для республики $65,8 \pm 6,2$ км² основное количество озер (73 %) имеет небольшие и средние водосборы (менее 35 км²). Очень ограниченное количество бессточных озер имеет очень малую площадь – от 1 до 5 км². По величине площади водосборов водоемы имеют градации (табл. 13).

Таблица 13

Количество и распределение озер по размерам водосбора

Размер водосбора	Площадь, км ²	Количество озер, %
Очень малый	менее 5	32,8
Малый	5,01–10,00	13,9
Небольшой	10,01–20,00	12,9
Средний	20,01–40,00	8,7
Большой	40,01–80,00	7,9
Очень большой	более 80,01	23,8

Общее количество озер с площадью водосбора от 100 до 300 км² не превышает 76, число озер с очень крупными водосборами (1000 км² и более) – около 5.

По структуре угодий водосборной площади можно выделить: лесные, болотные, сельскохозяйственные и сложные водосборы. Среднестатистическая облесенность водосборов составляет $37,2 \pm 1,4$ % площади. Однако количественное распределение водоемов с различной степенью облесенности очень неравномерно. Характер распределения озер на гистограмме и тест нормальности позволили четко выделить несколько градаций (табл. 14).

Водосборы лесные (75–100 %) и преимущественно лесные (50–75 %) имеют менее 25 % общего числа озер республики. Основное количество водоемов имеет облесенность ниже средней по республике (менее 30 %).

Величина площади болот, как и лесов, имеет широкий диапазон изменения. Средняя величина заболоченности изученных озер составляет

Таблица 14

Количество и распределение озер по структуре водосбора

Структура водосборов	Доля угодий	Количество озер, %
Преимущественно лесные	50–75 %	12,6
Лесные	75–100 %	10,8
Заболоченные	50–75 %	0,3
Болотные	75–100 %	1,0
Преимущественно сельскохозяйственные	50–75 %	44,8
Сельскохозяйственные	75–100 %	30,5

6,9±0,6 %. Преобладающее число водоемов (51 %) имеет заболоченность менее 3 %, около 40 % водоемов имеют водосборы, покрытые болотами на 3–10 %, количество изученных озер, имеющих полностью болотные водосборы, – менее 0,5 %. Следует отметить, что их численность в действительности несколько выше за счет малых неизученных водоемов. В случае равных долей угодий можно вводить понятие «смешанные».

Формирование качества водной массы и возобновимости запасов озерной воды происходит в результате водообмена. Интенсивность водообмена определяется соотношением объема притока с водосбора и объема водной массы озер. Количественное распределение водоемов в зависимости от периода водообмена имеет вид (табл. 15).

Таблица 15

Количество и распределение озер по степени водообмена

Степень водообмена	Период водообмена, лет	Количество озер, %
Очень высокий	менее 2	64,7
Высокий	2–4	15,1
Средний	4–8	10,6
Низкий	более 8	9,6

Подавляющее большинство изученных озер (64,9 %) характеризуется высоким водообменом (менее 2). Следующая по многочисленности группа озер (15 %) имеет период водообмена 2–4. Незначительное количество водоемов (менее 10 %) имеет период 8 и более лет. К их числу относятся крупные озера, имеющие большой запас воды и малую площадь водосбора.

Обратная величина отношения объема озера к объему притока (удельная водообменность), определяющая количество лет, необходимых для полной смены объема воды в озере, не столь показательна. По гистограмме распределения и тесту нормальности видно, что почти все водоемы (85 %) имеют очень малый период водообмена (менее 0,5 года). Шкала озер республики по величине удельной водообменности отражена в табл. 16.

Таблица 16

Количество и распределение озер по степени водообменности

Степень водообменности	Водообменность	Количество озер, %
Очень высокая	менее 0,4	33,4
Высокая	0,41–0,80	14,3
Средняя	0,81–1,60	13,1
Низкая	1,61–3,20	16,7
Очень низкая	более 3,21	22,5

Качество водных ресурсов озер определяет набор физико-химических свойств водной массы. Характер температурного режима водоемов определяется совокупным влиянием климатических факторов и особенностей строения котловины и объема водной массы, физико-химических свойств воды. По степени температурного расслоения и количественным характеристикам водоемы республики можно разделить на три группы (табл. 17).

Таблица 17

Показатели температурной стратификации озер

Градации	Летняя температура воды, °С			Температурный градиент в металимнионе
	поверхность	дно	разность пов./дно	
Стратифицированные	15–20	6–8	14–16	3,5–4
Слабо стратифицированные	20–25	10–15	до 10	1,5–2,0
Нестратифицированные	20–25	15–20	2–5	–

Количество приточных вод и внутриводоемные процессы определяют состав озерной воды. Ведущими показателями воды, определяющими ее потребительскую и хозяйственную ценность, являются: состав и количество растворенных солей, активная реакция, содержание органических веществ, ее прозрачность и цвет.

Минерализация озерной воды изменяется от 24,0 до 440 мг/л (единично отмечена 800 мг/л). Статистическая оценка параметров распределения свидетельствует о существовании 5 классов озер (табл. 18).

Таблица 18

Количество и распределение озер по величине минерализации воды

Степень минерализации	Минерализация воды, мг/л	Количество озер, %
Очень низкая	менее 50	4,7
Низкая	50,1–100,0	7,5
Средняя	100,1–200,0	37,3
Повышенная	200,1–400,0	50,1
Высокая	более 400,1–800,0	0,4

Озера первой группы составляют 4,7 % от числа обследованных озер. Также немногочисленна градация озер с минерализацией до 100 мг/л (около 7 %). Большая часть озер (36 %) – среднеминерализованные. Доля озер, имеющих повышенную минерализацию, достигает 50 % от общего числа изученных. Последняя группа озер немногочисленна.

Распределение водоемов по величине водородного показателя свидетельствует о том, что наиболее многочисленны водоемы, имеющие летом рН 7,5–8,5. Количество таких озер в сумме составляет 65 % от числа изученных.

Редкое явление (по 3 % от общего числа) для республики – щелочные водоемы, имеющие рН более 9, и кислотные, где рН менее 6,5. Предлагаемая шкала может выглядеть следующим образом (табл. 19).

Таблица 19

Количество и распределение озер по величине активной реакции воды

Активная реакция воды	Величина рН	Количество озер, %
Щелочная	более 9	3,5
Слабощелочная	8–9	61,4
Нейтральная	7–8	28,2
Слабокислая	6–7	4,5
Кислая	ниже 6	2,4

Высокая численность водоемов со слабощелочной средой определяет повышенную среднестатистическую величину рН $7,8 \pm 0,08$.

Степень гумификации на основе величины цветности по платиново-кобальтовой шкале озер Беларуси изменяется от 5 до 260 градусов. Среднестатистическая величина равна $46,9 \pm 1,5$. Распределение водоемов на 6 групп дало возможность установить градации (табл. 20).

Таблица 20

Количество и распределение озер по величине цветности воды

Цветность воды	Величина цветности, град.	Количество озер, %
Очень низкая	менее 10	5,8
Низкая	10,0–20,0	17,5
Средняя	20,1–40,0	35,3
Повышенная	40,1–80,0	30,3
Высокая	80,1–160,0	10,0
Очень высокая	более 160,1	1,1

Озера самых многочисленных третьей и четвертой групп охватывают почти 65 % водоемов. Озера, имеющие цветность выше 80 градусов, в сумме составляют около 11 %. Малочисленна также группа озер с цветностью воды менее 10 градусов.

Одним из ведущих показателей качества воды является прозрачность. Величина летней прозрачности изменяется от 0,2 до 9,5 м. Среднестатистическое распределение выборки носит логарифмический характер. Четко выделяется первая группа озер, имеющих очень низкую прозрачность – менее 1 м, их число составляет примерно 26 % от числа изученных. Не менее многочисленна группа озер с прозрачностью воды от 1 до 2 м. Водоёмы с градацией величины прозрачности от 2 до 4 м составляют 24 % от общего числа обследованных озер. Окончательный вариант шкалы по величине прозрачности имеет следующий вид (табл. 21).

Таблица 21

Количество и распределение озер по величине прозрачности воды

Прозрачность воды	Величина прозрачности, м	Количество озер, %
Очень низкая	менее 1,0	26,9
Низкая	1,1–2,0	41,6
Средняя	2,1–4,0	24,9
Высокая	4,1–8,0	6,2
Очень высокая	более 8,0	0,4

В целом озера республики имеют низкую прозрачность и из общего числа обследованных только 6,6 % озер имеют летнюю прозрачность выше 4 м.

Содержание органического вещества в воде – важная характеристика ее качества. Косвенно о содержании вещества можно судить по величине перманганатной и бихроматной окисляемости. Пределы колебаний бихроматной окисляемости – от 7,1 до 130 мгО/л при среднестатистической величине в озерах разных типов $59,5 \pm 4,5$ мгО/л. Ограниченный ряд наблюдений ($n = 35$) не позволяет с высокой степенью достоверности распределить водоёмы, поэтому ограничимся предварительной шкалой (табл. 22).

Таблица 22

Количество и распределение озер по величине бихроматной окисляемости воды

Бихроматная окисляемость	Величина окисляемости, мгО/л	Количество озер, %
Очень низкая	менее 7,5	2,8
Низкая	7,5–15,0	2,8
Средняя	15,1–30,0	11,4
Высокая	30,1–60,0	37,1
Очень высокая	более 60,0	45,7

Распределение озер по величине перманганатной окисляемости имеет две ярко выраженные группы: с высоким содержанием органического вещества (более 14 мгО/л) и низким (до 14 мгО/л). Исходя из количественного распределения, можно предложить 5 классов (табл. 23). Среднестатистическая величина для озер Беларуси составляет $9,2 \pm 0,3$ мгО/л. Наиболее многочисленны озера третьего класса, и их количество состав-

ляет 51 %. Количество водоемов первой и последней градаций составляет около 2 %.

Таблица 23

Количество и распределение озер по величине перманганатной окисляемости воды

Перманганатная окисляемость	Величина окисляемости, мгО/л	Количество озер, %
Очень низкая	менее 3,5	2,3
Низкая	3,5–7,0	23,7
Средняя	7,1–14,0	51,5
Высокая	14,1–28,0	20,2
Очень высокая	более 28,1	2,3

Видовой состав и количественное развитие гидробионтов зависят от лимнологических особенностей озер, физических и химических свойств среды обитания, обеспеченности экосистем питательными веществами. Диапазон изменчивости величин достаточно широк, но обобщение большого массива данных натурного обследования разнотипных озер позволяет выделить критерии, определить градации и классифицировать озера республики по количественным показателям.

Видовой состав, количественное развитие и распространение макрофитов зависят от особенностей строения, физических и химических свойств среды обитания – озерных экотонов. По богатству видового состава макрофитов водоемы разделены на три группы, которые соответствуют природным типам озер (табл. 24).

Таблица 24

Характеристика видового состава макрофитов озер

Видовой состав	Количество видов	Тип озера
Бедный	до 10	Низкоминерализованные с признаками олиготрофии, гиперэвтрофные
Средний	11–30	эвтрофные
Богатый	более 30	мезотрофные

По степени зарастания изученные озера республики разделены на 5 типов (табл. 25).

Таблица 25

Количество и распределение озер по степени зарастания макрофитами

Степень зарастания озер	Площадь зарастания, %	Количество озер, %
Очень слабо заросшие	менее 10	4,0
Слабо заросшие	10–20	30,0
Умеренно заросшие	21–40	37,0
Сильно заросшие	41–80	10,0
Сильно и полностью заросшие	более 80	19,0

Биомасса макрофитов, определяющая запас растительных ресурсов водоемов, изменяется от 0 до 0,5 кг воздушно-сухого веса (ВСВ) на 1 метр квадратный зарослей. По величине биомассы макрофитов озера можно разделить на четыре группы (табл. 26).

Таблица 26

Количество и распределение озер по величине биомассы макрофитов

Величина биомассы	Биомасса макрофитов, кг ВСВ/м ²	Количество озер, %
Очень низкая	менее 0,01	12,0
Низкая	0,01–0,20	43,0
Средняя	0,21–0,40	40,0
Высокая	более 0,41	5,0

К настоящему времени в альгофлоре Беларуси установлено 2338 таксонов водорослей рангом ниже рода, которые принадлежат к 363 родам, 134 семействам 22 классов и 10 отделам [102]. По данным комплексного обследования озер НИЛ озераведения, в видовом составе летнего фитопланктона встречено 597 таксонов водорослей (родов, видов и вариаций), среди которых 297 зеленых, 143 – диатомовых, 101 – сине-зеленых, 41 – эвгленовых, 25 – золотистых и 20 – пироксифитовых. В эвтрофных озерах отмечено 538 таксонов, в мезотрофных – 247, в мезотрофных с признаками олиготрофии – 91, в гипертрофных – 170, в дистрофных – 226 и в ацидотрофных – 34 таксона.

В зоопланктонном сообществе насчитывается 282 таксона (родов, видов и вариаций), в том числе коловраток – 158, ветвистоусых рачков – 88 и веслоногих – 36. В эвтрофных озерах обитает 259 видов, в мезотрофных – 147, в мезотрофных с признаками олиготрофии – 105, в гипертрофных – 110, в дистрофных с нейтральным значением рН – 107, в дистрофных с рН < 6 (ацидотрофных) – 47.

В составе зообентоса Беларуси обнаружено 963 таксона рангом вида [72]. По данным комплексного обследования НИЛ озераведения, отмечено 368 родов, видов и форм, в том числе личинок хирономид – 105, олигохет – 55, моллюсков – 52, личинок ручейников – 42, стрекоз – 28 и жуков – 27. В эвтрофных озерах обитает 358 таксонов, в мезотрофных – 136, в мезотрофных с признаками олиготрофии – 119, в гипертрофных – 129, в дистрофных – 114, в озерах с кислой средой – 27.

Численность и биомасса гидробионтов озер Беларуси сильно изменчива. Численность фитопланктона в летний период колеблется очень значительно – от 0,001 до 1022 млн кл./л, зоопланктона – от 1,4 до 2035 тыс. экз./м³, бентоса – от 147 до 62072 экз./м². Широкие пределы колебания фиксируются также и для показателя биомассы: фитопланктона – от 0,03 до 149 г/м³, зоопланктона – от 0,01 до 10 г/м³, зообентоса –

от 0,19 до 44 г/м². При распределении по классам биомассы, образуемой растительными и животными организмами, выявлено, что 6 % озер Беларуси относится к классу с очень низкой биомассой фитопланктона – до 0,5 г/м³; 13 % озер составляет класс с низкой биомассой – 0,5–1 г/м³; средний и умеренный – в сумме 37 % водоемов, биомасса которых равна 1–4 г/м³, к классу с очень высокой биомассой относится 12 % озер.

По величине биомассы зоопланктона класс с очень низкой биомассой составляет 7 % озер, с высокой – всего 2 %. Большинство озер Беларуси по этому показателю укладывается в рамки умеренного и среднего классов, что в сумме составляет 64 % всех водоемов.

Биомасса, образуемая сообществом зообентоса (1,25–2,5 г/м²), соответствует очень низкому и низкому классам, к ним относятся 25 % озер. Очень высокий класс с биомассой бентоса более 40 г/м² составляет только 1 % озерного фонда.

Более половины белорусских озер относительно биомассы зообентоса принадлежит к умеренному и среднему классам; в сумме такие озера составляют 52 %. Средние показатели летней численности и биомассы сообществ гидробионтов в разных типах водоемов показали, что достоверная разница отмечена между численностью и биомассой фито- и зоопланктона мезотрофных и эвтрофных озер, а также между биомассой зообентоса мезотрофных и дистрофных озер. В остальных случаях достоверной разницы при сравнении средних величин численности и биомассы фито- и зоопланктона и зообентоса не наблюдается. Однако несмотря на это, по интегральной величине средней численности и биомассы для летнего периода по развитию гидробионтов можно выделить группы озер (табл. 27).

Таблица 27

Количество и распределение озер по величине биомассы гидробионтов

Класс	Фитопланктон		Зоопланктон		Зообентос	
	биомасса, г/м ³	количество озер, %	биомасса, г/м ³	количество озер, %	биомасса, г/м ³	количество озер, %
Очень низкий	0,5	6	0,5	7	1,25	9
Низкий	0,5–1	13	0,5–1	12	1,25–2,5	16
Умеренный	1–2	17	1–2	30	2,5–5	26
Средний	2–4	20	2–4	34	5–10	26
Повышенный	4–8	17	4–8	15	10–20	16
Высокий	8–16	15	8–16	2	20–40	6
Очень высокий	16	12	16	–	40	1

Среднестатистические показатели летнего фито-, зоопланктона и зообентоса в обследованных озерах различного трофического уровня (численность/биомасса) имеют значения (табл. 28).

Таблица 28

Характеристика развития гидробионтов в озерах разного типа

Сообщество	Единицы	Мезотрофные озера	Эвтрофные озера	Дистрофные озера
Фитопланктон	млн кл./л	15.0 ± 6.8	41.8 ± 6.6	32.8 ± 24.5
	г/м ³	$4,28 \pm 1,74$	$8,56 \pm 0,94$	$6,89 \pm 4,75$
Зоопланктон	тыс. экз./м ³	150 ± 25	351 ± 25	230 ± 103
	г/м ³	$1,3 \pm 0,17$	$2,83 \pm 0,15$	$1,71 \pm 0,60$
Зообентос	экз./м ²	1290 ± 165	2112 ± 299	1881 ± 606
	г/м ²	$12,1 \pm 9,7$	$7,85 \pm 0,62$	$8,15 \pm 2,66$

1.2. Многолетняя изменчивость озер Беларуси под влиянием естественных факторов

Эволюция озерных водоемов со времени дегляциации территории Беларуси служит отражением глобальных и локальных изменений природно-климатических условий территории. Ландшафтно-географические факторы территории участвуют в обогащении питательными веществами экосистем озер и формировании того или иного типа водоема и уровня трофности. Эти процессы подчиняются совокупному воздействию зональных и азональных факторов и, в конечном счете, определяют характер связи внутреннего состояния экосистемы с внешними условиями окружающего пространства. Трофический статус озер, развитие и изменение биоты определяются количеством поступления биогенных веществ, их аккумуляцией и внутриводоемным преобразованием. Приток поверхностных и грунтовых вод с водосбора обеспечивает транспорт питательных веществ в озерные экосистемы. Объем и химический состав вод зависят от гидрологических (положение озера в гидрологической сети, морфология и морфометрия котловин), природно-климатических (количество осадков, температура воздуха) и морфоэдафических характеристик (состав пород, рельеф водосбора). Интегральной величиной, отражающей связь водоема и водосбора, можно считать величину периода водообмена озера, исчисляемую отношением величины объема водной массы водоема и объема притока. Проточность водоемов за период существования современных озер изменялась в соответствии с изменением обводненности территории, развития гидрографической сети и изменением уровня озер.

Конечным результатом переработки озерной системой автохтонного и аллохтонного вещества являются донные отложения, состоящие из

смеси органического и минерального материала озерного и водосборного бассейнов. В небольших озерах с простыми водосборами отложения отображают локальные экологические изменения в озере и на водосборе. При большой площади водосбора в осадках фиксируются глобальные изменения и события обширных областей и регионов [37, 47, 61, 68, 69].

Анализ химического состава и руководящих биоконпонентов в осадках озер в сочетании с геоморфологическим методом исследования котловин (террасового комплекса) позволяет проводить реконструкцию гидрологических условий, палеоэкологической обстановки, диагностику трофического состояния экосистем водоемов [4, 26].

Изменение гидрологической обстановки озер Балтийских Поозерий зоны смешанных лесов в поздне-последлениковское время отразилось в эволюции озерных лимносистем, которая только в общих чертах с законом нарастания энтропии систем отражает закономерность изменения уровня трофности от олиго-мезотрофного состояния через эвтрофное к дистрофному и стадии болота.

Сформировавшиеся к настоящему времени основные генетические и биолимнологические типы озер могут быть охарактеризованы определенными показателями [117, 151].

Олиготрофные озера на территории Балтийских Поозерий во временном отрезке ограничены позднеледниковьем; характеризуются чаще всего значительной глубиной, хорошо выраженной термической стратификацией, прозрачными, низкоминерализованными, богатыми кислородом водами, с низким водообменом, стоковые или бессточные, с терригенным, терригенно-глинистым типом седиментации. Слабая обеспеченность питательными веществами определяет низкий уровень продукционных процессов и новообразования органического вещества. Остатки водорослей в минеральных отложениях этого времени встречаются ограниченно, с преобладанием диатомовых рода *Flagilaria Lingb.*

Водоемы мезотрофного типа являются промежуточной стадией между олиготрофными и эвтрофными водоемами при естественном обогащении экосистем биогенными элементами и неуклонном возрастании уровня трофности. Как правило, они глубоководные и среднеглубокие, слабопроточные, с высокими характеристиками качества воды, биотерригенным, биохемогенным типом седиментации. Для этих водоемов характерно богатство видового состава, особенно среди диатомовых водорослей. Общее количество остатков водорослей изменяется, как правило, от 1 до 4 млн экз. в 1 см³ осадка естественной влажности. Осадки характеризуются четко выраженной стратифицированностью и частой сменой доминирующих групп водорослей. В осадках доминируют планктонные

диатомовые водоросли родов *Cyclotella* Kütz.Bréb., *Aulacoseira* Thw. и донные *Navicula* Bory, *Pinnularia* Ehr., *Fragilaria* Lingb., *Amphora* Ehr., *Girosigma* Hass., кремнистые цисты золотистых водорослей, ткани погруженных растений [14, 64, 65].

Наиболее сложный и разнообразный тип водоемов – эвтрофный. Гидрохимические и гидробиологические показатели данного типа значительно варьируют в зависимости от морфологии и параметров котловин, степени водообмена и состава приточных вод. Озера отличаются высокой обеспеченностью питательными веществами (главным образом фосфором и азотом), поступающими из выщелачиваемых почв и пород водосборов. В слабопроточных озерах этого типа, как правило, формирующих сапропели кремнеземистого и органического типа, накопление органического вещества в экосистеме способствует формированию терригенного, биотерригенного, хемогенного типа седиментации. Хорошо прогреваемые, насыщенные кислородом воды даже в условиях ограниченной прозрачности благоприятствуют массовому развитию гидробионтов. Для стратиграфических разрезов водоемов эвтрофного типа отмечено максимальное содержание остатков водорослей (до 12 и более млн экз. в 1 см³), они характеризуются стабильностью видового состава доминирующих групп водорослей. Основная группа биоостатков – диатомовые водоросли, главным образом планктонные: *Aulacoseira* Thw., *Cyclostephanos* Round., *Asterionella* Hassal, *Synedra* Ehr. и обрастатели: *Fragilaria* Lingb., *Cymbella* Ag., *Nitzschia* Hass., *Gomphonema* Ehr. Наряду с диатомеями присутствуют водоросли других групп (сине-зеленые, протококковые, нитчатые – виды *Pediastrum duplex*, *Tetraedron minimum*, доминанты летнего цветения вод *Aphanizomenon* sp., *Microcystis* sp., показатели щелочности – оболочки *Phacotus* sp. и др.)

Дистрофный тип, или иначе дистрофирующие водоемы, развиваются в условиях бедного биогенного питания и под сильным влиянием гумусированных вод болотного происхождения. Данный тип характеризуется низким развитием органической жизни, в том числе планктона и бентоса. В сапропелях дистрофных озер отмечена наименьшая численность остатков водорослей, абсолютное их количество редко превышает 1 млн экз. в 1 см³ осадка. Биоиндикаторы дистрофных вод представлены незначительным содержанием остатков эпифитных видов диатомовых (рода *Fragilaria* Lingb.), численность которых увеличивается при возрастании проточности водоема, многочисленными видами *Scenedesmus*, спорами и пылью, тканями водно-болотных растений, специфическими видами кальциефобных видов *Cladocera*. Часто в осадках преобладают протококковые и донные сине-зеленые водоросли из рода *Lyngbia* sp. Озера

характеризуются терригенным, биотерригенным, биогенным типом седиментации [15, 47, 83, 88].

В зависимости от характера питания и степени проточности можно выделить два типа дистрофных озер. Стоковые, окруженные верховыми болотами озера с преобладанием автохтонного органического вещества, имеют низкоминерализованные, бесцветные (неокрашенные), высокопрозрачные воды. Стоково-приточные, транзитно-аккумулятивные озера, получающие питание из низинных и переходных болот с преобладанием аллохтонного органического вещества, имеют низкоминерализованные, желтоокрашенные воды с низкой прозрачностью.

Озера, достигающие предельно высоких стадий эвтрофии, выделяются как гипертрофные, но в отличие от предыдущих формируются не в естественных природных условиях, а исключительно под влиянием деятельности человека. В верхней части стратиграфических разрезов под влиянием увеличения притока питательных веществ происходят изменения в биологических сообществах. В видовом составе доминирующую роль занимают виды, толерантные к высоким концентрациям азота и фосфора. Происходит смена доминантных видов родов *Cyclotella* Kütz. Bréb. и *Amphora* Ehr. на *Fragilaria* Lingb. и *Stephanodiscus hantzschii*. Появляются виды – индикаторы антропогенной трансформации, происходит сокращение донных видов, возрастает численность планктонных, а среди эпифитов превалирует космополит *Fragilaria construens* et var. В комплексах возрастает численность видов, предпочитающих повышенную минерализацию воды и щелочную среду. Продукционные процессы на начальном этапе антропогенного эвтрофирования возрастают, а при гипертрофировании сокращаются. Аналогичным образом изменяется видовое разнообразие флоры.

Детальные палеогеографические и палеонтологические исследования отложений озер подзоны смешанных лесов, проведенные рядом авторов для Балтийских Поозерий (Беларуси и сопредельных территорий Литвы, Латвии, Центральной России), позволяют наметить основные этапы эволюции озер и палеогеографические условия, в которых они развились на протяжении позднеледниковья и голоцена. Палеолимнологические данные свидетельствуют не только о разной скорости повышения уровня трофности экосистем, но и представляют неопровержимые доказательства того, что водоемы могут длительное время сохранять постоянным или даже понижать свой трофический статус (табл. 29).

Образование котловин озер под действием активного льда и ледниковых вод и потоков в пределах Балтийских Поозерий происходило в конце позднего плейстоцена – вплоть до среднего дриаса включительно.

Таблица 29

Изменение уровня трофности озер на протяжении поздне- и послеледникового времени по данным геохимических и палеонтологических исследований отложений озер

Озеро	Проточность	Периоды по Блитту–Сернандеру										Автор, публикация
		Dr ₁	Вё	Dr ₂	Al	Dr ₃	PВ	BO	A	Sb	Sa	
Нарочь	14,9	О	О	О	О	О	О	О	О-М	М	М	Хурсевич, [136]
Рудаково	10,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	М	
Долгое	7,01	О	О	О-М	О-М	М	Э-М	Э-М	М-Э	М-О	М	Власов, [47]
Воркалю	1,25	—	—	—	—	—	О-М	М	Э-М	М	М-Э	Давыдова, [37, 38]
Сомино		—	—	—	—	О	О	О-Э	Э	Э	Э	Козыренко, [73]
Мястро	2,47	—	—	—	—	—	О	О	О-Э	Э	Э	Хурсевич, [136]
Баторино	0,74	—	—	—	—	—	Э	Э	Э	Э	Э	
Глубелька	5,67	—	—	О	О	О	Э	Э	Э	Э	Э	
Неро		—	—	—	—	О	О-Э	Э	Э	Э	Э	Гунова, [34]
Потех	0,71	—	—	О	О	О	Э	Э	Э	Э	Э	Якушко, [150]
Ильменок	1,15	—	—	—	—	—	Э	Э	Э	Э	Э	Власов, [26]
Медведно	2,81	—	—	—	—	—	Э	Э	Э	Э	Э	
Забельское	0,22	—	—	—	—	—	Э	Э	Э	Э	Г	
Ильгис		—	О	О	О	О	О-Э	Э	Э	Э	Э	Кабайлене, [61– 69]
Друкшай		—	—	О	О	О	О	О	О-Э	Э	Э	
Бебрукас		—	О	О	О	О	Э	Э	Э	Э	Э	
Жувинтас	8,7	—	—	—	—	О	О-Э	Э	Э	Э	Э	
Крижиочяй		—	—	—	—	—	—	Э	Э	Э	Э	
Гульбинай	14,0	—	—	—	—	—	—	Э	Э	Э	Э	
М. Гульбинай	0,2	—	—	—	—	—	—	Э	Э	Э	Э	
Мяргялюкио		—	—	—	—	—	—	Э	Э	Э	Э	
Гуделяй		—	—	—	—	—	—	Д	Д	Д	Д	
Судoble	0,50	—	—	—	О	О	Д	Д	Д	Д	Д	
Колдычевское	0,12	—	—	—	О	О	Д	Д	Д	Д	Д	
Олтушское	2,68	—	—	—	—	М	М-Д	М-Э-Д	Э-Д	Д-Э	Э	Власов, [22]
Мено	0,02	—	—	—	—	—	—	Э	Э	Э	Э	Власов, [47]
Святское		—	—	—	—	—	—	М	М-Э	Д	Э	

Условные обозначения: — — данные отсутствуют, **О** – олиготрофный, **М** – мезотрофный, **Э** – эвтрофный, **Г** – гипертрофный, **Д** – дистрофный тип озера

Формированию водной массы озер предшествовал спуск обширных приледниковых водоемов и образование в понижениях в условиях холодного арктического климата позднеледникового неглубоких замерзающих на длительный период водоемов дистрофно-олиготрофного типа, в которых проявлялись процессы термокарста и формировались глинисто-алевритовые и песчаные отложения [99, 136, 155]. Северная территория зоны (Литва, Латвия, запад России) освободилась от приледниковых вод несколько позже – в беллинге [37, 67].

На протяжении арктического периода в водоемах развивались нетребовательные к условиям жизни виды, имеющие диапазон встречаемости от олиготрофных до дистрофных водоемов. Типичные представители флоры: *Fragilaria breviatriata* Grun., *F. pinnata* Ehr., *F. construens* с разновидностями, широкое развитие получили *Amphora pediculus* (Kütz.) Grun., *Gyrosigma attenuatum* (Kütz.) Rabenh. Диатомовую флору этой эпохи отличала бедность видового состава и преобладание представителей дна и перифитона [66, 136].

В субарктическое время, начавшееся с потепления климата в аллереде, продолжают процессы интенсивной расконсервации озер, появляются первичные молодые озера в пределах моренных возвышенностей и равнин. Водоемы по-прежнему носят олиготрофный характер и в условиях начавшегося интенсивного выщелачивания пород водосборов становятся бассейнами седиментации органоминеральных, карбонатных (Долгое, Межжужол, Нарочь, Глубелька, Песочное, Малое) осадков [47, 150]. В относительно глубоких озерах формируется богатая и количественно разнообразная флора и фауна. Массовое развитие получают планктонные виды *Cyclotella* Kütz. Bréb. (*C. antiqua* W. Sm., *C. comta* (Ehr.) Kütz., *C. kuetzingiana* Thw., *C. meneghiniana* Kütz., *C. ocellata* Pant., *C. operculata* (Ag.) Kütz.). В мелководных водоемах развиваются бентосные виды родов *Fragilaria* Lingb., *Navicula* Bory., *Pinnularia* Ehr., где им принадлежит доминирующая роль [6, 34, 37, 38, 47, 73, 66, 67, 136].

Ранний этап голоцена, начавшийся с предбореального периода, ознаменовался коренными изменениями в развитии озерных водоемов лесной зоны. Для этого времени характерна расконсервация озерных котловин и формирование водной массы озер северной части зоны – Латвии [37, 38]. Озерам этого периода соответствуют комплексы фауны и флоры олиготрофного и мезотрофного типов. Озера южной части региона (Литвы, Беларуси, центра России) развивались в условиях континентального и относительно теплого климата. Изотопно-кислородные кривые, полученные при изучении карбонатных отложений в различных регионах страны (разреза Птичь, Теклиц, Оконо, Лозовики), фиксируют

значительное потепление климата именно на рубеже позднего дриаса и голоцена [172]. Продолжали развиваться современные озера, возникшие в позднеледниковье, в большинстве из которых отмечается значительное и весьма синхронное понижение уровня и сокращение площади [54]. Именно с этими процессами, на наш взгляд, связано образование подсапропелевых торфянистых слоев, вскрытых в сублиторальных частях озер Свитязь, Волосо, Езерище, Кривое, Богдановское, Ричи, Мошно и ряде других [5, 81, 155]. Радиоуглеродный возраст этих слоев охватывает временной интервал от 10200 до 9800 л. н. Сходные процессы происходили и на смежных территориях [163, 178, 183].

Этап падения уровня озер совпадает с уменьшением флювиальной активности в речных бассейнах около 10,0 тыс. л. н. [180], с исчезновением Балтийского ледникового озера (около 10,2 тыс. л. н.) и регрессивной фазой Иольдиевого моря (около 9,8 тыс. л. н.) [114, 175, 184]. Согласно Н. А. Хотинскому, этот этап для территории Русской равнины соответствует половецкому потеплению (10300–10000 л. н.) [134, 135]. В начале голоцена практически во всех озерах северо-запада и юго-запада республики отмечается также накопление осадков с повышенным содержанием карбонатов, что свидетельствует о росте температурного режима и переходе ряда озер в мезотрофную фазу развития.

На протяжении бореального периода отмечаются изменения климата как в сторону потепления, так и похолодания. Анализ данных, полученных различными специалистами при изучении динамики озерных уровней в 25 водоемах республики, показал, что около 8,5 тыс. л. н. средние и низкие уровни установились в большинстве из них [55, 182, 183]. Исследования микрофоссилий также свидетельствуют о низком уровне существовавших озер. Поступление с грунтовыми и поверхностными водами питательных веществ обусловило резкую дифференциацию водоемов на различные биолимнические типы. Мелкие, с малым объемом водной массы и низким водообменом озера приобрели дистрофный характер, который сохраняется до настоящих дней. Проточные водоемы, хорошо обеспеченные питательными веществами, приобрели черты эвтрофных. Водоемы, расположенные в крупных сильно врезанных в рельеф котловинах, но с замедленным водообменом при слабом развитии питающей гидрографической сети, сохраняли олиго-мезотрофный режим. Наряду с минеральными отложениями в озерах формируются карбонатные сапропели.

В отложениях бореального периода комплекс биофоссилий отличается большим количественным развитием в богатых жизнью озерах и бедным видовым составом в дистрофных водоемах. Для флоры харак-

терно снижение роли планктонных и донных видов. Руководящими выступают эпифитные виды родов: *Epithemia Bréb.*, *Cymbella Ag.*, *Fragilaria Lyngb.* Часто встречаются виды: *Cyclotella comta (Ehr.) Kütz.*, *Navicula bacillum (Kütz.) Pascher, Ehr.*, *Navicula oblonga Kütz.*, *Amphora ovalis Kütz.*, *Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.* В осадках наиболее распространенного эвтрофного типа преобладают протококковые, вольвоксовые водоросли, фрагменты животных. В конце бореального периода (8400–7800 л. н.) произошло похолодание климата, которое отмечалось во многих регионах Европы [173, 179, 180].

Атлантический период является временем температурного оптимума и повышенного количества осадков в голоцене. Флуктуации озерных уровней в течение атлантического периода были существенно асинхронными как на территории республики, так и в смежных регионах. В Южной Швеции и Эстонии высокие и средние уровни озер отмечались между 7,5–6,0 тыс. л. н., а понижение – после 5,0 тыс. л. н. [156, 162]. На территории Польши в атлантическом периоде доминируют низкие и средние уровни водоемов [173, 174]. В большинстве озер республики около 7,5–7,0 тыс. л. н. фиксируются низкие и средние уровни, а к 6,5–6,0 тыс. л. н. – высокие и средние [55]. На последнем отрезке атлантического этапа (6000–5000 л. н.) на большей части страны отмечался новый тренд к падению озерных уровней, однако в Поозерье около 5,5 тыс. л. н. в ряде озер они оставались по-прежнему высокие. С понижением уровней озер в начале периода связано накопление торфянистых слоев и грубодетритового сапропеля в сублиторальных зонах озер Селяхи, Выгоновское, Споровское, Лочинское, Рубовское и др., усилились процессы заболачивания древних озерных котловин (болота Освея, Ельня, Кривина, Сервечь, Целевичи, Воробьи, Ореховский мох и др.). В большинстве случаев озерные отложения атлантического периода представлены смешанными, тонко- и грубодетритовыми сапропелями, илами. Процессы накопления известкового типа осадков продолжались в местах распространения карбонатных отложений на северо-западе и юго-западе республики, при этом в их составе возросла роль органического вещества [47, 150, 151]. В условиях теплого, влажного климата значительно увеличилась проточность водоемов, возросло поступление питательных веществ с водами, дренирующими водосборы. Процессы эвтрофирования охватывают не только малые озера, но и крупные (Мястро, Нарочь, Друкшай). Дистрофные водоемы сохраняют свой статус, в них господствует фрагиляриевая флора. В широко распространенных озерах эвтрофного типа богатая и разнообразная флора и фауна характеризуются массовым развитием и доминированием в сообществах сине-зеленых во-

дорослей, обильным развитием вольвоксовых, в осадках – высокая численность остатков животных и макрофитов (рис. 3).

В диатомовых комплексах преобладают планктонные виды родов *Aulacoseira* Thw., *Stephanodiscus* Ehr., *Cyclotella* Kütz. Bréb. Субдоминантное положение в комплексе занимают *Fragilaria leptostauron* var. *martyi* (Herib.) Lange-Bertalot, *Fragilaria brevistriata* Grun., *Fragilaria construens* (Ehr.) Grun. et. var., *Navicula scutelloides* W. Sm., *Amphora ovalis* Kütz., *Amphora pediculus* Kütz. и др. [38, 63, 83, 136].

Пришедший на смену атлантическому суббореальный период отличался частыми колебаниями климата как в сторону похолодания, так и потепления. Повышение влажности климата, активизация флювиальных процессов и подъем уровней озер фиксируются около 5,0 тыс. л. н., между 4,7–4,3 и 3,3–2,8 тыс. л. н. [43, 134, 164, 171, 173, 174, 180]. Органическая жизнь в водоемах отличается бедностью видового состава и минимальным, вплоть до исчезновения отдельных видов, развитием. Господствуют бентосные виды родов *Fragilaria* Lyngb, *Cymbella* Ag., *Epithemia* Bréb., *Pinnularia* Ehr. [12, 13, 14, 83].

В осадках, соответствующих этому периоду, отмечается массовое развитие водорослей других групп – сине-зеленых (максимальное содержание для стратиграфических разрезов 40–60 %), протококковых, в изобилии представлены фрагменты животных. Озера характеризуются высокой степенью развития водной растительности (ткани макрофитов составляют 20–30 % биоостатков) (рис. 4).

Последний этап в развитии озер (субатлантический период) характеризуется, с одной стороны, относительным похолоданием климата, вызвавшим увеличение обводненности озер, с другой стороны – заселением территории лесной зоны на рубеже среднего и позднего голоцена человеком, чья хозяйственная деятельность постепенно становится наряду с природно-климатическими условиями определяющим фактором развития озерных экосистем как части природного комплекса.

Водоемы данной эпохи отличаются пестротой и разнообразием лимнических типов, носящих современные черты. Диатомовая флора богата и разнообразна массовым развитием представителей родов *Aulacoseira* Thw., *Cyclotella* Kütz. Bréb., *Stephanodiscus* Ehr. в планктонном сообществе, *Fragilaria* Lingb., *Synedra* Ehr., *Achnanthes* Bory, *Amphora* Ehr., *Cymbella* Ag., *Gomphonema* Ehr. в перифитоне, *Navicula* Bory., *Pinnularia* Ehr., *Girosigma* Hass., *Nitzschia* Hass. и др. в донных альгоценозах [22, 185].

На основе рассмотрения комплексной седиментологической, палеонтологической, геохимической, хронометрической информации по

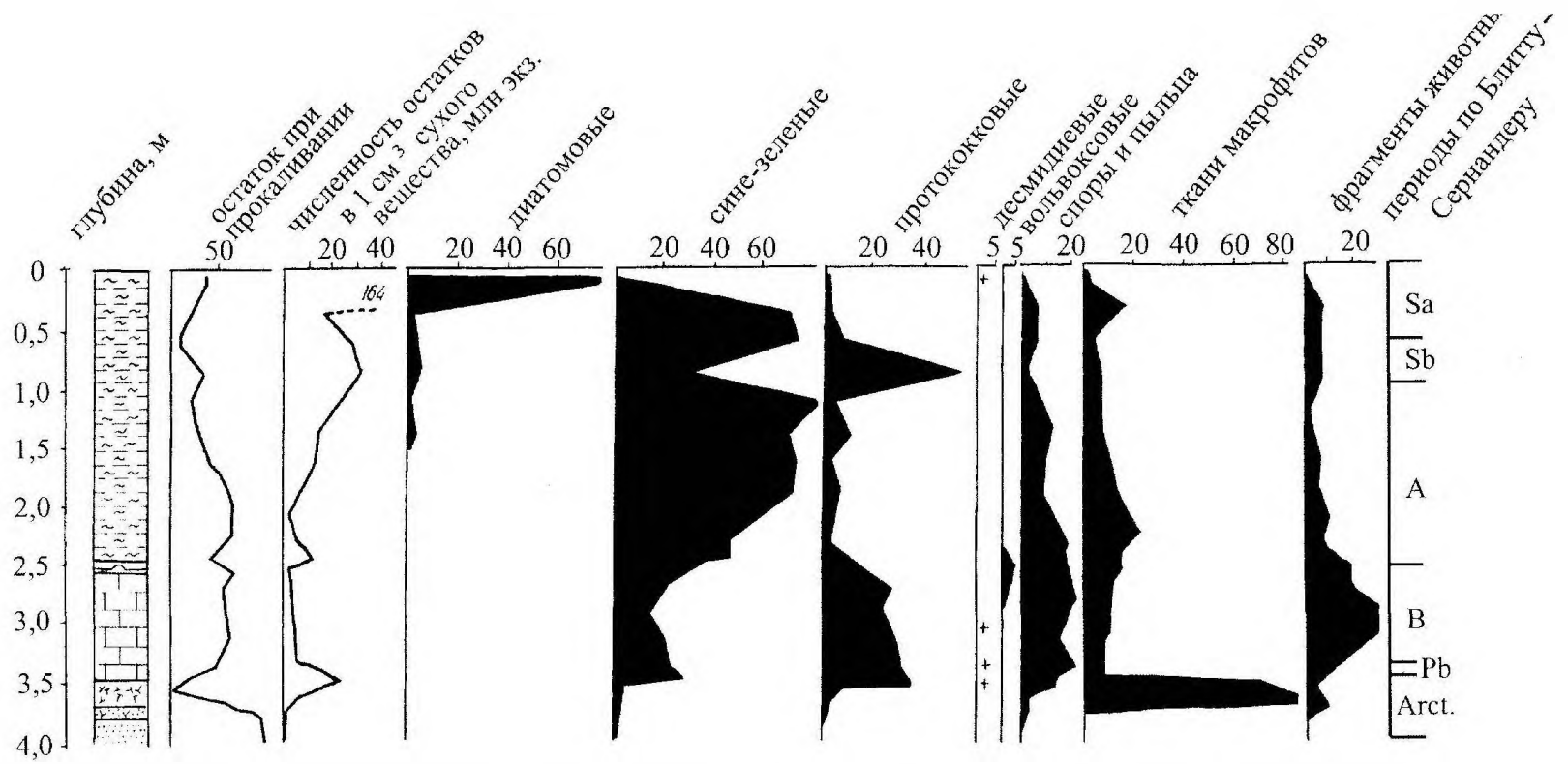


Рис. 3. Комплексный биологический анализ озерных отложений оз. Медведно (выполнен Б. В. Курзо)

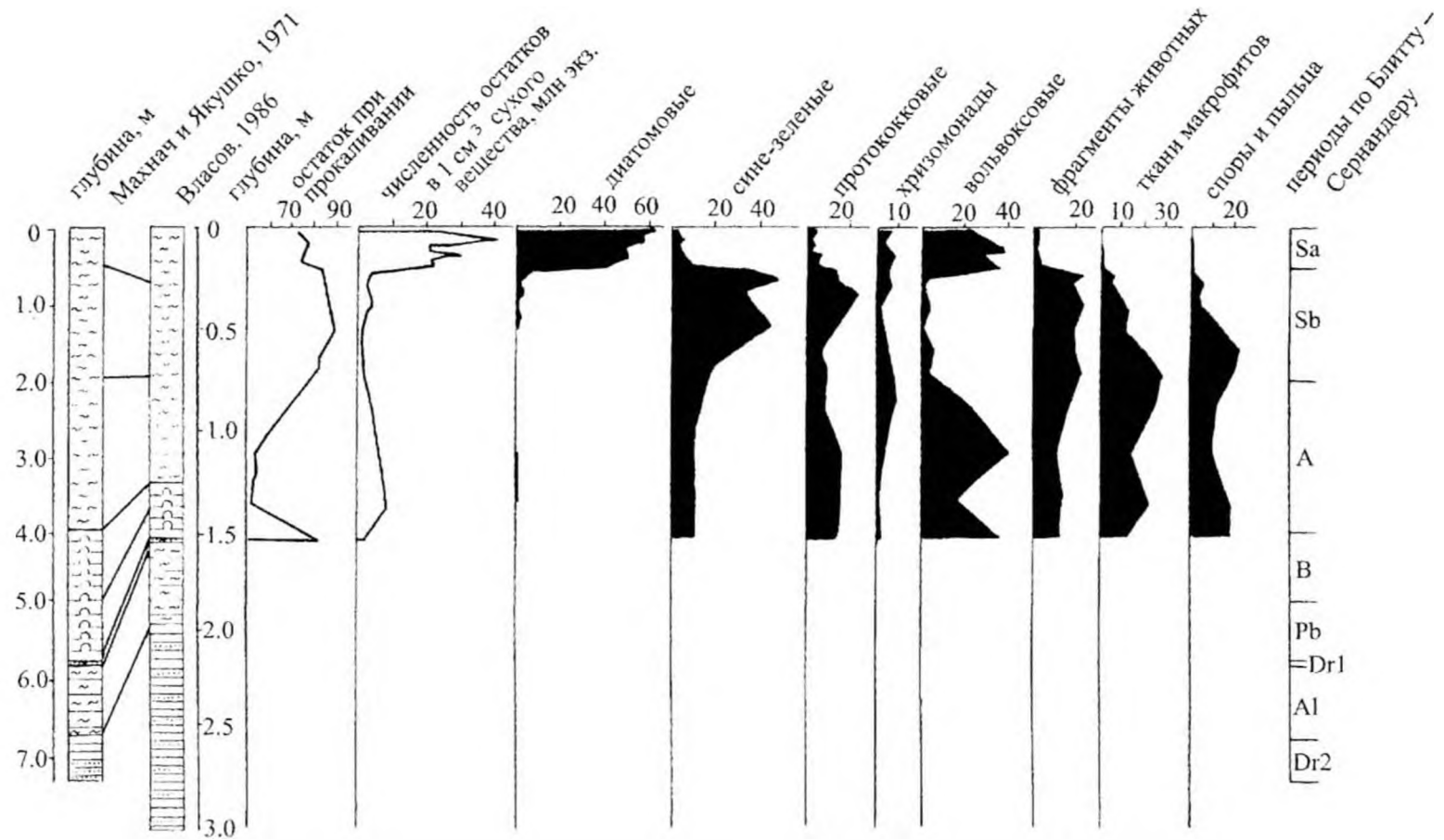


Рис. 4. Комплексный биологический анализ озерных отложений оз. Потех (выполнен Б. В. Курзо)

25 белорусским водоемам были проведены реконструкции изменения уровней озер и увлажненности [54].

Хронологические срезы 11,0 и 10,5 тыс. л. н. характеризуются высокими озерными уровнями. После влажного периода 10,0 тыс. л. наступило значительное и весьма синхронное падение уровней озер. Были спущены и превращены в болота позднеледниковые водоемы. Затем (9,5 тыс. л. н.) в озерах преобладали высокие и средние уровни, а 9,0 тыс. л. н. – средние и низкие. Около 8,5 тыс. л. н. в большинстве изученных озер установились низкие уровни, 8,0 тыс. л. н. доминировали высокие уровни.

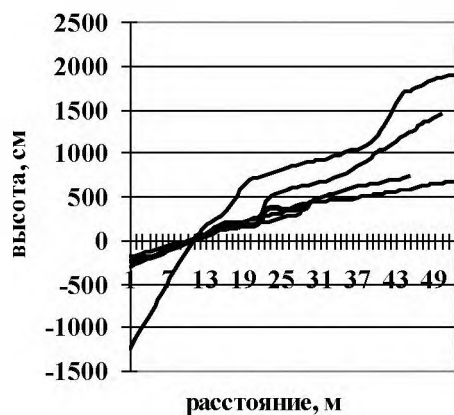
Время существования низких уровней в озерах 7,5 тыс. л. н. сменилось тенденцией к их повышению (7,0 тыс. л. н. – средние, 6,5 тыс. л. н. – высокие) и последующим падением (6,0 тыс. л. н. – средние, 5,5 тыс. л. н. – низкие). Повышение уровней озер отмечено 5,0 и 4,5 тыс. л. н., причем эта тенденция отмечена для 72 % хронологических срезов изученных озер. В последующие периоды голоцена преобладали средние уровни с тенденцией к понижению (4,0; 3,5; 2,5 и 0,5 тыс. л. н.), и повышению (3,0 тыс. л. н.). Около 2,0 и 1,0 тыс. л. н. гидрологический статус озер был однообразным.

Выявленные изменения уровней озер в сочетании с характеристикой растительности на водосборе послужили основой для реконструкции климатических изменений в голоцене. Согласно приведенным данным, надежно можно выделить периоды: 12,0 тыс. л. н. – сухие климатические условия; 11,0 тыс. л. н. – влажные; 10,0 и 8,5 тыс. л. н. – сухие; 8,0 тыс. л. н. – влажные; 7,5 тыс. л. н. – умеренные; 5,0, 4,5 и 3,0 тыс. л. н. – влажные; 2,0 и 1,0 тыс. л. н. – умеренные климатические условия.

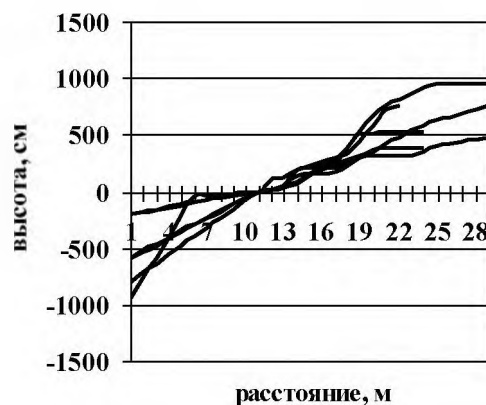
Изменения климатической обстановки, уровня воды озер и эрозионных циклов нашли отражение в строении котловин озер и их террасовых комплексов (рис. 5).

Количество выделяемых террас изменяется от 1 до 5. Преобладающее количество озер имеют 3, реже 2 ярко выраженные надпойменные террасы. Четыре и более имеют озера, приуроченные к краевым областям поозерского ледника, расположенные в макроложбинах, служащих долинами стока приледниковых вод.

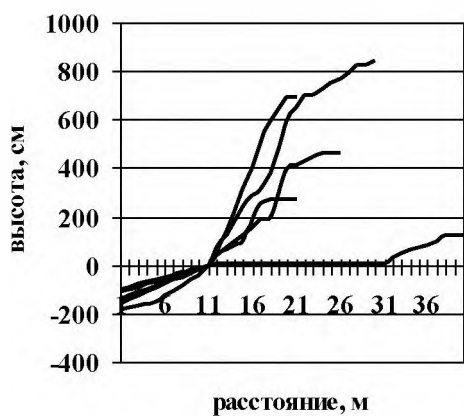
Первая аккумулятивная терраса гипсометрически на 0,5–0,7 м выше среднего многолетнего уровня озер. Вторая терраса прослеживается на высоте от 1,0 до 2,0 м. Террасы, расположенные выше, связаны преимущественно с эрозионной деятельностью вод, имеют высоты: третья – 5,0–7,0 м и четвертая – 7,0–12,0 м.



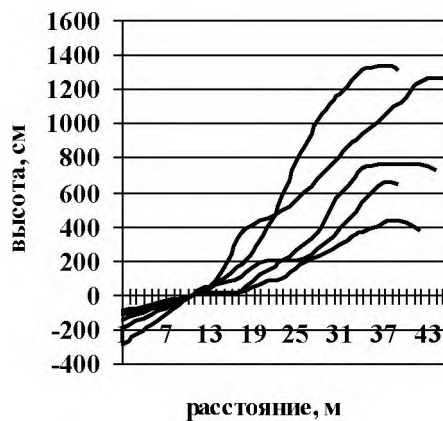
Сенно



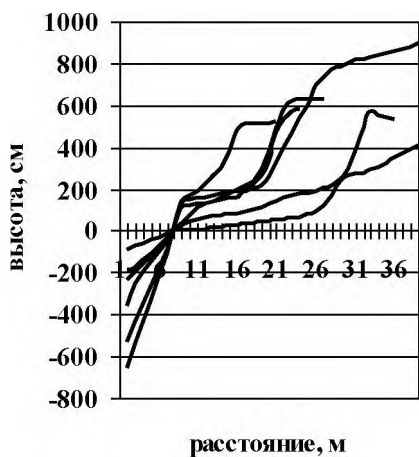
Богдановское



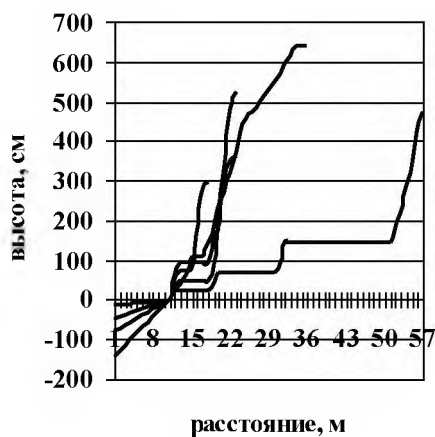
Обабье



Ельно



Сарро



Береже

Рис. 5. Гипсометрические профили террасового комплекса озер

Ниже современного уровня, на глубине 0,5–0,7 м, обнаружены подводные террасы и следы древних береговых линий. Террасы или их фрагменты имеют отчетливо выраженную площадку (шириной 2–10 м), бровку и уступ (высотой до 0,5 м). Сложены террасы чаще всего озерным песком, перекрытым наилком или образованы плотным слоем слабо разложившегося торфа. Береговые линии маркированы валунами или пнями деревьев, сохранивших вертикальную ориентировку ствола и горизонтальную – корневой системы [19].

Анализ материалов комплексного био- и хемотратиграфического изучения озерных осадочных толщ при высокой детальности исследований позволяет выделять многовековые, вековые и внутривековые циклы на протяжении этапов голоцена. Неоднородность в развитии различных групп живых организмов, часто сменяющийся состав комплексов в сочетании с данными геохимического анализа осадков позволяют выделить стадии и фазы колебания уровня трофности, связанные с макро- и микроклиматической цикличностью, даже в пределах одного биолимнологического типа [47].

2. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОЗЕР

2.1. Запасы и качество ресурсов озер

Водные ресурсы. Одними из основных природных ресурсов озер республики являются водные запасы – ресурсы воды, пригодные для использования в хозяйстве. Объем и качество ресурсов определяются обеспеченностью территории озерами, емкостью озерных котловин, объемом притока, формирующегося на водосборе, и стока из озера, разностью атмосферных осадков и испарения с зеркала озера и величиной изъятия и сброса воды, используемой для хозяйственных нужд.

Анализ количественного распространения озер по бассейнам рек республики приведен в разделе 1.1. Ниже приводится характеристика распространения озер по административным районам республики.

Общий объем воды озер республики, по данным НИЛ озероведения, оценивается в $5873,6 \pm 341,2$ млн км³ [89], по данным О. Ф. Якушко – около 4–5 млн м³ [150], суммарный объем озер, обследованных НИЛ озероведения, – 4834,86 млн м³ (табл. 30).

Таблица 30

Распределение объема водной массы озер Беларуси по градациям площадей

Градации площади	(Н. Н. Курлович, А. А. Серафимович, 1981 г.)		Изученных НИЛ озероведения	
	Количество	Объем, млн м ³	Количество	Объем, млн м ³
до 0,05	–	–	2	0,10
0,05–0,10	–	–	19	5,07
0,11–0,25	420	247,8±82,74	97	68,50
0,26–0,50	276	400,2±60,78	133	188,21
0,51–1,00	180	558,2±55,44	115	343,97
1,01–5,00	149	1273,5±93,8	142	1176,29
5,01–10,00	25	628,3±48,6	20	567,14
10,10–15,00	9	600,3	8	567,66
15,10–20,00	3	191,4	5	281,56
20,10–25,00	2	192,5	3	295,98
25,10–30,00	2	116,2	1	32,1
30,10–40,00	2	472,5	2	466,53
40,10–60,00	3	484,3	2	131,35
60,10–79,60	1	710,4	1	710,4
Всего	1072	5875,6	550	4834,86

Объем водной массы озер изменяется в пределах от 0,0001 до 710 млн м³. Наиболее многочисленны (39 %) водоемы с запасом водной массы до 1,5 млн м³. Озера с запасом воды более 10 млн м³ составляют

14,5 % озер. Наиболее многочисленны водоемы, имеющие объем водной массы до 5 млн м³, в которых сосредоточено около 10 % воды. Крупных водоемов немного, но в них заключена почти 1/4 часть водных ресурсов республики. Около 30 % объема воды всех водоемов находится в озерах с градацией объема от 40 до 100 млн м³, наименьшее – в озерах, имеющих объем менее 1 млн м³. Среди озер выделяются водоемы с объемом от 20 до 40 млн м³ и озера, имеющие объем более 100 млн м³ (рис. 6).

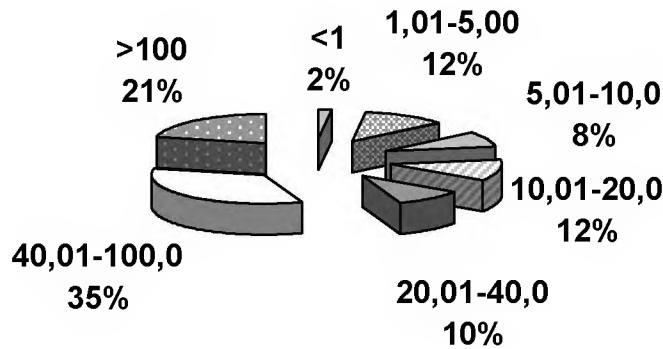


Рис. 6. Распределение суммарного объема водной массы озер Беларуси по градациям (млн м³)

Распределение водных ресурсов озер как по территории, так и по градациям площадей, неравномерно. В административном отношении основная часть озер сосредоточена в Витебской области (около 89 % всех озер Беларуси) и занимает общую площадь 972,5 км². Далее следуют Минская и Брестская области. Наименее обеспечена озерами Могилевская область. Более 85 % объема воды озер сосредоточено в бассейне Западной Двины и основных ее притоков: Дисны (13 % от общего), Дрысы (9,7 %). Объем водной массы обследованных озер в бассейне Западной Двины – 3476,4 млн м³, Немана – 333,8 млн м³, остальной объем приходится на бассейны Припяти (155 млн м³), Днепра (50,6 млн м³) и других рек (прил. 1, 2).

Наибольшим объемом водных ресурсов располагает Витебская область (3381 млн м³), большая часть которых находится в Браславском районе. Хорошей обеспеченностью водными ресурсами характеризуется Чашникский (290 млн м³), Россонский, Лепельский районы.

Распределение водных ресурсов по территории республики носит неравномерный характер. Различный уровень развития хозяйства регионов определяет объем необходимого водопотребления, в случае недостаточной обеспеченности требует перераспределения водных ресурсов.

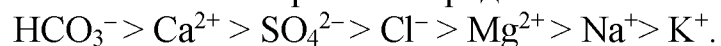
Одним из путей обеспечения дополнительного хозяйственно полезного объема воды служит зарегулирование озер и превращение их в озерные водохранилища. Размещение водохранилищ озерного типа по территории республики обусловлено потребностью в воде и природными факторами. Основная часть их сосредоточена в пределах регионов, обладающих повышенной озерностью, – Поозерье (бассейн Западной Двины) и Белорусском Полесье (бассейн Припяти), озерные водохранилища отсутствуют в бассейне Немана, Березины и Днепра [96].

Целесообразность строительства озерных водохранилищ обусловлена низкой стоимостью зарегулированной водной массы. По расчетным данным единица зарегулированного объекта воды озерных водохранилищ в 6 раз дешевле речных водохранилищ. Кроме хозяйственных и экономических причин создания водохранилищ на базе озер, существуют и гидроэкологические – улучшение состояния водной массы водоемов и прилегающей территории. В соответствии с разрабатываемой схемой рационального использования земельных и водных ресурсов бассейнов рек на территории республики только в пределах водосбора Западной Двины в перспективе планируется создание еще ряда озерных водохранилищ [140]. В настоящее время в Беларуси эксплуатируется 19 озерных водохранилищ. Из них 39 % созданы в энергетических целях, 36 % – для орошения, 13 % – для ведения рыбного хозяйства, 9 % – для рекреации и 11 % – для водоснабжения.

Качество природных вод согласно определению – это соответствие физико-химических и биологических характеристик вод рассматриваемым нуждам питьевого, промышленного, сельскохозяйственного использования как мест обитания ценных рыб и других животных [115]. Качество воды озер определяется химическим составом вод озер, физическими параметрами, содержанием газов, растворенного и взвешенного органического вещества и минеральных частиц, наличием в воде загрязняющих веществ, качественным и количественным развитием живых организмов, санитарно-биологическими показателями.

Состав вод озер формируют природные и климатические условия территории, морфологические и гидрологические характеристики водоема, количество и состав приточных вод, наличие источников, вредно влияющих на качество вод на водосборе озер. Большое значение имеют направленность и интенсивность внутриводоемных процессов, определяющих качество и самоочищение воды.

Вода озер республики относится к гидрокарбонатному классу кальциевой группы. Ионный состав выражается рядом:



Различия в солевом составе вод озер наблюдаются как для регионов Поозерья и Полесья и различных бассейнов и водосборов, так и озер различного типа и уровня трофности (рис. 7).

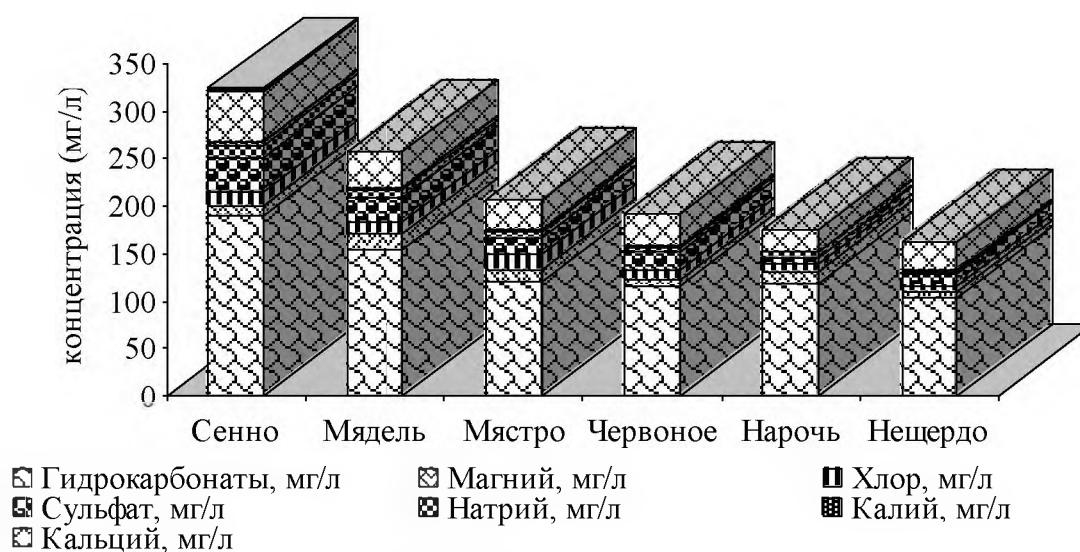


Рис. 7. Ионная структура разнотипных озер

В солевом составе доминируют ионы гидрокарбонатный и кальция, определяющие величину минерализации воды. Диапазон изменения минерализации водной массы озер достаточно широк (13,9–759,9 мг/л), экстремальные значения величин имеют озера, лежащие в пределах верховых болот и подверженные сильному антропогенному воздействию. Преобладающее количество озер (около 75 %) имеют минерализацию от 100,0 до 300,0 мг/л, из них 37 % из числа изученных имеют минерализацию 100,0–200,0 мг/л и 50 % – свыше 200 мг/л.

Концентрация иона HCO_3^- в воде имеет аналогичную картину распределения: предел колебания 4,6–317 мг/л, в среднем для озер – около 140 мг/л, 80 % озер имеют содержание 60–210 мг/л.

Доля иона Ca^{2+} в солевом составе составляет 15–20 %, предел колебания содержания кальция в воде – от 1,77 до 85 мг/л, но при этом 70 % озер имеют воду с содержанием 20–45 мг/л. Концентрация Mg^{2+} в воде составляет 0,24–27,2 мг/л, величину, близкую к средней (9–11 мг/л), имеет 14 %, а содержание от 4,5 до 16 мг/л – 74,3 % общего числа озер.

Предел колебания концентрации хлоридов – от 0,07 до 60,9 мг/л, среднее значение – около 7 мг/л. Преобладающее количество озер (68 %) имеют концентрацию 2,0–11 мг/л.

Содержание иона SO_4^{2-} в воде озер республики составляет от 0,03 до 47,8 мг/л; средняя величина концентрации 9–10 мг/л характеризует 13 % озер, для 70 % свойственна величина от 4,0 до 16 мг/л.

Диапазон содержания биогенных элементов в воде озер достаточно широк. Содержание Fe_{общ.} изменяется от 0 до 14,8 мг/л, преобладающее число озер (80 %) имеет концентрацию в воде 0,04–1,01 мг/л. Концентрация кремния изменяется от 0 до 10,2 мг/л, среднее значение (около 1,21 мг/л) имеет около 6 % озер, для 66 % озер содержание составляет 0,18–2,0 мг/л. Величина азота нитритного в водах изменяется от 0 до 0,603 мгN/л, концентрации 0,001–0,01 мг/л зарегистрированы для 25 % озер, величина выше 0,01 мг/л отмечена в 10 % измерений. Азот аммонийный содержится в водах озер в пределах от 0 до 9,75 мгN/л, величины, близкие к средним концентрациям (0,02–0,04 мгN/л), имеют 17 %, а значения 0,02–0,5 мгN/л – 68,5 % обследованных озер. Содержание PO₄³⁻ в воде в летнее время изменяется от полного отсутствия до 3,57 мгP/л, концентрацию 0,01–0,1 мгP/л имеют 42 % от числа обследованных озер.

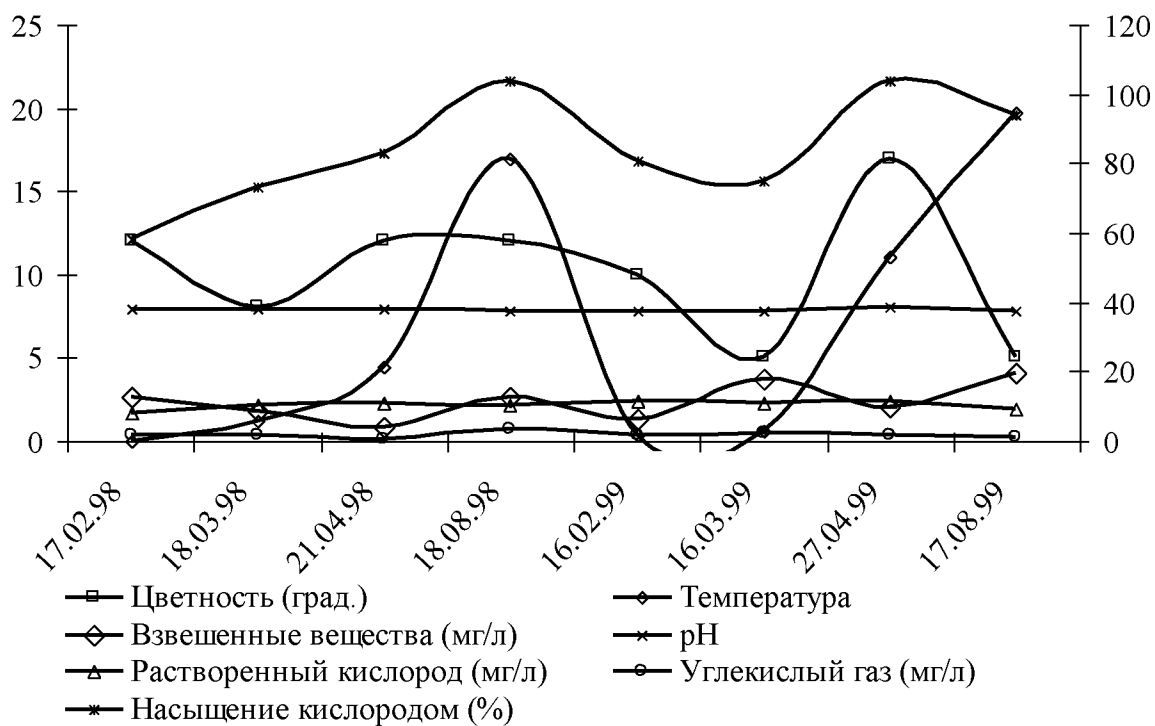
Из физических параметров, определяющих качество воды, наибольшее значение имеют: температура, величина рН, прозрачность, концентрация растворенных газов (O₂, H₂S и др.). Летняя температура воды изменяется от 4–27 градусов в придонных слоях до 18–28,8 градусов на поверхности и напрямую зависит от климатических условий и морфометрии котловины. Насыщение воды кислородом варьирует от полного отсутствия (в придонных слоях) до величины сильного перенасыщения в результате цветения водорослей в гипертрофных озерах (зарегистрировано 25,8 мг/л, или 297,8 %). Наиболее распространенные величины (74 % обследованных озер) летнего содержания растворенного кислорода – 0,8–9,9 мг/л, или 6–109 %.

Изменение химического состава и качества вод сильно варьирует в течение года в зависимости от сезона и гидроклиматических условий года (рис. 8).

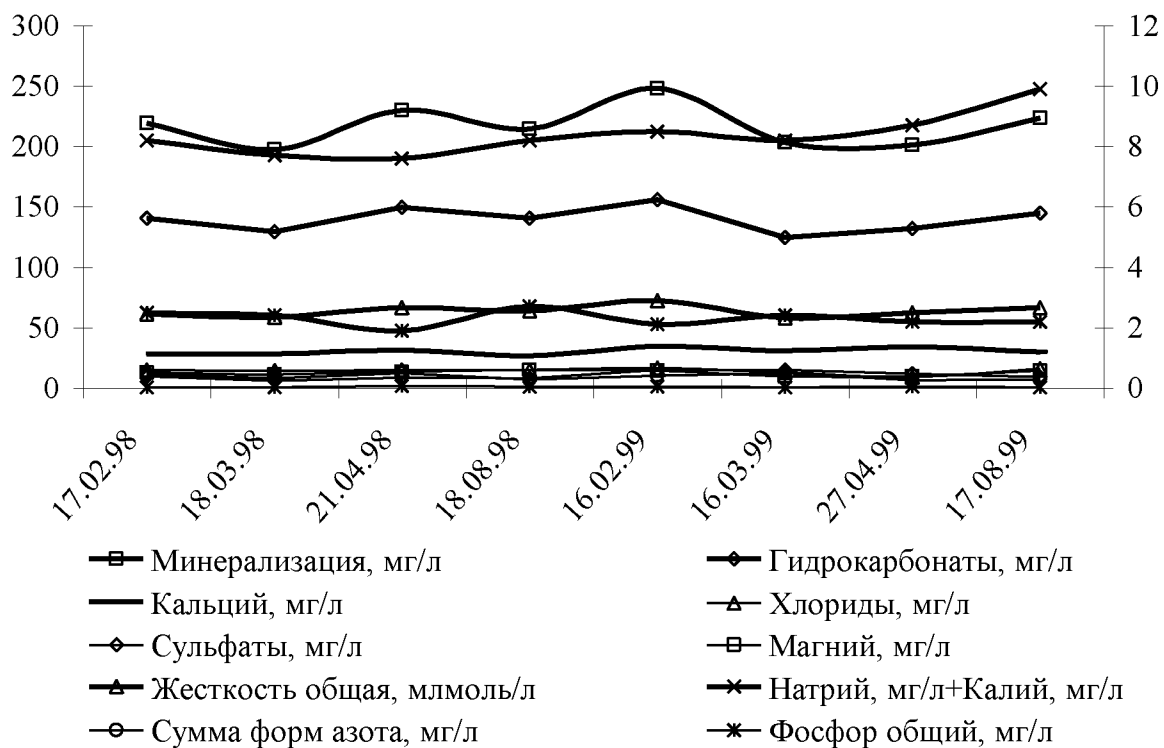
Величина водородного показателя рН воды озер изменяется от 3,35 до 10,2. Доля озер, имеющих рН воды 7,0–8,7, составляет 80 % от обследованных. Летняя прозрачность воды изменяется от 0,2 до 9,5 м, наиболее распространены озера с летней прозрачностью 1–2 м (42 % озер).

Показатель цветности вод колеблется в пределах от 5 до 300 градусов платиново-кобальтовой шкалы; величины, близкие к средней (50–60°), имеют 20 % изученных озер, значения 30–100 градусов характерны для вод 64 % озер.

К показателям, характеризующим содержание органического вещества в воде, относятся перманганатная (предел изменения от 0,7 до 46,3 мгO/л) и бихроматная (предел изменения от 1,7 до 242,3 мгO/л) окисляемости. Значения 5,9–18,0 мгO/л перманганатной и 15–60 мгO/л бихроматной окисляемости имеют воды 74 % озер.



A



B

Рис. 8. Межсезонная динамика гидрофизических показателей (A) и концентрации основных ионов (B) в воде озера Мястро

Кроме того, вода должна быть безопасна в эпидемиологическом отношении и иметь благоприятные органолептические свойства. Большое влияние на качество вод оказывает развитие в воде микроорганизмов, количественная характеристика развития которых в озерах различного типа приведена в разделе 1.1. Оценка состава и свойств озерных вод и степени пригодности для конкретных видов использования производится по критериям качества – признакам, удовлетворяющим видам водопользования. В настоящее время пригодность озерных вод для использования лимитируется различными нормативами и стандартами [27, 32].

Нормативы качества вод определяют допустимые (предельные величины) показатели физико-химического состава и биологического состояния вод и их свойств, отвечающие требованиям потребителей. Понятие «класс качества вод» включает оценку состояния качества вод, объединенных комплексом нормативных величин, показателей, связанных с функционированием водных экосистем и требованиями водопользователей. Наиболее высокие требования предъявляют питьевое, санитарно-бытовое и рыбохозяйственное водопользование (табл. 31).

Таблица 31

**Предельно допустимые концентрации веществ в воде водоемов
для различных видов водопользования**

Ингредиенты и показатели	Размерность	Лимитирующий показатель вредности	Предельно допустимые концентрации по категориям водопользования			
			хозяйственно-питьевая	культурно-бытовая	рыборазведение	экология
Растворенный кислород	мг O ₂ /л	Рыбохозяйственный	≥4,0	≥4,0	зимой ≥4,0 летом ≥6,0	
БПК _{полн.}	мг O ₂ /л	-"-	3,0	6,0	3,0	
Взвешенное вещество	мг/л	-"-	0,25	0,75	0,75	0,25
Минерализация	мг/л	-"-	1000	–	1000	–
Хлориды	мг/л	Санитарно-токсикологический	–	350	300	–
Сульфаты	мг/л	-"-	–	500	100	–
Магний	мг/л	-"-	–	–	40	–
Натрий	мг/л	-"-	–	–	120	–
Калий	мг/л	Санитарно-токсикологический	–	–	50	–
Кальций	мг/л	-"-	–	–	180	–
Азот аммонийный	мг N/л	Токсикологический	1,0	1,0	0,39	0,40
Азот нитритный	мг N/л	-"-	0,02	0,02	0,02	0,02
Азот нитратный	мг N/л	-"-	10,0	10,0	9,0	1,20

Продолжение табл. 31

Ингредиенты и показатели	Размерность	Лимитирующий показатель вредности	Предельно допустимые концентрации по категориям водопользования			
			хозяйственно-питьевая	культурно-бытовая	рыборазведение	экология
Фосфат общий	мг Р/л	Экологический	–	–	–	0,10
Железо общее	мг/л	Органолептический	0,5	0,5	0,5	–
Медь	мг/л	Токсикологический	–	–	0,001	–
Цинк	мг/л	–”–	–	–	0,01	–
Никель	мг/л	–”–	–	–	0,01	–
Хром 3-валентный	мг/л	Органолептический	–	–	0,5	–
Хром 6-валентный	мг/л	–”–	–	–	0,001	–
Кобальт	мг/л	Токсикологический	–	–	0,01	–
Свинец	мг/л	–”–	–	–	0,03	–
Мышьяк	мг/л	–”–	–	–	0,05	–
Ртуть	мг/л	Санитарно-токсикологический	–	–	0,0005	–
Кадмий	мг/л	Токсикологический	–	–	0,001	–
Фтор	мг/л	–”–	–	–	0,75	–
Цианиды	мг/л	–”–	–	–	0,05	–
Роданиды	мг/л	Санитарно-токсикологический	–	–	0,1	–
Метилмеркаптаны	мг/л	Органолептический	–	–	0,0002	–
Бензол	мг/л	Токсикологический	–	–	0,5	–
Фурфурол	мг/л	Органолептический	–	–	1,0	–
Формальдегид	мг/л	Санитарно-токсикологический	–	–	0,05	–
Ксантогенат бутиловый	мг/л	Органолептический	–	–	0,001	–
Дитиофосфат крезиловый	мг/л	–”–	–	–	0,001	–
Метанол	мг/л	Токсикологический	–	–	0,1	–
Фенолы	мг/л	Рыбохозяйственный	0,001	0,001	0,001	–

Окончание табл. 31

Ингредиенты и показатели	Размерность	Лимитирующий показатель вредности	Предельно допустимые концентрации по категориям водопользования			
			хозяйственно-питьевая	культурно-бытовая	рыборазведение	экология
Нефтепродукты	мг/л	Рыбохозяйственный	0,3	0,3	0,05	–
СПАВ	мг/л	Токсикологический	0,5	0,5	0,1	–
ДДТ	мг/л	–”–	отсутствие			
Гексахлоран	мг/л	–”–	отсутствие			

Требования к качеству воды водоемов и водотоков, используемых для рекреации, отличаются набором показателей, наряду с этим отдельные требования предъявляются к выбору, благоустройству и санитарной охране зон рекреации [11] (табл. 32).

Таблица 32

Требования к качеству воды водных объектов, используемых для рекреации

Показатели	Требования и нормы	
Плавающие примеси	Отсутствие на поверхности воды плавающих пленок, «пятен» минеральных масел и скопления других примесей	
Посторонний запах (баллы)	не более 2	
Привкусы (исключая морскую воду) (баллы)	не более 2	
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике воды 10 см	
pH	6,5–8,5	
Растворенный кислород, мг/л	не менее 4	
БПК ₅ , мг O ₂ /л	4 (допускается увеличение, обусловленное «цветением» водоема)	
Токсические химические вещества (исключая солевой состав морской воды)	Не должны превышать норм, установленных Министерством здравоохранения	
Число лактозоположительных кишечных палочек (ЛКП) в 1 дм ³	для купания	не более 1000
	для лодочно-парусного спорта	не более 10000

Многолетние наблюдения за качеством вод озер, выполняемые Гидрометеослужбой, позволяют оценить качество вод озер и зарегистрировать случаи загрязнения, произошедшие за период наблюдений в результате интенсивного антропогенного воздействия и неблагоприятных климатических условий. Пределы превышения величины предельно допустимых концентраций (ПДК) зарегистрированы: по БПК₅ от 0,35 (Дри-

святы) до 3,81 (Нещердо), концентрации азота аммонийного от 0,95 (Свитязь) до 7,21 (Выгонощанское), азоту нитритному от 0,3 (Свитязь) до 21,5 (Червоное), по содержанию фосфатов от 0,13 (Дрисвяты) до 5,62 (Нарочь). Зарегистрированное превышение ПДК по содержанию нефтепродуктов составляло от 1,4 (Свитязь) до 16 (Нарочь). Концентрация металлов в воде превышала ПДК: по меди от 2,8 (Вишневское) до 19,5 (Нарочь), цинку от 1,13 (Вишневское) до 1,96 (Выгонощанское), никелю от 0,37 (Мястро) до 7,33 (Лепельское).

Несмотря на широко применяемую практику использования величин ПДК для оценки качества вод для водопользователей, следует сказать, что они не могут служить объективными критериями качества вод, поскольку для одного и того же вещества в зависимости от видов водопользования могут устанавливаться различные значения. В настоящее время намечается тенденция к выравниванию ПДК для различных водопользователей, а также использования комплексных оценок состояния качества вод.

Наличие большого фактического материала и данных по химическому составу вод, полученных в результате многолетних обследований озер республики, позволило определить ряд приоритетных показателей, являющихся репрезентативными при оценке качества воды, и разделить озера Беларуси на 3 группы. Каждая группа озер характеризуется определенными количественными характеристиками и содержанием элементов в воде (табл. 33).

Таблица 33

Критерии качества воды озер Беларуси [152]

Показатели	Группы и пределы колебаний		
	I	II	III
Прозрачность, м	3–5	1,0–2,9	< 1,0
Цветность, град.	менее 20	21–80	более 80
Перманганатная окисляемость, мг О/л	2–5,0	5,1–10,0	более 10
БПК ₅ , мг О ₂ /л	1–3,0	3,1–5,0	более 5
Содержание кислорода, %	80–100	60–79, 100–110	менее 60 более 110
PO ₄ ³⁻ , мг P/л	0,001–0,010	0,011–0,050	более 0,050
NH ₄ ⁺ , мг N/л	0,01–0,10	0,11–0,70	более 0,70
NO ₂ , мг N/л	отсутствие	0,001–0,01	более 0,01
Биомасса фитопланктона, г/м ³	1–5	5,1–10,0	более 10
Соотношение биомассы фито- и зоопланктона	1:1	5:1	10:1 и более

I группа озер (около 10 % обследованных) имеет замедленный водообмен, значительные глубины и большой объем водной массы. Со-

гласно классификации О. Ф. Якушко, к ним относятся озера двух генетических типов – мезотрофные и мезотрофные с признаками олиготрофии. Озера группы характеризуются водой высокого качества, которая может использоваться для хозяйственно-питьевого водоснабжения, в технологических процессах, разведении ценных пород рыбы.

Ко *II группе* относится большинство (около 70 %) озер Беларуси. Озера различных генетических типов, различающиеся разной степенью трофности (слабо-, высокоэвтрофные; дистрофирующие; мелководные и неглубокие с разной площадью). Вода озер пригодна практически для всех (за исключением питьевого водоснабжения) видов водопользования: рыболовства и рыбоводства, дичеразведения, рекреации (гребной и парусный спорт), для хозяйственно-бытового, сельскохозяйственного и промышленного водопотребления (в качестве хладагента, гидроэнергетики), орошения и обводнения. Вода относится к классам «чистой», «слабо и умеренно загрязненной».

III группа включает незначительное (10 %), количество озер, имеющих воду низкого качества, утративших природно-ресурсный потенциал в результате загрязнения и истощения вод под влиянием интенсивной хозяйственной деятельности на водосборе (сброс промышленных, ливневых и коммунальных стоков, поступление дренажных вод, стоков животноводческих комплексов). Это озера различного генетического типа, потерявшие свое первоначальное качество воды. Водопользование может быть ограничено добычей сапропелей, гидробионтов, промышленным и сельскохозяйственным водопотреблением для орошения технических культур и пастбищ (исключая озера с высокой концентрацией тяжелых металлов в воде), отдельных видов рекреации (водно-моторный спорт). Озера могут использоваться в качестве водоприемников мелиоративной сети и подлежать рекультивации [152].

Минеральные ресурсы. Озера республики богаты минеральными ресурсами, представленными запасами минеральных (пески, глины), органо-минеральных (илы, сапропели) и органических отложений (сапропели, торф). Озерные отложения формировались в озерах в процессе эволюции и заполняли озерные котловины. Характер отложений и степень заиления котловин зависят от возраста, строения, гидрологической связи озера с водосбором, развития продукционных процессов. Степень заполнения котловин осадками изменяется от 10–20 % (глубоководные, мезотрофные и слабоэвтрофные) до 70–80 % (мелководные, высокоэвтрофные и дистрофные озера) при средней расчетной для республики 51 % [17, 85]. В силу специфики географического положения и принадлежности озер к гумидной зоне наибольший интерес представляют

наиболее перспективные для использования в народном хозяйстве органические образования пресноводных водоемов – сапропели. Согласно общепринятым классификациям сапропелями принято считать отложения с содержанием органического вещества более 15 или более 30 % [86,150]. Сапропелевые отложения в зависимости от содержания органического вещества, оксидов кремния, кальция, железа и серы разделяются на 4 типа: органические, кремнеземистые, карбонатные и смешанные. В пределах каждого типа по дополнительным параметрам выделяются классы отложений, для которых определены основные направления использования [126].

Осадочные толщи в озерах Беларуси по строению и преобладанию типа отложений представлены 5 основными стратиграфическими типами: классическим (последовательная смена силикатных карбонатных, кремнеземистых и органических осадков – более 50 % изученных озер), силикатным (высокозольные илы и кремнеземистые сапропели – 26 % озер) органическим (тонко- и грубодетритовые сапропели – 13 % озер) и карбонатным (карбонатные сапропели – около 7 % озер). Для 4 % обследованных озер характерен нарушенный тип осадконакопления, сформированный под влиянием хозяйственной деятельности [151].

К настоящему времени специалистами Института проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси и ряда проектных организаций получены данные о запасах, стратиграфии, химическом и литологическом составе сапропелей в 661 озере (общей площадью 105037 га), выполнены детальные геологоразведочные работы на 70 месторождениях, перспективных для освоения сапропеля.

Основное количество озер Беларуси, для которых выполнена поисково-оценочная разведка, расположено в Поозерье – 474 озера, в Полесье и центральной части исследовано 187 месторождений. Общие геологические запасы сапропелей в озерах оцениваются в 2,63 млрд м³. Из них в результате поисково-оценочных работ разведано 2,12 млрд м³, или 80 % всех ресурсов. По прогнозу в 1240 неисследованных озерах с малой площадью сосредоточено более 0,5 млрд м³ сапропелей. По итогам детальных изысканий разведано 0,26 млрд м³ сапропелей в 70 озерах. Балансовые запасы кондиционного сырья в них составляют около 78 млн т. Наиболее хорошо изучены ресурсы сапропелей Гомельской области (98,3 % запасов сапропелей в учтенных озерах), а также Могилевской (93,5 %), Витебской (84,9 %) и Гродненской областей (84,4 %). Менее разведаны озера Брестской и Минской областей [85].

Запасы и качество сапропелевых ресурсов по территории республики распределены неравномерно. Наибольшими запасами обладают Витеб-

ская (1594,7 млн м³) и Минская (224,7 млн м³) области. В структуре общих разведанных запасов наибольшую долю имеют кремнеземистые сапропели (64,2 %) и органические (19,5 %), на карбонатные и смешанные осадки приходится 7,5 и 8,8 % соответственно. В Брестской и Могилевской областях в структуре запасов преобладают сапропели органического типа – соответственно 60 и 47 % общих запасов по области (рис. 9).

Рекреационные ресурсы. К рекреационным ресурсам относятся природные и культурно-исторические комплексы, способствующие восстановлению и развитию физических и духовных сил человека, его трудоспособности и здоровья. Более 2/3 современной рекреационно-туристической инфраструктуры Беларуси располагается в прибрежных зонах озер, рек, водохранилищ. Озерные или озерно-речные рекреационные системы формируются вокруг водоемов, обладающих высоким качеством воды, живописным ландшафтом, эстетической привлекательностью, богатством и разнообразием животного и растительного мира, наличием целебно-оздоровительных компонентов.

Для оценки рекреационных ресурсов озерного фонда использованы два подхода: 1) бонитировка более 80 крупнейших озер республики, включенных в существующие рекреационные зоны или относящихся к перечню первоочередного освоения [111, 112] и 2) комплексная оценка рекреационной пригодности акватории полутора тысяч озер республики, основанная на дифференцировании качества водоема для различных видов отдыха по совокупности целевых критериев и показателей, их пороговых значений, обеспечивающих безопасность отдыха на воде [138].

Для организации водно-спортивно-туристских и купально-пляжных видов рекреационных занятий оценка озер проводится в большинстве работ на основе анализа природных особенностей озер (морфометрических и гидрохимических показателей).

Для определения направлений рекреационного использования озер используются морфометрические характеристики: площадь озера, длина, ширина. Наиболее благоприятными условиями для организации массовых видов рекреационной деятельности обладают озера площадью 1–5 км². Крупные озерные водоемы (24 озера имеют площадь от 5,01 до 10 км², 8 – 10,01–15 км², 4 – 15,01–20 км² и 10 озер – более 20 км²) в силу своей ограниченности представляют уникальный ресурс для Беларуси для развития купально-пляжных и водно-спортивных занятий в летний рекреационный сезон.

При использовании озер для водно-парусных и гребных видов спорта их ширина должна составлять 500 м и более, для воднолыжного спорта – 200 м и более. Обоснованность такого подхода обусловлена практикой

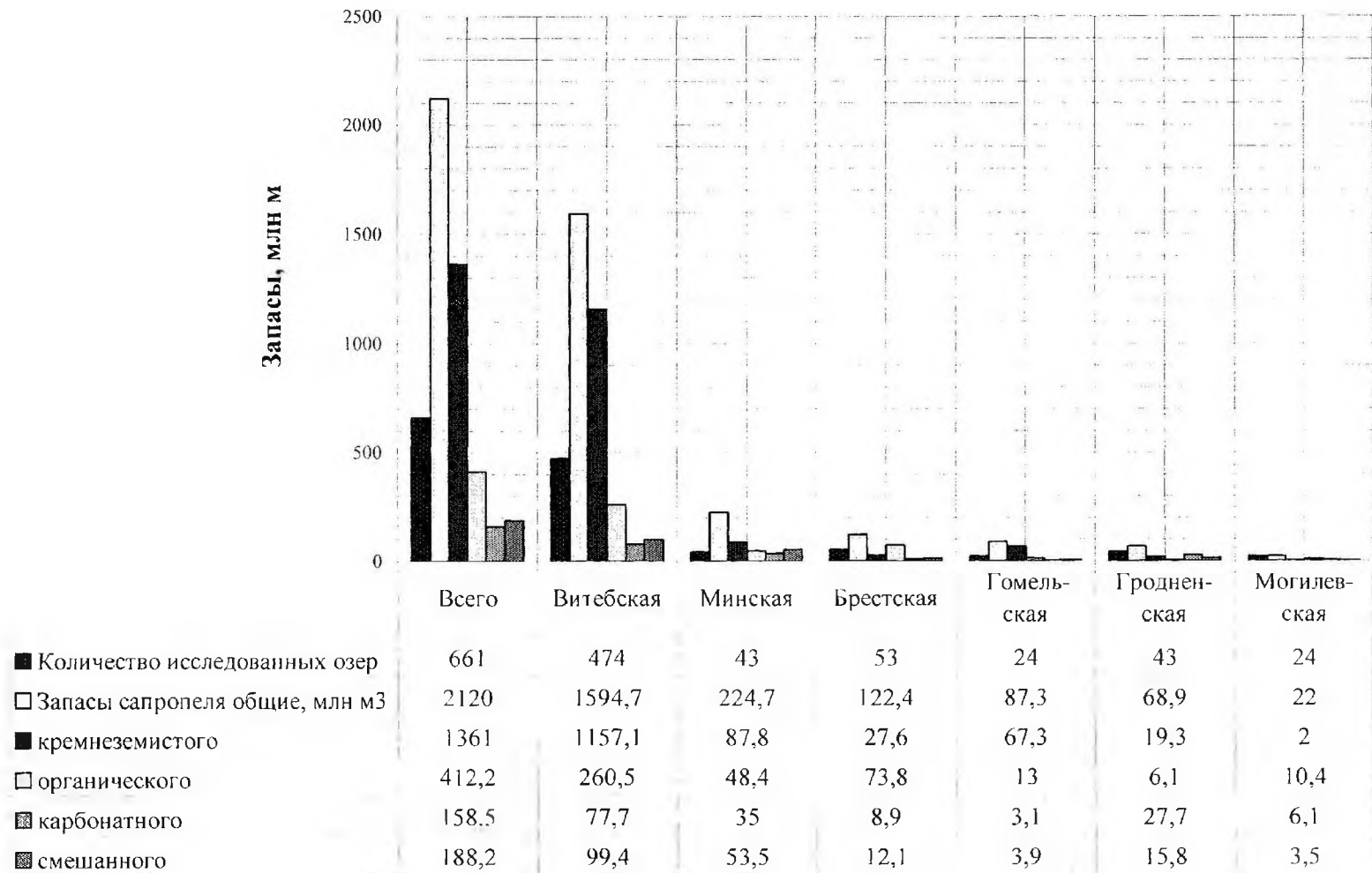


Рис. 9. Распределение запасов сапропелей в озерах по территории республики

рекреационного освоения озерного фонда, когда большая часть зон отдыха местного значения формируется на малых озерах (1–3 км²), число крупных озер (более 5 км²) не только ограничено, но и интенсивно используется для других видов хозяйственной деятельности (рыбное хозяйство, водопользование и др.), что в некоторой степени ограничивает их рекреационное освоение.

Важной морфологической характеристикой является длина береговой линии как потенциальная зона активного рекреационного использования, обеспечивающая доступность к акватории озера. Этот показатель может быть использован для определения экологически допустимой емкости рекреационной инфраструктуры (в озерных рекреационных системах норматив принимается в пределах 20–30 м длины береговой линии на одно место). Конфигурация береговой линии влияет не только на эстетическое восприятие озера и прибрежных ландшафтов, но и создает предпосылки для «изолированности» участков побережий, используемых различными типами отдыхающих, способствует формированию комфортной обстановки, уединенности. Однако слишком высокие показатели изрезанности береговой линии создают определенный дискомфорт для скоростных видов водного спорта, образуют зрительный ряд, который может восприниматься как монотонный.

Для расчета рекреационной нагрузки для зоны купания учитывалась площадь зоны мелководий до глубины 2 м (% общей площади озера). На стадии планировки конкретных зон отдыха с учетом норм рекреационной нагрузки из расчета 500–650 чел/га (слабопроточные) до 1000–1250 чел/га (проточные озера) можно произвести расчет рекреационной емкости зоны купаний. При таком подходе косвенно учитывается и более комфортный режим мелководных озер ввиду лучшего их прогрева.

Характер донных отложений в прибрежной зоне оказывает влияние на условия купания. Наиболее благоприятные условия имеются на участках побережий и мелководий, где литологический состав грунта формируют песчаные фракции. Особое влияние на характер организации купально-пляжных занятий оказывает распространение надводной растительности. При этом полоса ее распространения играет двойную роль. С одной стороны, надводная растительность выполняет своеобразную функцию экологического барьера, препятствуя распространению возможных загрязнений из прибрежной зоны. С другой стороны, надводная растительность формирует зону ограниченной доступности к воде.

Большое значение для рекреационного освоения озер играет гидрологический режим, проточность. Градостроительными рекомендациями предусматривается использование озер с незначительными колебаниями

уровня – не более 0,2 м, с высокими показателями водообмена и проточности. Важным элементом выступают также гидрографические связи, позволяющие организовывать водные туристские маршруты по групповым системам озер. Проведенный анализ показывает, что показатель удельного водосбора, рассчитанный как отношение площади водосбора к площади озера, не только характеризует аккумулирующую способность озера, характер годового колебания уровня, но и является своеобразным показателем «экологического давления» на экосистему озера. Последствия негативных экологических процессов на площади водосборного бассейна через гидрологические связи и поверхностный смыв могут отрицательно повлиять на гидрохимические характеристики водной массы и ухудшить возможности рекреационного освоения. В условиях малого и среднего водосбора (10–50 км²) складываются более благоприятные условия, чем на озерах с большими (более 100–300 км²) показателями.

Удельная водообменность указывает приблизительное количество лет средней водности, в течение которых вода в озере сменится за счет притока с водосборного бассейна. Колебания удельной водообменности по средним и малым озерам составляют от 1 до 6, на больших озерах этот показатель превышает 10 и более лет. Кроме того, высокая проточность препятствует развитию процессов антропогенного эвтрофирования и загрязнения озер.

Обобщающей характеристикой, учитывающей как морфометрические, так и гидрохимические особенности озер, является их генетический тип. С учетом выделенных основных типов озер Беларуси [150] к группе наиболее благоприятных отнесены мезотрофные и слабоэвтрофные глубокие и среднеглубокие с большой площадью озера, к группе благоприятных – эвтрофные неглубокие с большой и средней площадью, а к относительно благоприятным – эвтрофные мелководные небольшие и дистрофные озера (табл. 34).

На характер рекреационного освоения озер оказывает непосредственное влияние как состояние природной среды прибрежной зоны (до 500 м), так и всего водосборного бассейна. Для учета этих особенностей может быть использован показатель залесенности и заболоченности водосбора. Учитывается, что как низкие, так и высокие показатели (в связи с малым пейзажным разнообразием, закрытием панорамного обзора и др.) относительно менее благоприятны. Как положительный фактор оценивается наличие заболоченных участков (до 10 %), поскольку это увеличивает пейзажное и биологическое разнообразие природных комплексов, создает уголья для любительских и промысловых видов рекреационных занятий (сбор ягод, охота и др.).

**Критерии рекреационной оценки морфометрических
и гидрологических особенностей озер**

Наименование показателя, единица измерения	Оценка (баллов)		
	Наиболее благоприятные (4)	Благоприятные (3)	Относительно благоприятные (2)
Площадь озера, км ²	0,51–1,0	0,11–0,5	менее 0,1
Длина озера, км	5,1–10,0	2,1–5,0	менее 2,0
Ширина озера, км	1,1–3,0	0,5–1,0	менее 0,5
Коэффициент изрезанности береговой линии, $k = l_0/2(S_{п})^{1/2}$	2,1–3,0	1,51–2,0 и 3,1–3,5	менее 1,5
Площадь мелководий до 2 м глубины (% площади озера)	61–90	31–60	менее 30
Тип донных отложений в прибрежной зоне	песок, песок заиленный	илы глинистые	заиленные, заторфованные
Барьерная зона распространения надводной растительности	101–150	51–100	более 150 и менее 50
Зона ограниченной доступности для купания, м (максимальное распространение растительности)	до 50	51–100	101–200 и более
Гидрографические связи	непосредственно по протокам, рекам	посредством протоков, ручьев, каналов	без связей, бессточные
Генетический тип	мезотрофные, слабоэвтрофные, глубокие, среднеглубокие	эвтрофные, неглубокие	дистрофные, эвтрофные мелководные
Удельный водосбор, $\Delta F = S_{вод}/S_{оз}$	5,0 и менее	5,1–15,0	15,1–50
Залесенность водосбора, % лесопокрытой площади	41–60	20–40	менее 20 и более 60
Заболоченность водосбора, % общей площади	до 10	10,1–20	20,1 и более
Гидрологический режим	проточные	слабопроточные	сточные, бессточные
Удельная водообменность, проточность, $A = W_{оз}/W_{пр.}$	2,0 и менее	2,1–5,0	5,1–10 и более

Основные критерии оценки водной массы озер для рекреации основываются на показателях температурного режима, гидрохимических особенностях и санитарно-гигиеническом состоянии. После аварии на Чернобыльской АЭС (1986 г.) важным фактором, ограничивающим ре-

креационное использование территорий, является радиоактивное загрязнение. В соответствии с действующими нормативами для нового строительства курортно-рекреационных учреждений могут использоваться территории с уровнем радиационного загрязнения: цезием – не более $0,2 \text{ Ки/км}^2$, стронцием-90 – не более $0,02 \text{ Ки/км}^2$, плутонием – не более $0,005 \text{ Ки/км}^2$. Функционирование существующих учреждений без увеличения численности отдыхающих разрешается на территориях с плотностью загрязнения: цезием – до 1 Ки/км^2 , стронцием-90 – до $0,15 \text{ Ки/км}^2$ и плутонием – до $0,01 \text{ Ки/км}^2$. Следует отметить, что общая площадь курортно-рекреационных территорий, имеющих уровень загрязнения цезием 1 Ки/км^2 и более, составляет 510,8 тыс. га (30 % всех резервируемых и используемых рекреационных территорий). Основным резервом для организации отдыха и оздоровления населения служит озерный рекреационный фонд Белорусского Поозерья, где уровень радиоактивного загрязнения не превышает фоновых показателей.

Вторую группу лимитирующих факторов составляют санитарно-гигиенические показатели озерных водоемов. В первую очередь должно быть обеспечено высокое качество воды для организации контактных видов рекреационных занятий (купание, подводное плавание, катание на водных лыжах, виндсерфинг и др.) Следует учитывать этот критерий и при организации водно-спортивных видов занятий на гребных и парусных судах. Так, озера не должны иметь плавающих примесей, вода не должна иметь запаха и привкуса (интенсивностью до 1 балла), а содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться более чем на 0,75 [32]. Все объекты рекреационного фонда первоочередного освоения отвечают этим требованиям.

Температурный режим Беларуси в летний период способствует широкому использованию озер для рекреационной деятельности. Продолжительность благоприятного периода со среднесуточной температурой воздуха выше $15 \text{ }^\circ\text{C}$ увеличивается от 77 суток на северо-западе (Верхнедвинск) до 112 суток на юго-востоке (Комарин) [110]. В районе Белорусского Поозерья, где сконцентрирован основной озерный рекреационный фонд, этот период составляет около 3 месяцев.

Температура воды озер и рек Беларуси на протяжении трех летних месяцев во всех регионах превышает $+17 \text{ }^\circ\text{C}$ (среднесуточная), а в июле достигает более $+20 \text{ }^\circ\text{C}$, что благоприятствует их использованию для купально-пляжных видов рекреации. В этих же пределах колеблется температурный режим крупных озер – от $17,9 \text{ }^\circ\text{C}$ на северо-западе (оз. Дривяты) до $21 \text{ }^\circ\text{C}$ на юге республики (оз. Червоное). При этом в мелководных заливах температура воды, как правило, на $1\text{--}2 \text{ }^\circ\text{C}$ выше, чем сред-

няя; различается она также у нагонного и сгонного берегов (1–1,5 °С), что необходимо учитывать при размещении учреждений отдыха. В целом состояние и свойства воды озерных водоемов, используемых для рекреации, должны отвечать требованиям действующих стандартов к зонам рекреации водных объектов [32] либо быть близкими к фоновым показателям. Действующими стандартами установлены предельные нормативы по активной реакции воды – рН и растворенному кислороду. Для водных рекреационных объектов величина рН должна быть в пределах 6,5–8,5, а растворенный кислород должен составлять не более 4 мг/л.

Озерные водоемы не пригодны, например, для любительского рыболовства, если рН меньше 5 (кислые) или более 10 (щелочные), а концентрация кислорода менее 2 мг/л, поскольку ход биологических процессов в этих озерах формирует экосистему, мало пригодную для рекреационного использования.

В большинстве озер первоочередного освоения активная реакция воды колеблется от нейтральной до слабощелочной. Отсутствие резких колебаний рН в течение года свидетельствует об относительной молодости многих озер и пониженной интенсивности фотосинтеза в глубоких озерах (Нарочь, Струсто, Волосо Южный и др.). Среднеглубокие эвтрофные озера отличаются большими колебаниями рН как в течение года, так и в вертикальном разрезе (Отолово). Наиболее высокие значения рН устанавливаются в заросших заливах озер (до 9), а также в высокоэвтрофных озерах с высокой зарастаемостью (Баторино, Черствяты – более 8,5) [150].

В числе других элементов минерализации стандартами и нормативами ПДК нормируется присутствие сульфатов (SO_4^{2-}) и хлоридов (Cl^-). При этом, например, для питьевой воды содержание сульфатов не должно превышать 500 мг/л, а хлоридов – 350 мг/л [27]. Поскольку во всех объектах озерного рекреационного фонда эти показатели значительно ниже, для построения бонитировочной шкалы за критическую точку отсчета принимались фоновые показатели, что в определенной мере позволяет диверсифицировать оценки (табл. 35).

Кроме минеральных соединений на химический состав воды влияют биогенные вещества (главным образом соединения фосфора и азота). Количество их определяет возможности развития водных растений. В глубоких озерах содержание биогенов, как правило, незначительное, не более сотых долей миллиграмма на литр. При сбросах отходов коммунально-городского хозяйства, промышленных и сельскохозяйственных стоков содержание биогенных элементов возрастает (более 1 мг/л), увеличивается количество микроскопических водорослей, снижается про-

Критерии рекреационной оценки гидрохимического состояния озер

Наименование показателя, единица измерения	Фоновый показатель, ГОСТ	Оценка (баллов)		
		Наиболее благоприятные (4)	Благоприятные (3)	Относительно благоприятные (2)
Активная реакция воды, рН	6,5–8,5	6,5–7,5	7,6–8,5	менее 6,5 и более 8,6
Растворенный кислород (O ₂), мг/л	4,0	8,1–10,0	4,1–8,0	менее 4 и более 10
Прозрачность, м	2,0	2,6–5,0 и более	1,1–2,5	0,5–1,0
Хлориды (Cl ⁻), мг/л	10,0	2,5–7,5 и менее	7,6–15,0	15,1–25,0 и менее
Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/л	7,0	2,0–9,0 и менее	9,1–16,0	16,1–25,0 и более
Фосфаты (PO ₄ ³⁻), мг/л	0,01	0,01–0,05 и менее	0,05–0,09	0,1–0,2 и более
Азот аммонийный (NH ₄ ⁺), мг/л	0,5	0,1–0,3 и менее	0,31–0,5	0,51–0,7
Цветность, град.	10–15	5–25	26–50	51–100 и более
Минерализация, мг/л	100–200	101–200	201–300	менее 100 и более 300

зрачность, ухудшаются рекреационные качества озер. Высокое содержание органического вещества характерно для дистрофных озер, способность к самоочищению экосистем которых снижена.

Внешними признаками состояния водной массы озера, уровня содержания в нем органических веществ являются прозрачность и цветность. Наибольшей цветностью (более 100 градусов) обладают озера со значительным притоком болотных вод. Эвтрофные неглубокие водоемы не имеют таких высоких показателей (25–35), а мезотрофные глубокие озера характеризуются наименьшими величинами цветности (5–15 градусов). Прозрачность воды изменяется по сезонам года и в наиболее активный летний рекреационный период наблюдается ее снижение под влиянием развития живых организмов (планктона). Снижение прозрачности наблюдается также весной при поступлении талых вод. Наибольшая прозрачность наблюдается в глубоких озерах, где она превышает 4–5 м (Нарочь, Рудаково и др). В неглубоких озерах в период массового «цветения» прозрачность уменьшается примерно в 2 раза по сравнению с зимним периодом (до 1–2,5 м). Наименее прозрачны (менее 1 м) мелководные и загрязненные озера с цветностью воды 50–70 градусов. С уче-

том отмеченных зависимостей построены шкалы балльной оценки для цветности и прозрачности, визуальное восприятие которых непосредственно влияет на рекреационное использование озер отдыхающими.

Обобщающим показателем качества воды озер является минерализация. Озера Беларуси в силу фактора географической зональности относятся в основном к числу пресных, а их минерализация не превышает 200–300 мг/л. Состав и количество минеральных веществ зависят от состава отложений на водосборах, особенностей водного баланса, режима испарения в условиях умеренно континентального климата. При этом часто низкой минерализацией (менее 100 мг/л) обладают озера, получающие питание из верховых болот, что снижает их рекреационную пригодность так же, как и высокая минерализация (более 300 мг/л), которая часто вызывает поступление сульфатов и хлоридов вследствие распашки водосборов и внесения минеральных удобрений.

В соответствии с природно-хозяйственной классификацией озерного фонда Беларуси определены критерии, выполнена статистическая обработка данных, и проведена рекреационная оценка пригодности наиболее крупных озер республики, включенных в существующие рекреационные зоны или относящихся к перечню первоочередного освоения для различных форм рекреации и туризма, экологически допустимой рекреационной емкости озер, благоприятных для рекреационно-туристского использования. Оценка, проведенная по данной методике, показала, что к группе наиболее благоприятных относится 34 % озерных водоемов, благоприятных – 43 % и умеренно благоприятных – 23 %. Общая рекреационная емкость территорий составляет около 40 тыс. мест.

Комплексная оценка определения степени пригодности акваторий учтенных озер Беларуси площадью более 0,001 км² для конкретных видов рекреационного использования проводилась по совокупности целевых критериев и показателей, их пороговых значений, обеспечивающих безопасность отдыха на воде. В качестве целевых показателей использованы: *общие* (взвешенные вещества, цветность, прозрачность, водородный показатель (рН), биохимическое потребление кислорода (БПК₅), бихроматная окисляемость, перманганатная окисляемость, растворенный кислород, биомасса фитопланктона, продолжительность комфортного климатического периода); *особые* (радиационное загрязнение (по Cs-137, Sr-90, изотопам Pu и Am-241), токсическое (по Hg, Pb, As, Ni, Cd, Cu, Zn и Cr-VI) и микробное (лактозоположительные кишечные палочки; эшерихии; стафилококки (золотистый и эпидермальный); энтерококки; сальмонеллы; шигеллы; клостридии; холерные вибрионы; бделловибрионы), *индивидуальные* (площадь мелководий с надводной растительно-

стью, глубина водоема, площадь зарастания акватории подводными макрофитами, площадь акватории, ширина акватории, длина водоема) и *специфические* (видовое разнообразие ихтиофауны, биомасса подводных макрофитов).

Для контактных видов отдыха по содержанию взвешенных веществ пригодны 95,4 % оцененных озер Беларуси, по прозрачности – 39,6 %; по цветности – 58,5 %; по водородному показателю – 70,1 %; по БПК₅ – 40,9 %; по бихроматной окисляемости – 36,4 %; по перманганатной окисляемости – 51,7 %; по биомассе фитопланктона – 61,3 %.

По содержанию взвешенных веществ для любительского рыболовства пригодны 99,3 % обследованных озер республики; по прозрачности – 83,3 %; по водородному показателю – 98,4 %; по БПК₅ – 69,0 %; по содержанию растворенного кислорода – 98,8 %; по биомассе фитопланктона – 61,3 %. Лимитирующих факторов для развития любительского рыболовства не выявлено.

По уровню токсического загрязнения озер Беларуси Cu и Zn для контактных видов отдыха пригодны соответственно по Cu – 80 %, по Zn – 76,9 % и Ni – 83,6 % обследованных озер. Оценки рекреационной пригодности озер по радиологическим, микробиологическим и частично токсикологическим (ртуть (Hg), свинец (Pb), мышьяк (As), кадмий (Cd) и хром (Cr-VI)) невозможна из-за отсутствия необходимых данных наблюдений.

Анализ *индивидуальных* целевых показателей, регламентирующих осуществление контактных и бесконтактных видов отдыха на акватории озер Республики Беларусь, показал несоответствие требованиям: для катания на парусниках и яхтах 95,6 % озер (по площади акватории), для гребли на лодках и байдарках 67,7 % (по длине водоема), 88,4 %, (по площади акватории), для катания на водных лыжах – 62,7 % и 95,6 % (соответственно длина озера и его площадь).

Оценка озерного фонда по *специфическим* целевым показателям, отражающим возможность развития подводного плавания и промысловых видов отдыха, показала, что по показателям биомассы подводных макрофитов для подводного плавания непригодны 50,0 % общего числа озер.

Биологические ресурсы озер включают в себя растительные и животные. Запасы биологических ресурсов определяются своеобразием условий, богатством и разнообразием жизни. Биологические ресурсы озер формируются из продуцентов первичного звена (фитопланктон, перифитон, макрофиты), консументов вторичного звена (зоопланктон, бентос, ихтиофауна, водные млекопитающие) и редуцентов.

Основа *растительных ресурсов* озер формируется за счет запасов высшей водной растительности и годовой продукции водорослей. Коли-

чественное развитие продуцентов первичного звена зависит от морфологических особенностей строения котловины и физико-химических показателей среды обеспеченности экосистем питательными веществами. Внутригодовая и многолетняя динамика биомассы имеет широкий диапазон изменчивости и пределы колебания для озер различного уровня трофности, поэтому оценить величину продукции, создаваемой микроводорослями для озер республики, весьма затруднительно [148]. Биомасса планктонных водорослей в летний период изменяется от 0,03 до 150 и более грамм в кубическом метре воды. Наиболее высокая биомасса (более 8 г/м³) фитопланктона в гиперэвтрофных и высокоэвтрофных водоемах, число которых в сумме составляет около 27 % от всех изученных.

Ресурсы макрофитов. Основное количество водоемов республики (около 70 % от общего числа) отличается слабой и умеренной степенью зарастания (10–40 %). Число водоемов сильно и полностью заросших (40–80 % площади) составляет около 30 %. В прибрежной полосе преобладают сообщества воздушно-водных и околководных растений. Урожайность фитоценозов варьирует в широких пределах (0,5–6 кг сырого и 0,01–2,0 кг воздушно-сухого веса на 1 м² зарослей). Подавляющее большинство водоемов (55 % от числа обследованных) имеют низкую биомассу высших водных растений (менее 0,2 кг/м²), 5 % водоемов имеют высокую биомассу макрофитов (более 0,4 кг/м²) [29, 30].

Предварительная оценка запасов растительного сырья в озерах республики, выполненная по данным различных лет обследования, позволяет оценить общие биологические запасы высших водных растений водоемов республики в 110 тыс. т воздушно-сухого веса. Запасы растительного сырья в озерах разного типа зарастания приведены в табл. 36.

Таблица 36

**Общая биомасса гидрофитов в озерах разного типа зарастания
(в тоннах воздушно-сухого веса)**

Тип зарастания	Подтип	Количество озер	Общая биомасса гидрофитов	
			т	%
Гелофитный	Тростниковый	46	665,0	0,5
	Тростниково-камышовый	116	13810,1	12,5
	Камышовый	72	17527,2	16,0
Гело-гидрофитный		58	36060,7	33,0
Гидрофитный	Харовый	29	16743,8	15,0
	Рдестовый	59	25106,7	23,0
	Полушниковый	11	139,3	0,1
	Моховой	17	13,5	0,01
Всего:		408	110066,3	100

Гелофитный тип объединяет озера с преобладанием воздушно-водной растительности. Основными ценозообразователями являются: тростник, камыш (схеноплект) озерный, аир, рогоз узколистый, манник большой, болотница болотная (ситняг болотный), хвощ речной, различные виды осок. Погруженная растительность представлена редкими зарослями рдестов, элодеи, роголистника. Степень зарастания озер гелофитного типа определяется особенностями морфометрического строения котловины (средней глубиной и общей площадью мелководий), в меньшей степени – гидрохимическими особенностями водной массы. Развитию подводных растений в таких озерах препятствуют невысокая прозрачность воды (в среднем около 1,5 м) и значительная биомасса фитопланктона (в среднем около 10 г/м³). Для этих озер прослеживается хорошо выраженная тенденция возрастания биомассы макрофитов с увеличением площади зарастания водоема. В целом же эти водоемы отличаются слабым зарастанием (в среднем 23 % их общей площади) и невысокой биомассой макрофитов (0,200 кг воздушно-сухого веса на 1 м² зарослей).

По различию в составе доминирующих видов в пределах типа выделяются три подтипа: тростниковый, тростниково-камышовый, камышовый.

В озерах *тростникового подтипа* основные заросли формирует тростник обыкновенный, или южный. Подводные растения и растения с плавающими листьями представлены слабо. Встречаются рдесты, элодея, редко – кубышка желтая. Узкая литораль, крутой сублиторальный склон, распространение каменистых и гравийно-галечниковых участков препятствуют развитию водной растительности. Это, как правило, мезотрофные и слабоэвтрофные озера с воронкообразной формой котловины. Они отличаются слабым зарастанием (в среднем до 15 % площади озера) и низкой биомассой водных растений (0,150 кг/м²).

В озерах *тростниково-камышового подтипа* самыми распространенными видами являются тростник и камыш озерный. Видовой состав водной растительности по сравнению с тростниковым подтипом богаче. В полосе надводной растительности наряду с тростником и камышом часто встречаются болотница болотная, хвощ речной, рогоз узколистый, осоки. Растения с плавающими листьями представлены 3–4 видами и часто образуют полосы вдоль надводных зарослей и в заливах, погруженная растительность представлена в основном низкопродуктивными зарослями элодеи, роголистника, рдестов, образующими нижний ярус в полосе полупогруженных и плавающих растений. В заливах встречается телорез и шелковник жестколистый. В число озер этого подтипа входят

преимущественно эвтрофные водоемы. От озер тростникового подтипа они отличаются меньшими глубинами, высокой долей мелководий (в среднем 24,5 % общей площади озера) и большей заиленностью грунтов. Средняя величина зарастания – около 20 %, биомасса макрофитов – 0,200 кг/м² зарослей.

В озерах *камышового подтипа* преобладают заросли надводной растительности с доминированием в них камыша озерного. Субдоминанты: тростник, рогоз узколистный, хвощ речной, болотница болотная. Разнообразно (в среднем 6–8 видов) представлены растения с плавающими листьями, образующие в заливах значительные (до 30 % общей площади зарослей) участки, чему способствует наличие укрытых, мелководных заливов, высланных заиленными грунтами. Развитие подводной растительности, богатой по видовому составу (до 16 видов) фитоценозов, но представленной редкими зарослями, сдерживается интенсивным развитием альгофлоры (биомасса фитопланктона достигает 13,0 г/м³) и низкой прозрачностью воды (в среднем 1,3 м). К данному подтипу относятся мелководные эвтрофные водоемы (средняя глубина – 3,0 м; зона мелководий в среднем – 35,0 %). Они являются наиболее заросшими среди озер гелофитного типа (средняя площадь зарастания – 36 %, биомасса макрофитов – 0,240 кг/м² зарослей).

Гело-гидрофитный тип объединяет водоемы, в которых воздушно-водные и настоящие водные растения занимают примерно равные площади. Основу биомассы макрофитов создают воздушно-водные растения – тростник, камыш озерный, рогоз узколистный, болотница болотная, формирующие основные фитоценозы. Реже встречаются манник большой, хвощ речной, аир. Растения с плавающими листьями представлены в основном кубышкой желтой, рдестом плавающим и горцем земноводным. Видовой состав фитоценозов подводной растительности в озерах этого типа довольно разнообразен. Наряду с рдестами часто встречаются элодея, роголистник, уруть, реже – харовые водоросли. Озера гело-гидрофитного типа зарастают в среднем на 48 % и имеют биомассу макрофитов 0,300 кг/м². Представлены преимущественно озерами эвтрофного типа. Степень их зарастания определяется площадью мелководий и средней глубиной водоемов. Интенсивное накопление макрофитами биомассы тесно связано с заиленностью грунтов. Невысокая прозрачность воды (в среднем 2,0 м) сдерживает процесс зарастания этих водоемов и препятствует распространению подводной растительности глубже 4,0 м.

Гидрофитный тип объединяет озера, в растительном покрове которых по занимаемой площади и по создаваемой биомассе доминирует

погруженная растительность. Подразделяется на четыре подтипа: харовый, рдестовый, полушниковый и моховый.

В растительном покрове озер *харового подтипа* доминируют харовые водоросли, формирующие густые заросли. Субдоминанты – широколистные рдесты (блестящий и пронзеннолистный), элодея и роголистник погруженный; часто встречаются узколистные рдесты, телорез, реже – пузырчатка обыкновенная, уруть колосистая. Растения с плавающими листьями не получают широкого распространения. Воздушно-водные растения, представленные в основном тростником, реже – камышом озерным, занимают относительно небольшие участки песчаных литоралей. Степень зарастания водоемов (в среднем до глубины 7–8 м) тесно связана с высокой прозрачностью воды (в среднем 4,5 м), водородным показателем воды pH, общей минерализацией и характером грунтов. Озера зарастают в среднем на 36 %; средняя биомасса макрофитов составляет 0,270 кг воздушно-сухого вещества на 1 м² зарослей. Биомасса харовых зарослей может достигать 1,5 кг/м².

В озерах *рдестового подтипа* доминирующими видами являются рдесты пронзеннолистный, блестящий, Фриса, гребенчатый, а также элодея, телорез, реже – рдесты курчавый, сплюснутый, роголистник, уруть, шелковники (водные лютики), харовые водоросли. Гелофиты (водно-болотные растения) занимают небольшие по сравнению с погруженными растениями площади (от 10 до 30 % заросшей площади). Растения с плавающими листьями в некоторых озерах этого подтипа занимают до 20 % заросшей площади и представлены в основном кубышкой желтой, рдестом плавающим, горцем земноводным, реже – кувшинкой чисто-белой, водокрасом, ряской. Высокой степени зарастания водоемов рдестового подтипа способствуют: небольшая средняя глубина (около 1,6 м), значительная площадь мелководий (в среднем 74 %) и заиленность грунтов (зольность в среднем 43 %). Фактор прозрачности не является определяющим для развития погруженной растительности. Этот подтип объединяет сильно заросшие (в среднем на 97 %) озера со значительной биомассой макрофитов (0,400 кг/м² зарослей).

В озерах *полушникового подтипа* основную площадь зарослей занимает полушник озерный, также встречается водный мох фонтиналис, единично – узколистные рдесты, кубышка желтая, рдест плавающий, встречаются редкие заросли тростника. Видовой состав и развитие макрофитной растительности определяют характерные для низкоминерализованных озер показатели: слабая минерализация воды (57,7 мг/л), кислая среда (pH 4–6), широкое распространение детритового сапропеля. Степень зарастания этих водоемов напрямую и тесно связана с прозрач-

ностью воды. Зарастают они слабо (в среднем на 33 %), биомасса зарослей макрофитов низкая (в среднем 0,01–0,03 кг/м² зарослей).

Для озер *мохового подтипа* характерно 100 %-е покрытие дна мхом фонтиналисом, редко встречаются: полушник, рдесты, элодея, кубышка желтая. Озера мохового подтипа включают низкоминерализованные, дистрофирующие мелководные водоемы (средняя глубина 1,5 м) с прозрачностью воды до дна. Развитию макрофитов препятствуют: низкая минерализация воды, кислая среда (рН 5–7,5), наличие тонкодетритовых сапропелей (зольность 30 %). Биомасса макрофитных зарослей низкая (в среднем 0,01 кг/м² зарослей).

Данные изучения озер республики показывают, что более половины (57,2 %) из них относятся к гелофитному типу; гело-гидрофитному типу зарастания принадлежит 14,2 % озер, гидрофитному – около 30 %.

Основные биологические запасы макрофитов сосредоточены в озерах гело-гидрофитного типа зарастания (33 %) и в гидрофитных озерах рдестового подтипа (23 %). Озера, относящиеся к остальным типам, зарастают слабо, имеют низкую биомассу макрофитов и соответственно низкое промысловое значение.

Анализ видового состава высшей водной растительности и особенностей зарастания позволил выделить 68 водоемов республики, обладающих большими запасами ресурсов, перспективных для заготовки растительного сырья и использования их в народном хозяйстве. Озера отличаются значительными площадями (более 1 км²); в высокой степени или полностью заросшие – имеют объем ежегодно возобновляемых запасов растительного сырья не менее 100 т воздушно-сухого веса.

Общие запасы макрофитов в водоемах, перспективных для заготовки растительного сырья, оцениваются в 82 тыс. т воздушно-сухого веса (приблизительно около 400 тыс. т сырого веса), что составляет около 75 % общей ежегодно возобновляемой биомассы макрофитов в озерах республики. По биологическим запасам озера разделены на 3 группы (табл. 37).

Таблица 37

Биологические запасы макрофитов озер, перспективных для заготовки растительного сырья

Градации биомассы (т ВСВ)	Количество озер	Доля от общих запасов биомассы макрофитов в озерах республики, (%)
от 100 до 500	34	7,2
от 500 до 1000	10	6,5
от 1000 до 10000	24	60

Основные запасы растительных ресурсов сосредоточены в озерах Витебской (43867,4 т) и Минской (11608,3 т) областей. В Гомельской и

Брестской сосредоточены 3061,5 и 1551,6 т общей биомассы ВСВ соответственно (рис. 10).

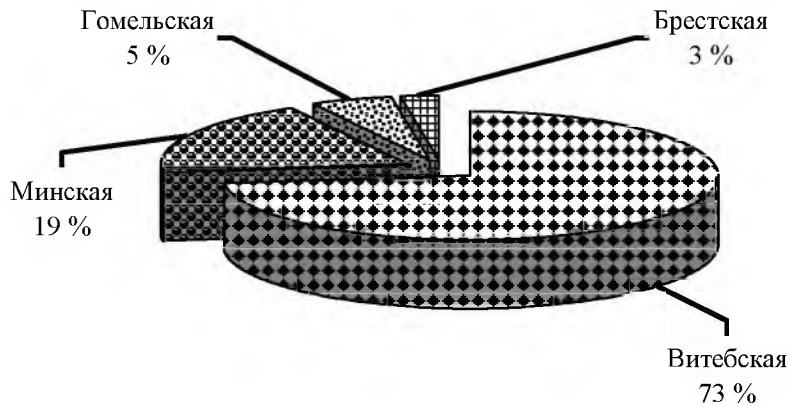


Рис. 10. Распределение запасов ресурсов водной растительности в озерах по областям Беларуси

Оценить ресурсы живых организмов в озерах весьма затруднительно и возможно только при выполнении специальных исследований. В данном случае можно говорить об ориентировочной оценке по величине биомассы зоопланктона и бентоса. Малокормные водоемы (около 50 % от обследованных) имеют биомассу зоопланктона до $2,5 \text{ г/м}^3$ и зообентоса до $5,0 \text{ г/м}^2$. Среднекормные (около 40 % озер) имеют пределы колебаний $2\text{--}6 \text{ г/м}^3$ и $5\text{--}15 \text{ г/м}^2$ соответственно, высококормные озера с высокой биомассой зоопланктона (более 6 г/м^3) и биомассой бентоса выше 15 г/м^2 составляют менее 10 % от числа обследованных.

Рыбные ресурсы. Попытки оценить ресурсную базу рыболовства и классифицировать водоемы Беларуси предпринимались в 50–60-е гг. в связи с планированием организации рыболовства и рыбопереработки в республике [119]. Работы осуществляли по отдельным наиболее крупным и хозяйственно значимым водоемам, отвечающим задачам и потребностям рыбного хозяйства на том этапе. За прошедшие годы под воздействием хозяйственной деятельности человека в экосистемах водоемов и регионах произошли существенные изменения, приведшие не только к изменению количественного и качественного состава водоемов, но и их продукционных показателей. В последние годы разработаны критерии и система рыбохозяйственной классификации водоемов, в основу которой были положены лимнологические, продукционные и ихтиологические данные, которые позволили объединить все разнообразие водоемов республики в пять типологических групп: сигово-сетковые,

лещево-судаची, лещево-щучье-плотвичные, окунево-плотвичные и карасево-линевые (табл. 38) [78].

Таблица 38

Критерии рыбохозяйственной классификации водоемов

Показатели	Типологические группы водоемов				
	сигово-сетковые	лещево-судаची	лещево-щучье-плотвичные	окунево-плотвичные	карасево-линевые
Генетический тип	II	III ₁	III ₂ , III ₃	II, III, IV ₁	III ₃ , IV ₂
Площадь	средние и крупные	средние и крупные	малые, средние и крупные	малые и средние	малые, средние и крупные
Глубина	средне- и глубоководные	неглубокие и среднеглубокие	мелководные неглубокие	все типы	мелководные,
Термический режим	гетеротермные	мезо- и гомотермные	гомотермные	гетеро- и гомотермные	гомотермные
Газовый режим	хороший	удовлетворительный	удовлетворительный	удовлетворительный с дефицитом у дна	удовлетворительный
Наличие заморозов	нет	нет	в отдельных частях	в отдельных частях	возможно
Наличие песчано-гравийных грунтов, % дна	> 30	до 30	10–15	–	–
Прозрачность, м	>2	1–1,5	1–1,5	0,5–2	<1
Проточность	слабопроточные	слабопроточные или проточные	все типы	все типы	все типы
Биомасса зоопланктона, г/м ³	1–4	5–7	5–7	1–8	1,2–6
Биомасса зообентоса, г/м ²	2,2–8	8–12	8–12	2–12	4–5
Объем ихтиоценоза, видов	14	18	16	8	6
Число видов	(до 25)	(до 25)	(до 20)	(до 13)	(до 14)
Состав ядра ихтиоценозов	плотва, щука, окунь, ряпушка	лещ, плотва, окунь, судак	лещ, плотва, щука, окунь	окунь, плотва, щука	карась, щука, плотва

Территориальный учет озер, знание закономерностей распределения водоемов каждого типа и результаты изучения количественных характеристик водоемов по группам позволили определить величины промыслового запаса озер (табл. 39). Полученные данные не являются окончательными и могут быть дополнены и откорректированы при получении дополнительных материалов изучения водоемов.

Таблица 39

**Распределение рыбохозяйственных водоемов по величине промыслового запаса ихтиофауны
по классифицируемым группам [80]**

Область	Группы водоемов															Итого	
	Сигово-снетковые			Лешего-судаачьи			Лешего-щучье-плотвичные			Окуново-плотвичные			Карасево-линевые				
	Количество	Площадь, тыс. га	Запас, кг/га	Количество	Площадь, тыс. га	Запас, кг/га	Количество	Площадь, тыс. га	Запас, кг/га	Количество	Площадь, тыс. га	Запас, кг/га	Количество	Площадь, тыс. га	Запас, кг/га	Количество	Площадь, тыс. га
Брестская	–	–	–	–	–	–	16	6,95	128,8	164	7,78	92,0	206	10,04	106	386	24,78
Витебская	21	8,50	74,0	37	26,79	111,0	293	34,42	107,0	904	17,02	82,0	628	9,12	93,0	1883*	95,85
Гомельская	–	–	–	–	–	–	13	1,88	103,6	208	4,59	88,8	626	11,07	115,5	847	17,54
Гродненская	–	–	–	–	–	–	16	3,56	81,0	79	2,71	62,0	54	0,91	33,0	149*	7,18
Минская	1	7,91	80,0	–	10,48	120,6	17	16,93	93,0	137	4,64	54,1	113	4,54	46,5	271	44,50
Могилевская	–	–	–	–	–	–	1	2,34	64,3	71	3,50	64,0	123	2,28	81,8	195	8,13
Всего	22	16,42	–	40	37,27	–	356	66,08	–	1563	40,24	–	1750	37,96	–	3770	197,97

На основе системы рыбохозяйственной классификации и разработанной в лаборатории ихтиологии БелНИИРХ и НИЛ озераведения БГУ автоматизированной информационно-справочной системы (АИСС) «Рыбохозяйственные водоемы Беларуси» впервые в Беларуси осуществлена кадастровая оценка рыболовных угодий, позволяющая оперативно решать вопросы их рационального использования. Данные свидетельствуют, что наибольшее распространение на территории республики имеют водоемы карасево-линевого (1750 озер площадью 37,9 тыс. га) и окунево-плотвичного типа (1563 озера площадью 40,2 тыс. га), в сумме составляющие около 88 % числа и 39 % общей площади учтенных озер. Промысловый запас ихтиофауны озер по типам составляет 33–115 и 54–92 кг/га соответственно. Лещево-щучье-плотвичные озера (запас 64–128 кг/га), имеют более ограниченное распространение (356 озер общей площадью 66,1 тыс. га) и преимущественно приурочены к бассейну Западной Двины. Наименьшее распространение среди озер республики имеют лещево-судацьи и сигово-сетковые водоемы, их промысловый запас исчисляется величинами до 120 и 80 кг/га соответственно.

2.2. Использование озер в хозяйственной деятельности

Условия для заселения человеком водосборов озер на территории Беларуси сформировались после отступления последнего ледника около 12 тыс. л. н. в аллереде [71]. Малочисленные палеолитические стоянки носили дисперсный характер и были приурочены к долинам крупных рек. В раннем голоцене (9 – 5 тыс. л. н., материальная культура мезолита) вся территория Северной Белоруссии была уже заселена. Население жило в небольших поселениях, в наземных или полужемляночных жилищах, занималось охотой, рыболовством, собирательством, используя простейшие орудия труда – каменные топоры, луки, стрелы и т. д. [42, 59]. В суббореальный период (конец эпохи неолита) климат, рельеф и гидрографическая сеть Беларуси приобрели современные черты. Вся территория, исключая участки открытых болот и пойм крупных рек, была заселена [28]. Люди занимались охотой, рыболовством, примитивным земледелием [60]. Лесная растительность представляла существенное препятствие для развития земледелия и ограничивала на ранних этапах хозяйственное воздействие человека на природу [74, 109].

Анализ палинологических данных озерных отложений указывает, что уже со второй половины атлантического периода начинает сказываться влияние человека на растительный покров. Появление в спорово-пыльцевых спектрах пыльцы крапивы, одуванчика, спорыша, подморенника, подорожника, тысячелистника свидетельствует о развитии

лугопастбищного животноводства и существовании вырубок, стравливаемых участков и пастбищ [5, 53, 62]. Воздействие человека на окружающую природу носило локальный и весьма ограниченный характер.

Появление металлических орудий при материальной культуре бронзового и железного веков стимулировало развитие хозяйственной деятельности, развивалась обработка дерева и кости, бронзолитейное и гончарное дело, прядение, ткачество, плетение [48, 101]. Присутствие в спорово-пыльцевых спектрах разрезов озерных отложений пыльцы злаковых культур (ржи, пшеницы) указывает на то, что уже с конца суббореального – начала субатлантического времени возделывание хлебных злаков становится ведущим занятием населения района [120, 121, 5, 53].

Земледелие носило экстенсивный характер, что требовало постоянного расширения пахотных земель. Широкое развитие подсечного земледелия, вырубка лесов, пожары приводили к быстрому сокращению древесного покрова на благоприятных для возделывания участках. Это было важным этапом активного вмешательства человека в развитие природной среды [48, 107]. Сведение лесов значительно изменило водно-физические свойства почв (плотность, структуру). Ухудшение водопроницаемости способствовало увеличению поверхностного стока, развитию плоскостного смыва и эрозии. На территории Поозерья подсечное земледелие существовало вплоть до X века [76, 107]. Следует отметить, что, несмотря на экстенсивную форму ведения хозяйства, подсечно-огневое земледелие все же оказывало ограниченное влияние на природу Поозерья и масштабы преобразования охватывали от 10 до 25 % территории [74].

Влажный и прохладный климат субатлантического периода вызвал некоторое сокращение посевных площадей и увеличение пастбищных угодий [121]. Возникновение двухпольного (парового) земледелия вызвало новый размах создания обрабатываемых земель и одновременно повсеместного сильного проявления почвенной эрозии и денудации.

Развитие хозяйственной деятельности с начала XVIII до середины XX века характеризовалось образованием крупных поместий – имений, которые на начальном этапе дают толчок развитию хозяйства. Аграрная реформа XIX века, применение новых орудий и машин способствовали вовлечению в землепользование новых площадей и усилению вмешательства человека в природную среду. На водосборах озер начались интенсивные гидрологические преобразования – строительство мельниц с регулируемым стоком, создание прудовых хозяйств.

Годы Первой мировой войны нанесли хозяйству огромный урон, большое число хозяйств и населенных пунктов было разрушено и со со-

жжено. Повсеместно вырубался и вывозился лес, продукты сельскохозяйственного производства. Ко времени 1926–1931 гг. относятся большие гидротехнические работы в системах малых рек, нарушившие естественный уровень озер. Достоверные сведения о величине падения уровня озер отсутствуют, так как данные уровня озер за период 1926–1944 гг. с современными наблюдениями не увязаны [116].

Отмена частной собственности на землю и создание колхозов вызвали структурную перестройку посевных площадей, широкое развитие сети мелиорированных земель, расширение площадей культурных пастбищ и лесопосадок, повсеместное применение минеральных удобрений для получения высоких урожаев. Рост производительных сил обусловил новый подход к использованию природных ресурсов. Озера становятся источниками водоснабжения и водопользования, приемниками вод мелиоративных сооружений, объектами рыболовства и рыбозаведения. Развитие продуктивного рыботороварного хозяйства и энергетической базы вызвало создание широкой сети водохранилищ, часто создаваемых на основе уже существующих озер путем подъема их уровня.

В современных условиях природопользования использованию природных ресурсов озер принадлежит одно из ведущих мест. Главная задача заключается в рациональном использовании их ресурсов и создании благоприятных правовых и социальных условий для предотвращения истощения ресурсов озер и их охраны.

Хозяйственное использование водоемов республики дифференцировано и зависит от нескольких определяющих факторов: расположения и доступности озер, наличия необходимых запасов и качества природных ресурсов озер и побережий (водные, рыбные, минеральные, рекреационные), освоенности побережий и водосборов (наличие на берегах мелких и крупных населенных пунктов).

Наиболее часто вовлечены в хозяйственную деятельность озера, имеющие на водосборе один населенный пункт. Большое количество озер имеет на водосборах от 5 до 10 и более 20 населенных пунктов. Наибольшей освоенностью и плотностью населения на водосборах и приозерья в республике являются озера Полесья и районы с высокой сельскохозяйственной освоенностью территории – Браславский, Глубокский, Поставский, Шумилинский и т. д. Наименее интенсивно используются озерные водосборы и водоемы Верхнедвинского, Россонского, Докшицкого районов (рис. 11).

Размеры озер, их площадь определяют вид использования. Озера площадью до 0,25 км² чаще используются для рыболовства и хозяй-

ственно-бытового водопотребления. Для озер площадью 1,0–5,0 км² ха-
рак-

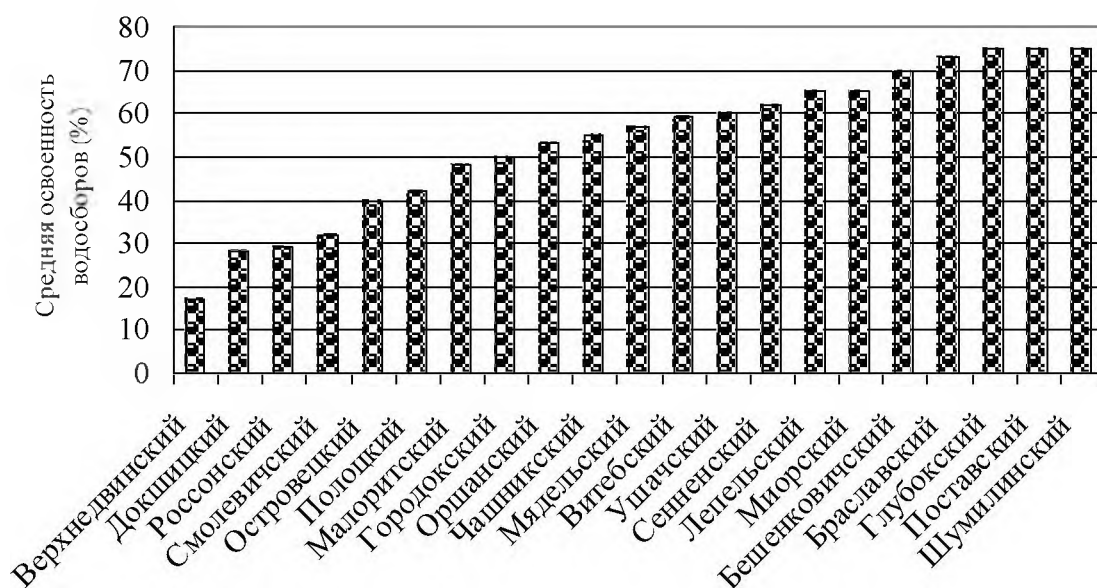


Рис. 11. Освоенность водосборов озер по районам (средняя величина доли сельскохозяйственных угодий в %)

терно возрастание роли рекреационного использования, рыболовства и рыборазведения в качестве нагульных водоемов. Самые крупные озера (площадью более 5 км²) имеют многоцелевое назначение с преобладанием хозяйственно-бытового потребления воды, рекреации.

Наиболее распространенным видом хозяйственного использования ресурсов озер является рыбное хозяйство (рыболовство и рыбоводство) – 92 % общего числа водоемов. Для целей водопользования используется около половины озер. Основным видом служит хозяйственно-бытовое (69,2 %) и сельскохозяйственное (45,4 %) водопотребление. Крупных промышленных водопотребителей мало, в основном это предприятия энергетики и рыбокомплексы. В рекреационных целях используется не более 32 % от общего числа водоемов, для мелиоративных целей – 9 % озерного фонда. Использование водоемов двояко – в качестве источников водоснабжения (увлажнительная мелиорация) и в качестве водоприемников вод дренажной сети (осушительная мелиорация). Незначительная часть водоемов используется для добычи сапропелей (менее 0,8 %) (рис. 12).

Использование озер и их природных ресурсов в зависимости от целевой направленности в настоящее время принято подразделять на:

водопотребление – использование озер, связанное с забором воды с возвратом или безвозвратным расходом ее части. Классифицируется по



Рис. 12. Хозяйственное использование озер Беларуси (%)

цели водопользования, характеру и способу использования водных объектов, характеру использования воды и т. д.;

водопользование – использование озер и их ресурсов как среды или источника энергии без изъятия воды из водоема. Подразделяется в зависимости от вида потребляемых ресурсов: рыболовство, рыбоводство, лечебно-курортные и оздоровительные цели (рекреационное), гидротехническая мелиорация (водоприемники), водный транспорт и лесосплав, добыча сапропелей, добыча растений и животных, водоприемники сточных вод, прочие нужды. По условиям предоставления водных объектов в водопользование его подразделяют на совместное и обособленное. По характеру воздействия на водоемы водопользование и водопотребление можно разделить на непосредственное (изъятие воды из водоема) и косвенное, возникающее вследствие хозяйственной деятельности человека в целом (мелиорация земель на водосборе водного объекта, строительство гидротехнических сооружений и т. д.). Классификация водоемов республики по характеру водопользования и водопотребления приведена в главе 2.3.

Использование водных ресурсов озер. Данные по характеру водопользования и объемам водопотребления представляются ежегодной отчетностью по форме 2-ТП ВОДХОЗ. Анализ информации показывает, что суммарный объем водопотребления из озер за 1990–2002 гг. составлял 41,1–168,7 млн т в год. Наибольший объем воды потреблялся из озер Лукомское (17,5–29,9 млн т), Белое (Белозерский р-н, 3,4–80,2 млн т),

Белое (Житковичский р-н, 9,4–27,0 млн т), Червоное (6,2–20,8 млн т), Навлицкое (0,6–2,2 млн т), Большое Ореховское (0,5–1,3 млн т в год) (рис. 13).

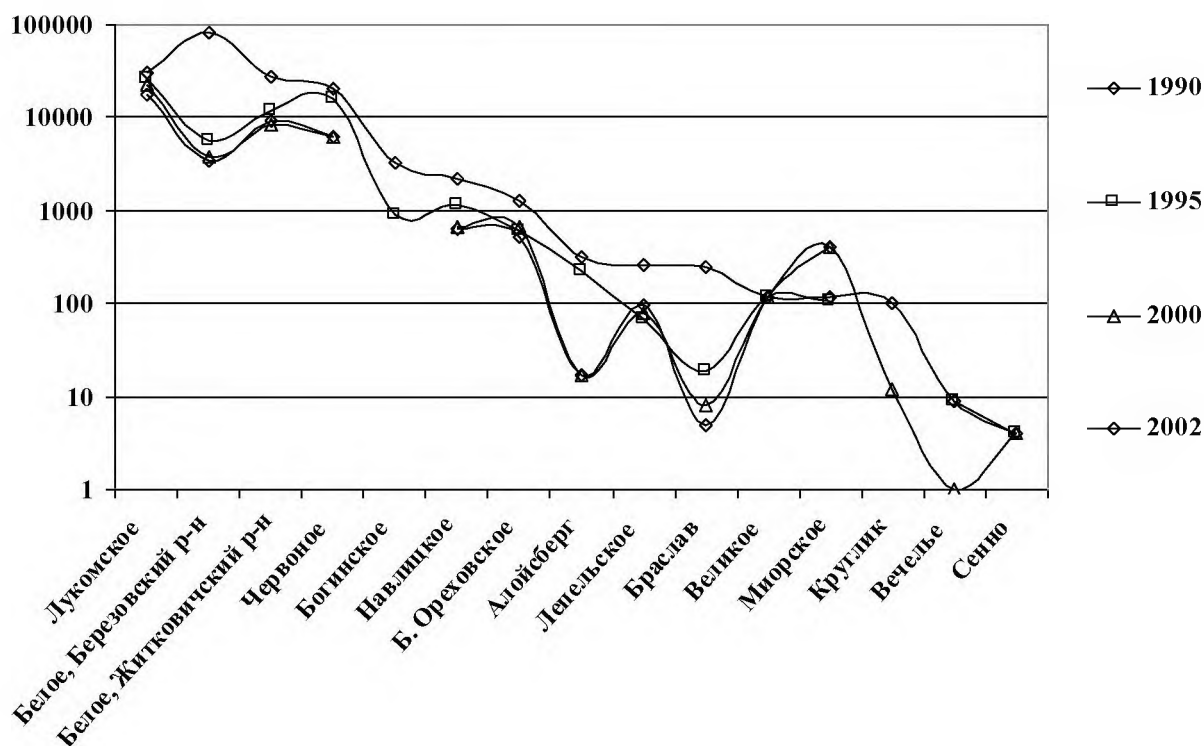


Рис. 13. Изменение объема водопотребления из озер за 1990–2002 гг. (по материалам 2-ТП ВОДХОЗ)

Основными видами водопотребления являются рыбохозяйственное (80–85 % объема) и промышленное. На долю других видов приходится от 2 до 10 % объема. В последние годы отмечено резкое (на 75 %) снижение объемов водопотребления (рис. 14). Самыми крупными потребителями воды из озер в промышленности служат энергетика – объем забора воды за период 1990–2002 гг. составлял 27,0–19,0 млн м³, в меньших объемах используют воду легкая, пищевая (95–104 тыс. м³), металлообрабатывающая и строительная (33–224 тыс. м³), перерабатывающая промышленность (51–703 тыс. м³). Рыбоводные хозяйства потребляли за этот период от 134,5 до 18,7 млн м³, на нужды сельского хозяйства потреблялось менее 0,5 млн м³, коммунальное хозяйство на хозяйственно-питьевые цели использовало от 24 до 89 тыс. м³ воды из озер.

В *рыбоводных хозяйствах* всех типов вода используется для содержания производителей, проведения нереста и выращивания мальков; инкубации икры, выдерживания личинок и подращивания молоди; выра-

щивания рыбопосадочного материала – сеголетков, годовиков, двухлеток, двухгодовиков; выращивания товарной рыбы, временного содержания товарной рыбы; выращивания живых кормов. На большинстве рыбководных предприятий применяется прямоточная система водоснабжения, при этом предусматривают отдельный подвод воды к каждому пруду и самостоятельные сборы из них.

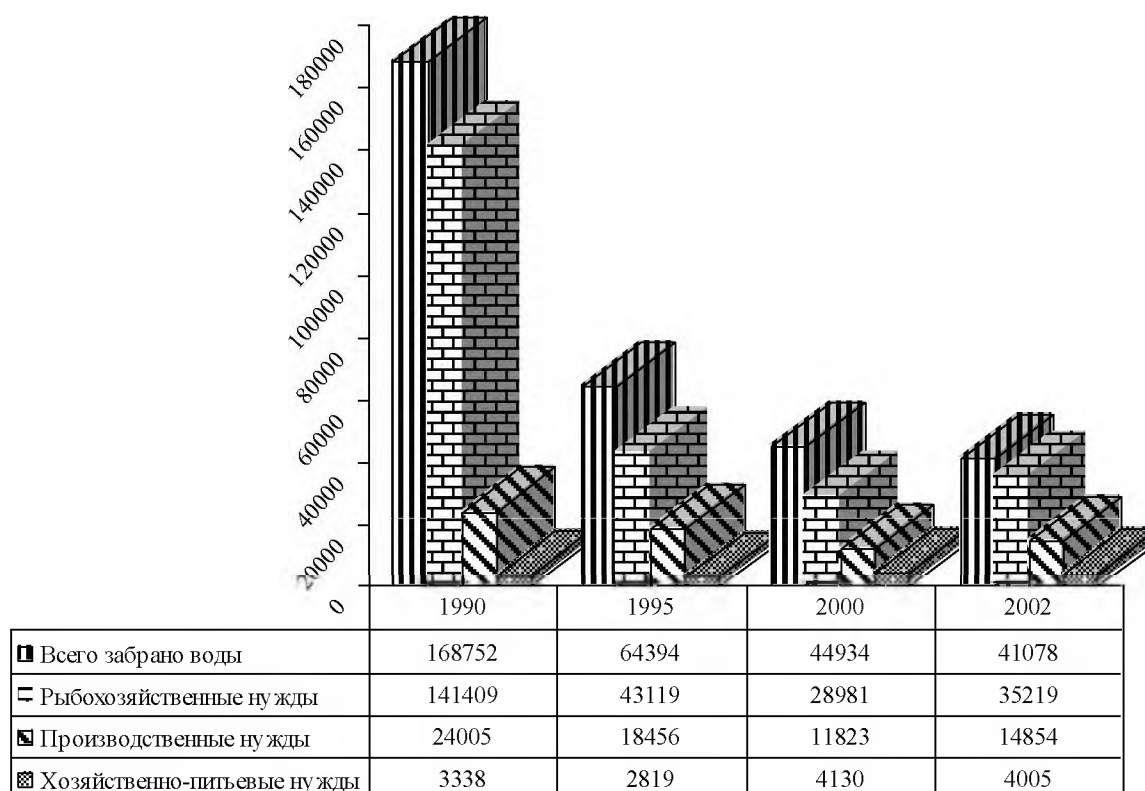


Рис. 14. Потребление воды из озер на хозяйственные нужды

Крупнейшие рыбководные хозяйства в республике используют воду из озер в следующих объемах: опытный рыбхоз «Белозерский» – до 73,5 млн м³ (1990 г.), опытный рыбхоз «Белое» – до 27,0 млн м³ (1990 г.), РПТУП рыбхоз «Красная Зорька» – до 20,8 млн м³ (1990 г.), «Новолукомльский» озрыбхоз – до 7,7 млн м³ (1990, 1995 гг.), озрыбхоз «Браславский» – до 3,3 млн м³ (1990 г.), РПТУП рыбхоз «Полоцкий», рыбопитомник «Навлица» – до 2,2 млн м³ (1990 г.).

Энергетика – один из основных потребителей воды из озер республики. Вода используется тепловыми электростанциями. В теплоэнергетике основное количество воды расходуется на охлаждение пара в конденсаторах турбин, охлаждение смазочного масла, газа и воздуха турбо-

агрегатов, для удаления шлаков при сжигании твердого топлива. Наиболее распространенной является система оборотного водоснабжения с водоемом-охладителем. В качестве водоемов-охладителей используются озера или водохранилища и применяется прямоточная система водоснабжения.

Первая ГРЭС в республике была построена в 1927–30 гг. – Осиновская ГРЭС (позже Белорусская) мощностью 35 тыс. кВт (оз. Большое Ореховское), в 1950–60 гг. – Березовская ГРЭС мощностью 950 тыс. кВт (озеро Белое), в 1964–79 гг. – Лукомльская ГРЭС мощностью 2500 тыс. кВт (Лукомское озеро).

Наиболее крупными водопотребителями в энергетике являются: Лукомльская ГРЭС, потребляющая в зависимости от условий года воду из озера Лукомское в объеме 15,1–19,2 млн м³ в год, Березовская ГРЭС (3,4–6,5 млн м³ в год) и Белорусская ГРЭС (0,5–1,3 млн м³ в год).

В промышленности водопотребителями озерной воды являются предприятия перерабатывающей (льняная, пищевая) промышленности и промышленности строительных материалов. Различные отрасли предъявляют свои требования как к качеству, так и к количеству воды. Одной из характерных особенностей промышленности является постоянство и непрерывность процессов производства. Однако и в промышленности существует ряд отраслей, которые отличаются сезонностью основных производственных процессов (рыбная, сахарная, плодоконсервная).

Основными промышленными потребителями озерной воды являются льнозаводы, расположенные в Витебской области (Плиссский, Лепельский, Миорский, Брагславский, Поставский, Шумилинский, Ушачский). В зависимости от мощности заводов забор воды из озер на производственные нужды изменяется – от 9 тыс. м³ (Ушачский льнозавод) до 319 тыс. м³ (ОАО «Плиссский льнозавод»). Суммарное водопотребление льнозаводов составляло от 703 тыс. м³ в 1990 до 51 тыс. м³ в 2002 гг. Снижение темпов экономического развития сказалось на сокращении объема водопотребления из озер в 14 раз.

Предприятия молочной промышленности (Миорский, Лепельский молочные заводы) до 90 % объема общего водопотребления чистой воды расходуют на производственные нужды (охлаждение молока и молочных продуктов, мойка сыров, восстановление сухого молока, мойка оборудования и тары, включая автомобильные и железнодорожные цистерны, для котельных и холодильных установок). На хозяйственно-питьевые нужды используется до 10 % воды. Система водоснабжения прямоточная, в производственных и вспомогательных цехах – прямоточная с повторным использованием отработанной воды. Отработанная вода от

охлаждения молочных продуктов в аппаратах повторно используется на горячее водоснабжение, питание котлов, наружную мойку автомобильных цистерн, полив территории. Общий объем водопотребления предприятий составляет от 95–104 тыс. м³ в год (Миорский молочный завод). Кроме того, из предприятий отрасли озерная вода используется Браславским овощесушильным заводом в объеме 299 тыс. м³ (2000 г.)

Предприятия, выпускающие стройматериалы, применяют воду для производства строительного кирпича методом мокрой формовки, производства силикатного кирпича, где вода применяется для гашения извести. Качество применяемой воды может быть невысокое. Годовой объем потребления воды Лепельским заводом железобетонных изделий – до 40 тыс. м³ в год.

Помимо вышеперечисленных отраслей промышленности воду потребляют автотранспортные и металлоперерабатывающие предприятия для охлаждения механизмов и печей, мойки машин и механизмов, других процессов. Крупных потребителей воды среди предприятий нет. Автотранспортные предприятия потребляют воду в объемах: 5–40 тыс. м³ в год (г. Глубокое), 4–40 тыс. м³ (г. Поставы), до 4 тыс. м³ (г. Сенно, Браслав), до 180 тыс. м³ в год из озера Лепельское потреблял экскаватороремонтный завод (г. Лепель).

В сельском хозяйстве основными потребителями воды являются сельские населенные пункты, животноводческие фермы, предприятия по переработке сельскохозяйственной продукции и производству кормов, а также производственные зоны по обслуживанию техники.

Вода на животноводческих комплексах и фермах потребляется на содержание животных, питьевые, технологические и хозяйственно-бытовые нужды обслуживающего персонала, на обслуживание вспомогательных зданий и сооружений (котельная, мастерские, гаражи и др.). Нормы потребления воды в животноводстве колеблются от 2 до 200 л/сут. Вода, забираемая на нужды животноводства, должна удовлетворять тем же требованиям, которые предъявляются к воде, используемой для хозяйственно-питьевых целей.

Характерные особенности водоснабжения сельских населенных пунктов – большая внутрисуточная неравномерность, значительные объемы безвозвратного водопотребления из-за слабого развития канализации и относительно невысокое удельное водопотребление на душу населения (130–140 л/сут).

Водопотребление в системах водоснабжения сельских населенных пунктов обуславливается сложным взаимодействием целого комплекса факторов, важнейшими из которых являются: природно-климатические

условия, специализация хозяйств, оснащенность и механизация производства, уклад жизни населения, административное положение, степень благоустройства жилых домов и т. п. (табл. 40).

Таблица 40

**Укрупненные показатели потребностей в воде в сельском хозяйстве
Беларуси (свежая вода/ безвозвратно используемая)**

Потребность в воде (л/сут/1 жителя)	Годы		
	1995	2000	2005
Население	140/75	165/83	165/83
С/х производство (мастерские, машинный парк)	35/15	35/17	35/17
Животноводство	175/75	200/85	205/85
Всего	350/165	400/185	405/185

Нормы водопотребления определяются как сумма расходов воды: внутри жилого фонда и за его пределами (на хозяйственно-бытовые и бытовые нужды в жилых и общественных зданиях); внутри селитебной территории (водопой и приготовление пищи животным и птице, находящимся в личной собственности колхозников, служащих и рабочих совхозов, полив приусадебных земельных участков); на внешнее благоустройство сельских населенных пунктов; на производственные нужды колхозов и совхозов (мастерские, ремонтные работы в гаражах и т. д.); на нужды местной промышленности (хлебопекарни, подсобные предприятия и помещения для кустарных промыслов и т. д.).

В условиях Республики Беларусь озерная вода используется для *орошения*: оросительные системы для производства овощных культур, орошения пастбищ и сенокосов. В основном используются оросительные системы для выращивания овощной продукции в пригородных хозяйствах. До 1990 г. забор воды из озер на орошение практиковался достаточно широко. По данным статистической отчетности, только Березовское МООС в 1990 г. потребляло воду в объеме 288 тыс. м³. Ситуация с водопотреблением, исходя из прогнозных данных потребности в воде, может измениться при перемене экономических условий (табл. 41).

Рыбохозяйственное значение озер. Основное количество озерных водоемов имеет рыбохозяйственное значение, и они могут либо используются в рыбохозяйственных целях. Под использованием в рыбохозяйственных целях традиционно понимается использование водоемов для целей рыбного промысла, рыбозаведения, водообеспечения рыбоводных хозяйств, развитие любительского рыболовства. В настоящее время эксплуатация биологических ресурсов водных угодий в Республике Беларусь осуществляется на основании Закона об аренде, при этом озера

Таблица 41

Укрупненные средневзвешенные показатели для прогноза потребности в воде для орошения и увлажнения земель на территории Беларуси (м³/га)

Потребность	Обеспеченность, %	Годы		
		1995	2000	2005
Орошение	50	1035	1030	1020
	75	1480	1470	1460
	95	2220	2205	21090
Увлажнение	50	770	805	840
	75	1100	1150	1200
	95	1650	1725	1800

аренду могут передаваться для трех видов хозяйственной деятельности: организации промыслового рыболовства (включая элементы аквакультуры), организации платного любительского рыболовства и организации добычи беспозвоночных животных.

Главным видом использования рыбных ресурсов озер считается промысловое рыболовство. По состоянию на 01.01.2002 для целей промыслового рыболовства в стране было передано в аренду 503 озера общей площадью 102575 га, из них 36,9 % эксплуатировало ГО «Госрыбхоз», 27,6 % – государственные природоохранные учреждения «Национальные парки» Управления делами Президента Республики Беларусь, 35,5 % – прочие организации. Годовые уловы рыбы с арендуемых водоемов за последние 10 лет колеблются в пределах 498,1–968,2 т, что составляет от 60,9 до 72,2 % от всего вылова рыбы из естественных водоемов [79] (табл. 42).

Уловы рыбы неравномерны как в целом по регионам, так и по годам наблюдения, что зависит от обеспеченности территории водоемами, ее освоенности рыболовством, состояния материально-технической базы добывающих предприятий, количества и качества зарыбляемого рыбопосадочного материала. Анализ статистических данных за последние полвека показал, что существенный рост промыслового вылова в республике отмечался только в послевоенный период и связан был с экстенсивным развитием отрасли хозяйствования. С принятием в 1962 г. новых правил рыболовства и увеличением размеров ячеи в орудиях лова суммарная величина вылова из озер сократилась и на протяжении последующих 30 лет стабилизировалась на уровне 10–18 тыс. ц в год. Сокращение вылова мелкочастиковых видов за этот период привело к возрастанию доли крупночастиковых, которая составила до 35–40 % [79].

Исследования, выполненные Институтом рыбного хозяйства НАН Беларуси в рамках ГНТП «Экологическая безопасность» совместно с

Таблица 42

Динамика вылова рыбы и раков из озер на территории Беларуси по годам (тонн)

Товарные сорта	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Угорь	21,9	10,76	12,84	10,04	14,35	16,18	15,29	14,28	8,03	14,10
Сиговые	0,70	2,73	3,07	4,45	4,85	2,60	3,24	8,23	0,82	0,87
Крупный частик*	677,4	181,18	154,03	193,88	237,62	140,53	114,67	169,31	184,76	279,49
Мелкий частик**	154,1	416,29	397,94	405,85	487,08	340,71	364,91	422,51	443,38	673,76
Всего	744,8	610,96	567,88	614,22	743,9	500,02	498,11	614,33	636,99	968,22
Раки	–	–	0,28	1,01	2,21	2,63	1,11	9,14	2,47	0,70

* крупный частик: лещ, судак, щука, карп, сом, линь, язь, налим, белый амур, толстолобик

** мелкий частик: плотва, густера, окунь, красноперка, укля, ерш, карась, сомик калифорнийский, сорные сорта «мелочь»

БГУ (задание «Создать автоматизированную информационную справочную систему (АИСС) обеспечения рационального рыбохозяйственного использования водоемов Республики Беларусь»), показали, что основная масса рыбохозяйственных озер, за небольшими исключениями, сосредоточена в регионе Поозерья – Витебской (66,8 %) и севере Минской (14,5 %) области. Вторым по важности регионом является Полесье, однако площадь рыбохозяйственных озер в Брестской (7,5 %) и Гомельской (7,9 %) областях существенно меньше, нежели на севере страны.

Меньше всего озер, пригодных для рыбного промысла, – в Могилевской (1,2 %) и Гродненской областях (2,2 %) Беларуси, что объясняется природными особенностями озер и их антропогенной трансформацией. Рыбопромысловое использование озер зависит от места расположения, доступности, морфометрических характеристик озер. Наиболее высокой рыбопродуктивностью отличаются малые (с площадью до 100 га) и наиболее крупные (более 1 тыс. га) водоемы. На крупных озерах состояние рыбных ресурсов позволяет вести промысел постоянным рыболовецким бригадам большую часть года, поэтому их рыбопродуктивность в 2–7 раз выше, чем на прочих.

Водоемы малой площади облавливаются периодически. При этом чем меньше площадь озера, тем более интенсивно оно может быть обловлено существующими орудиями лова [79]. Следовательно, отмечаемое снижение величины уловов из озер на рубеже 90-х гг. объясняется не столько истощением ресурсной базы, сколько сокращением числа облавливаемых водоемов и снижением интенсивности промысла по экономическим причинам.

Из водных беспозвоночных животных наибольшее промысловое значение имеют речные раки и личинки комаров. Организованный промысел раков осуществляется на некоторых озерах Полесья (Олтушское, Ореховское и др.). Годовой улов раков колеблется в пределах 7–26 ц, что объективно меньше возможного. Увеличению добычи мешает неизученность состояния сырьевой базы по регионам и типам водоемов.

Промысел личинок комаров (хирономид и хаоборин) ведется на небольших высокоэвтрофных водоемах, как правило, вблизи больших городов для удовлетворения нужд рыболовов-любителей и аквариумистов. Отчетность по объемам промысла и его географии отсутствует, поэтому дать оценку о степени использования не представляется возможным.

Любительское рыболовство в Республике Беларусь развивается на всех категориях водоемов и водотоков, включая разнотипные озера. Направление развития идет двумя путями: через платное рыболовство и на общих основаниях. На озерах, переданных в аренду для организации

платного любительского лова, рыболовство ведется на возмездной основе, условия которой определяются арендатором. На водоемах, используемых для других целей либо находящихся в Государственном резервном фонде, – на общих основаниях (безвозмездно). К настоящему времени для организации платного любительского рыболовства в республике передано в аренду 60 тыс. га (около 30 %) озерного фонда. Численность рыболовов-любителей в стране точно не установлена, но по аналогии с рядом стран Западной Европы можно предположить, что рыбной ловлей увлекается не менее 10 % населения, проживающего на данной территории. Более точно о количестве рыболовов-любителей можно судить по количеству членов, объединенных в различные общества, которых, по данным органов рыбоохраны, в республике насчитывается 101 тыс. человек.

Лов рыбы ведется практически на всех озерах, он отличается только интенсивностью и периодичностью. Наиболее интенсивно, особенно в летнее время, облавливаются водоемы, расположенные вблизи населенных пунктов, крупных городских агломераций и в пределах важнейших рекреационных зон – Браславская, Нарочанская, Ушачская группы озер, вокруг городов Минска, Витебска, Бреста, Гродно, Полоцка и районных центров Глубокое, Сенно, Поставы, Миоры, Россоны.

По данным специалистов института рыбного хозяйства, на долю рыболовов-любителей приходится от 25 до 50 % от объема возможного вылова, что в целом по республике составляет примерно 1,2–2,4 тыс. т [80]. По экспертным оценкам специалистов органов рыбоохраны, суммарный вылов любителями составляет 2,5 тыс. т. Учитывая соотношение площадей угодий, можно предположить, что из озер любителями изымается не менее 1,8 тыс. т рыбопродукции.

Рыбоводство как отрасль рыбохозяйственной деятельности на естественных водоемах имеет два направления. Первое – улучшение видового состава уловов за счет интродукции и акклиматизации хозяйственно ценных видов рыб (угорь, судак, сазан, лещ, щука, белый амур, белый и пестрый толстолобики, пелядь), за счет имеющихся ресурсов кормовой базы. Второе – существенное увеличение рыбопродуктивности естественных водоемов за счет реконструкции ихтиофауны, замены аборигенных хозяйственно ценными нагуливающимися видами на основе пастбищной аквакультуры.

Широкое использование второй метод получил в 70–80-е гг., когда на озерах создавались ОТРХ (озерные товарные рыбные хозяйства) с различной степенью интенсификации. В качестве объектов нагула использовались в основном карп, серебрястый карась, растительоядные

рыбы, угорь, пелядь. Годовой вылов с ОТРХ колеблется в пределах 0,5–7,3 тыс. ц [46]. Высокие затраты на посадочный материал и низкая степень подготовки водоемов для перевода в режим ОТРХ к началу 90-х гг. сделали это направление хозяйствования экономически невыгодным, поэтому в настоящее время рыболовное освоение озер идет только по первому пути.

Рекреационное использование озер. Большая роль принадлежит озерам в формировании системы рекреации республики. Рекреация направлена на восстановление и укрепление здоровья, физических и духовных сил человека, его трудоспособности; реализуется в период кратковременного и длительного отдыха в оздоровительных учреждениях, турпоходах, экскурсиях, прогулках. Основой для развития рекреации служат рекреационные ресурсы, включающие в себя местность с благоприятным климатом, живописными ландшафтами, побережья водоемов, леса, источники минеральных вод и месторождения лечебных грязей. Для рекреационного использования в республике зарезервировано 1,8 млн га (8 % территории республики).

Озера и их побережья являются ключевыми объектами рекреации, формирующими так называемые озерные рекреационные территории (места отдыха, рекреационные зоны). Согласно генеральной схеме размещения и развития курортов и зон отдыха в республике из 87 рекреационных зон на 1,5 млн человек озерные составляют 32 % (26 зон). Крупнейшие рекреационные зоны включают не только отдельные водоемы и их побережья, но и целые озерные группы площадью до 25 и более гектаров. Количество озер, их морфометрическая характеристика, эстетическая ценность побережий являются исходными величинами определения рекреационной емкости зоны и рекреационной нагрузки на объекты.

Основной рекреационный фонд, развивающийся на базе озер, сконцентрирован в Белорусском Поозерье, находится в зоне относительно невысокого рекреационного спроса, что снижает остроту рекреационных нагрузок в период кратковременного отдыха. Высокий рекреационный спрос вблизи крупных городских агломераций Беларуси и в ряде регионов с недостаточной обеспеченностью озерным фондом стимулировал активное создание искусственных водоемов. Ведущие озерные рекреационные зоны республики «Нарочь», «Браслав», «Ушачи», «Озерная», «Освея», «Латыгово», «Подсвилье» и «Лосвида» различаются площадью, количеством озер, их эстетической ценностью.

Курортно-рекреационные территории республики можно разделить на: курорты республиканского и местного значения, зоны отдыха республиканского и местного значения (табл. 43).

Таблица 43

Территориальные рекреационные системы, формирующиеся на озерах

Курортно-рекреационные территории	Административный район	Озера	Площадь озер, км ²
Курорты республиканского значения			
Нарочь	Мядельский	Нарочь, Мястро, Мядель, Кузьмичи, Баторино, Рудаково, Лотвины, Дягили	117,87
Ушачи	Ушачский	Тартак, Церковище, Звонь, Должа, Вечелье, Глубокое, Барковщина, Деминец	5,56
Курорты местного значения			
Летцы	Витебский	Шевино	0,36
Озеро Белое	Брестский	Белое, Рогозьянское	0,93
Зоны отдыха республиканского значения			
Улла	Шумилинский, Бешенковичский	Коронево, Платишно, Вербное	0,95
Освея	Верхнедвинский, Россонский	Изубрица, Белое Котлярово, Лисно, Бредно, Страдное	23,84
Россоны	Россонский	Нещердо	27,4
Озёры	Гродненский	Белое, Рыбница, Зацково, Антозеро, Кальница	13,27
Зоны отдыха местного значения			
Белое Озеро	Лунинецкий	Белое	0,22
Завишье	Пинский, Ивановский	Завищовское	1,3
Лосвида	Витебский, Городокский	Лосвида, Первищенское	11,97
Латыгово	Городокский, Витебский	Медесно, Танай, Мелкое, Глубокое, Плав, Вымно, Арлейко, Пренц, Захбейка, Костовье	12,04
Туровля	Полоцкий	Туровля	0,90
Озерная	Полоцкий, Ушачский	Яново, Гомель	11,16
Подсвилье	Глубокский	Плисса, Глыбочка	4,42
Ходцы	Сенненский, Бешенковичский	Сарро, Боровка	5,41
Езерище (резерв)	Городокский	Езерище	15,39
Матырино	Ушачский, Полоцкий	Матырино	0,39
Девинское	Сенненский	Девинское, Серокоротня	3,75
Скрыдлево	Сенненский, Бешенковичский, Витебский	Скрыдлево	0,76
Зоны отдыха местного значения			
Юркевичи	Житковичский	Белое	1,56

Курортно-рекреационные территории	Административный район	Озера	Площадь озер, км ²
Зоны отдыха местного значения			
Островно	Бешенковичский, Витебский	Островно	1,33
Зароново	Витебский, Шумилинский	Зароновское	3,58
Браславский туристский комплекс в составе Национального парка	Браславский	Береже, Богинское, Буже, Видзке, Войсо, Даубле, Ельно, Недрово, Неспиш, Рака, Струсто, Волосо Северный, Волосо Южный, Снуды, Дривяты, Оболе	115,37

Исходя из озерности рекреационных зон, суммарной площади водоемов и количества отдыхающих, рассчитанная рекреационная емкость водоемов свидетельствует, что наибольшую рекреационную нагрузку испытывают водоемы в пределах зоны «Лосвида»; рекреационная зона «Освея» характеризуется наиболее низкими показателями, зоны «Нарочь» и «Латыгово» имеют значительный объем для увеличения нагрузки.

В гидромелиорации озера используются в качестве водоприемников осушительной сети и источников воды для орошения сельскохозяйственных угодий. Водоприемниками выступают озера, имеющие обширные заболоченные водосборы, осушенные для сельскохозяйственного использования, улучшения бонитета лесов или водоотведения участков добычи торфа. Кроме того, озера включались в системы каналов, имеющих транспортное и лесосплавное назначение в качестве аккумуляторов весеннего стока. Впервые трубчатый керамический дренаж в Беларуси был положен в 1854–1856 гг. В 1850–1860 гг. мелиоративные мероприятия в незначительных масштабах осуществлялись в поместьях землевладельцев преимущественно под руководством иностранных специалистов.

Крупные гидромелиоративные работы на территории Беларуси выполнены в 1873–1898 гг. Западной экспедицией по осушению болот под руководством И. И. Жилинского [45]. За время работы экспедиции прорыто более 4 тыс. км каналов осушительного и лесотранспортного назначения, улучшено более 600 тыс. га луговых и лесных угодий. Часто в результате понижения уровня грунтовых вод оголенные песчаные почвы превращались в подвижные пески. Когда ремонт и содержание мелиоративных сооружений стали нерентабельными, мелиоративные системы начали приходить в негодность.

В 1920-е гг. начали создаваться мелиоративные коммуны. Особенно большие работы были проведены в водосборе реки Оресы. Здесь в 1930-е гг. на ранее неиспользованных в сельскохозяйственном производстве землях было создано несколько крупных совхозов и колхозов. В марте 1941 г. СНК СССР и ВКП(б) приняли постановление «Об осушении болот в Белорусской ССР и использовании осушенных земель колхозами для расширения посевных площадей и сенокосов». Это был 15-летний план освоения в БССР 4 млн га болот и заболоченных земель.

К 1941 г. сетью открытых каналов осушено 270 тыс. га болот. Кроме этого, 300 тыс. га сенокосов и пастбищ улучшено при помощи культуртехнических работ.

С конца 1950-х гг. начал внедряться закрытый дренаж, повысивший надежность и управляемость мелиоративных систем. Наиболее масштабные работы по мелиорации сельскохозяйственных земель проведены в 1965–1980 гг., когда было введено 2,4 млн га осушенных земель, материальный дренаж заложен на площади 1,3 млн га. По данным инвентаризации, в республике насчитывается 3046,2 тыс. га осушенных земель сельскохозяйственного назначения (что соответствует 31 % всех сельскохозяйственных угодий) [23].

Построенные в свое время мелиоративные системы были первым этапом освоения болот. В соответствии со «Схемой осушения и освоения земель Белорусского Полесья», разработанной в 1968 г., предусматривалось строительство прудов и водохранилищ полезной емкостью 1558 млн м³. В настоящее время объем построенных прудов и водохранилищ составляет только 668,6 млн м³.

В конце 70-х – начале 80-х гг. начаты работы по совершенствованию осушительных систем путем строительства осушительно-увлажнительных и водооборотных систем. Однако, по данным инвентаризации, площадь мелиоративных систем с гарантированным двусторонним регулированием составляет 179357 га, а на площади 563392 га осуществляется только так называемое предупредительное использование. На таких системах на спаде половодья закрываются подпорные сооружения. Как показывает практика, собственного стока для регулирования уровня грунтовых вод не достаточно. В летний период на торфяниках уровни грунтовых вод опускаются на 2 м и более. Необходима дополнительная подача из наземных источников озер или наливных водохранилищ, заполнение которых осуществляется насосными станциями в весенний период. При недостаточном финансировании работ по эксплуатации мелиоративных систем пруды и водохранилища не заполняются до проектных отметок и многие построенные системы с двухсторонним регулированием

ем водного режима оказываются в засушливые периоды без источника водоснабжения.

По данным инвентаризации, около 30 % всех мелиоративных систем нуждаются в реконструкции. Происходит вторичное заболачивание земель водосборов. На многих мелиоративных системах отмечается неудовлетворительное техническое состояние систем водоподачи из прудов и водохранилищ.

Вывод из эксплуатации мелиоративной системы или ее части приводит к невозможности ее использования в сельскохозяйственном производстве. Территория объекта зарастает кустарником, сорной растительностью, которая накапливается и превращается в источники пожаров. Кроме того, осушительная сеть в засушливые периоды приводит к снижению уровней грунтовых вод не только на мелиоративной системе, но и на прилегающих к ней смежных территориях.

Проектной документацией большая часть мелиоративных систем на торфяных почвах отводилась под сенокосы и пастбища с обеспечением соответствующего водно-воздушного режима. Хозяйствами же торфяники как наиболее плодородные и не требующие значительных доз удобрений почвы зачастую используются под пропашные культуры с иными, чем у трав, требованиями к условиям осушения.

В соответствии с постановлением Правительства Республики Беларусь от 17 ноября 1994 г. № 183 «О государственной программе охраны и рационального использования земель» ГП «Белгипроводхоз» и ГП «Полесьегипроводхоз» совместно со специалистами отделов по земельным ресурсам и землеустройству, инспекций природных ресурсов и охраны окружающей среды и землепользователями в 1996–1999 гг. была проведена инвентаризация мелиоративных систем республики.

В результате инвентаризации получены данные о количественном составе и качественном состоянии осушенных и орошаемых земель, гидротехнических сооружений, открытых водотоков, прудов, водохранилищ и т. д. По данным инвентаризации, значительная часть мелиоративных систем, отслуживших нормативный срок и морально устаревших, нуждается в реконструкции. Кроме того, установлено, что бывшие торфоплощадки с низким плодородием почв и заросшие кустарником и площади, потерявшие плодородие, подлежат снятию с учета (табл. 44).

При предстоящей реконструкции мелиоративных систем особую актуальность приобретают вопросы охраны вод водоприемников от загрязнения и истощения и восстановления природных комплексов на нарушенных территориях. Наиболее перспективным направлением в охране и природопользовании является разработка и реализация планов

Показатели мелиоративного состояния осушенных земель (га)

Область	Площадь осушения		Необходимость проведения мероприятий				
	всего	из них на торфяни- ках	не требу- ется	Требуется			
				рекон- струкция	снятие с учета	в том числе	
торфораз- работки	пашня, пастбище, сенокосы						
Брестская	717081	292885	471373	215475	14935	716	6829
Витебская	542278	73737	300871	151672	12375	291	7314
Гомельская	554536	228198	392020	147366	13475	1015	10685
Гродненская	308791	88739	196298	62903	10169	798	4950
Минская	625037	42893	406444	114744	12932	64	6627
Могилевская	298432	82586	152217	68623	15794	106	10232
Итого	3046155	1074204	1919223	760783	79680	2990	46637

управления водными ресурсами территорий и водно-болотными угодьями, расположенными на выработанных торфяных площадях, неперспективных для сельскохозяйственного использования не только на бассейновом, но и на системном уровне (мелиорированный водосбор – река – озеро) [23].

Использование минеральных ресурсов озер ограничено добычей сапропелей. Основными направлениями использования сапропелей в народном хозяйстве являются: сельскохозяйственное, медицинское, производство строительных материалов, буровых растворов.

В сельском хозяйстве сапропелевые отложения широко используются для получения удобрений. Благодаря высоким сорбционным свойствам сапропели служат хорошей основой для высокоэффективных комплексных полнокомпонентных удобрений, а также составной частью рецептуры различных видов компостов и др. Карбонатные сапропели – отложения, содержащие свыше 50 % карбонатов, обладают высокой нейтрализующей способностью и используются для известкования кислых дерново-подзолистых почв. Сапропели используются для получения органо-минеральных полно-компонентных гранулированных удобрений с необходимыми добавками азота, фосфора, калия. Малозольные сапропели являются хорошим связующим при гранулировании минеральных удобрений, в первую очередь калийных [94].

По химическому составу и содержанию биологически активных веществ и микроэлементов отдельные виды сапропелей отвечают требованиям, предъявляемым к минерально-витаминным добавкам. Накоплен положительный опыт использования сапропелей в качестве минерально-витаминных препаратов для скармливания животным и птице. Разрабо-

тана рецептура сапропелевых кормовых гранул в качестве добавки в рацион животных [94].

В промышленности строительных материалов сухой гранулированный органический сапропель используется в качестве выгорающей добавки в технологиях производства пористых дренажных керамических труб, аглопорита. Трубы обладают механической прочностью, хорошей водопроницаемостью и могут использоваться как в осушительных системах, так и для подпочвенного орошения.

Тонкодисперсную сапропелевую суспензию с содержанием азота не менее 3 % и высокими адгезионными свойствами используют в качестве связующего для производства древесноволокнистых плит, теплоизоляционных материалов. Плиты по прочности превышают получаемые на альбуминовом клее [94].

В литейном производстве добавки сапропелей в рецептуру стержневых и облицовочных смесей позволяют получать высококачественные отливки [91].

Выявлена пригодность сапропелей с содержанием органического вещества 50–60 % в качестве компонентов промывочных жидкостей, применяемых при бурении скважин, и облегченных цементных растворов для их крепления. Сапропели являются заменителями дорогостоящих и дефицитных реагентов. Промывочные жидкости на основе сапропелей отличаются малой концентрацией твердой фазы, простотой приготовления и по свойствам превосходят промывочные жидкости на базе бентонитовых глин [77].

В бальнеологии сапропели применяются в качестве лечебных грязей и для получения лечебных препаратов на их основе. Для приготовления лечебных грязей используются малозольные органические сапропели с вязкой консистенцией и хорошей гомогенностью, высокой теплоемкостью и теплоудерживающей способностью. Терапевтический эффект грязевого раствора определяют содержание сернистого железа, сероводорода, растворенные соединения: аминок-, карбоновые кислоты, минеральные макро- и микроэлементы, физиологически активные гуминовые вещества [1]. По оценке специалистов ИПИПРЭ НАН Беларуси, перспективными для добычи сапропелей по запасам и качеству сырья озерного месторождения являются 148 водоемов республики с общим запасом сапропелей 615667 тыс. м³ и площадью 23108 га. Для использования сапропелей в качестве лечебных грязей постановлением Совета Министров Беларуси в 1990 г. зарезервировано 39 озер, перспективных для добычи лечебной грязи для лечебно-курортных организаций с общим объемом геологических запасов 72, 6 млн м³.

В соответствии с потребностями народного хозяйства в сапропелевом сырье и на основе критериев пригодности месторождений сапропелей для добычи в республике запланирована и до недавнего времени производилась добыча сапропелей в 29 озерах, в том числе: в Брестской области – 6, Витебской – 11, Гомельской – 3, Гродненской – 2, Минской – 4, Могилевской – 3. В настоящее время заготовка сапропелей для бальнеологии ведется на озерах Судобль Минской, Святое Гомельской и Дикое Гродненской областей (табл. 45).

Таблица 45

Количество перспективных и разрабатываемых месторождений озерных сапропелей [85]

Область	Количество озер	Построены участки по добыче	Общая площадь, га	Запас сапропелей, тыс. м ³	Преобладающие типы сапропелей	Области применения
Витебская	78	8	14256	406552	карбонатный, кремнеземистый, органический	ЛГ, КД, УД, СМ, БР
Минская	18	5	1351	44409	органический, кремнеземистый, карбонатный,	ЛГ, БР, УД, КД, СМ
Гродненская	13	3	709	26118	карбонатный, кремнеземистый, смешанный	УД, КД, ЛГ,
Брестская	20	6	1570	40459	кремнеземистый, карбонатный, смешанный	УД, КД, БР, СМ
Гомельская	10	3	4743	78795	кремнеземистый, органический, смешанный	УД, ЛГ, БР, СМ
Могилевская	9	3	479	19334	органический, карбонатный, кремнеземистый	УД, СМ, КД, ЛГ

Обозначение: УД – удобрения, КД – кормовые добавки, СМ – строительные материалы, ЛГ – лечебные грязи, БР – буровые растворы.

В Беларуси накоплен богатый опыт в организации промышленной добычи и использования сапропелей [94]. Плановый объем добычи сапропеля может составлять до 1,5 млн т, наибольший уровень добычи сапропелевого сырья на удобрение был зарегистрирован в 1990 г. и составил более 1,1 млн т условной 60 % -й влажности, однако ввиду экономических трудностей и ликвидации действующих объектов добычи реаль-

ный объем добычи с 1990 по 2002 гг. сократился в 21 раз и в последние годы не превысил 52 тыс. т. (рис. 15).

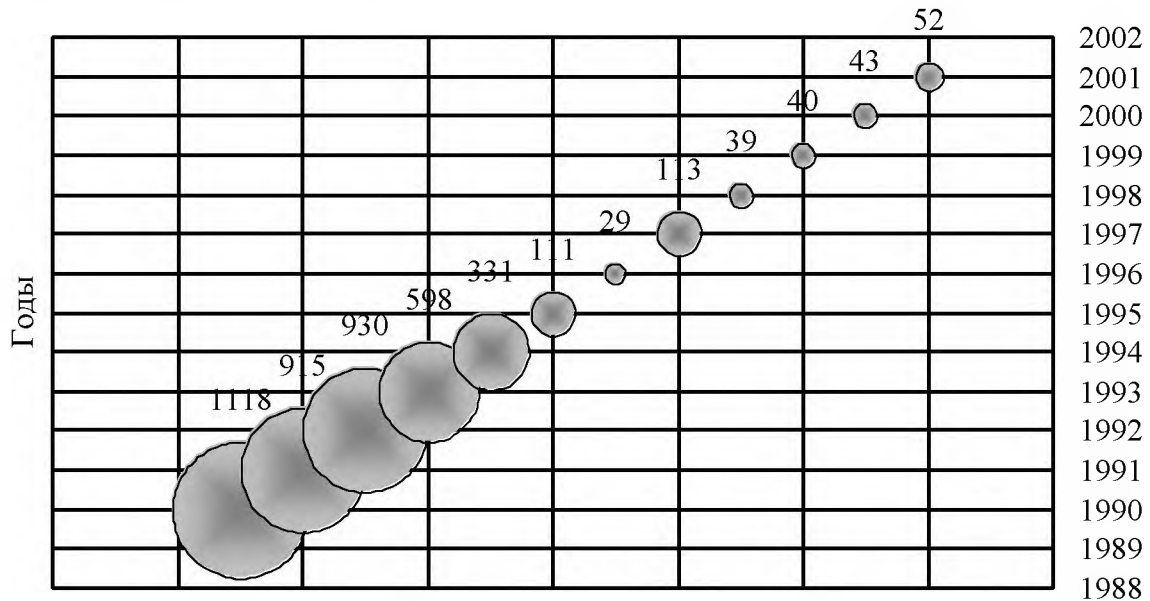


Рис. 15. Динамика объема добычи сапропеля в республике по годам (тыс. т, по данным Минприроды)

Использование высшей водной растительности. Анализ видового состава высшей водной растительности и особенностей зарастания водоемов республики позволил определить 68 водоемов, перспективных для заготовки растительного сырья и использования их в различных отраслях народного хозяйства. Основными критериями для выбора служили: площадь (более 1 км²); степень зарастания (50–100 %), ежегодно возобновляемые запасы растительного сырья в объеме не менее 100 т воздушно-сухого веса. Как уже указывалось в разделе 2.1, общие запасы макрофитов в водоемах, перспективных для заготовки растительного сырья, оцениваются в 82 тыс. т воздушно-сухого веса, что составляет 75 % общей ежегодно возобновляемой биомассы макрофитов в озерах республики [29, 30].

Полная информационная база данных по видовому составу, распространению и запасам ресурсообразующих видов высших водных растений водоемов республики составлена, хранится и пополняется в НИЛ озераведения БГУ.

Заготовка растительного сырья в водоемах республики выполняется в порядке, установленном природоохранными ведомствами, и включает: предпроектные исследования (оценка биологических и эксплуатационных запасов); разработку проекта добычи (заготовки) и другие меропр-

ятия (экспертное экологическое заключение), предусмотренные рекомендациями по охране и рациональному использованию высших водных растений; получение соответствующего разрешения (лицензии).

Оценка возможного объема заготовок растительного сырья без ущерба для экосистемы производится на основе анализа морфометрических, гидрологических, гидрохимических и гидробиологических особенностей конкретного водоема на стадии предпроектных исследований или в экспертном экологическом заключении на заготовку сырья. Эксплуатационный запас по видам сырья рассчитывается исходя из оценки общей биологической урожайности макрофитов, который в сумме должен составлять не более 70 % общего запаса фитомассы. Для сохранения устойчивого состояния экосистемы не менее 30 % фитомассы каждого вида должно оставаться в водоеме.

Водная растительность является одним из важнейших источников растительных ресурсов для использования в народном хозяйстве и в быту в качестве технических (энергетические, химико-сырьевые, химико-фармацевтические, волокнистые, строительные, целлюлозно-бумажные, и др.), пищевых, кормовых, лекарственных, витаминных ресурсов. Отдельные виды водных растений являются ресурсообразующими, находят широкое и разнообразное, но все еще недостаточное применение в народном хозяйстве: в различных отраслях промышленности, сельском и лесном хозяйстве, рыбоводстве, медицине, селекции и в быту (табл. 46).

В настоящее время еще нельзя говорить о широком использовании ресурсов водных растений в народном хозяйстве республики. Заготовка лекарственных, кормовых, пищевых и некоторых других групп хозяйственно полезных водных растений имеет ограниченные масштабы. Однако современная экономическая обстановка и разработка новых технологий диктуют необходимость и раскрывают более широкие перспективы использования водных растений.

Таблица 46

Использование макрофитов в народном хозяйстве и быту

Область использования	Продукция (назначение)	Вид макрофитов
Промышленность		
Топливо-энергетическое сырье	Топливо	Тростник, рогоз (узко- и широколистный), камыш озерный
Сырье для химико-сырьевой промышленности	Производство удобрений, фурфурола, кормовых и пищевых дрожжей, этилового спирта, кинолент, взрывчатых веществ, дубильных веществ, восконосное сырье	Метелки и листья тростника, пух соцветий рогоза, листья и стебли аира

Область использования	Продукция (назначение)	Вид макрофитов
Сырье для производства стройматериалов и строительства	Конструкционные, опорные, оградные, кровельные, прокладочные, изоляционные, плетеночные материалы, пресованные плиты (камышит), фанера и фибролит, фашины для строительства заборов, оград, крыш, дорожных и берегозакрепляющих работ, канаты, веревки, дорожки, мешковина, линии, набивные матрацы, войлок, фетр, спасательные пояса, подкладки для курток и пальто	Тростник, рогоз (узколистный, широколистный), камыш озерный, осоки, манник, рдесты
Сырье для целлюлозно-бумажной промышленности	Производство целлюлозы, вискозы, бумаги, картона и т. п.	Тростник, виды рогоза, камыш озерный, виды осок и манник большой
Сырье для лакокрасочной промышленности	Красители	Корневище кувшинки чисто-белой, растение кувшинки белой, листья вахты трехлисточковой, листья и цветки череды трехраздельной
Сырье для пищевой промышленности	Продукты и добавки к напиткам, хлебо-крупяным, крахмалосодержащим, пряным и островкусовым продуктам. Медоносные растения	Манник (большой, наплывающий), горец (развесистый, шероховатый, земноводный), стрелолист стрелолистный, частуха подорожниковая, сусак зонтичный, рогоз (узколистный, широколистный), рдест плавающий, щавель водный, сердечник (горький, болотный, луговой), мята водная, окопник лекарственный, водяной рис (обыкновенный, широколистный), тростник южный, камыш озерный, белокрыльник болотный, кувшинка (белая, чисто-белая), кубышка желтая, рогоз плавающий (водяной орех), аир болотный, вахта трехлисточковая, калужница болотная

Область использования	Продукция (назначение)	Вид макрофитов
Инженерная экология, фитомелиорация и фитоиндикация		
Контроль качества среды	Биологические индикаторы экологического состояния экосистемы	Ряска, штукения гребенчатая и нитевидная, рдесты (курчавый, Фриза, сжатый), элодея канадская, роголистник темно-зеленый, водокрас обыкновенный, многокоренник обыкновенный
Использование фильтрующей, поглощающей, минерализующей, окисляющей и биоцидной, фитонцидной функций для очистки от органических, биогенных веществ, тяжелых, радиоактивных металлов и детоксикации	Биоинженерные берегоукрепляющие растительные полосы, плавучие биофильтры, биологические плато и ботанические площадки	Аир, тростник, камыш озерный, вахта трехлисточковая, череда трехраздельная, касатик ложноаировый, роголистник темно-зеленый, ряска малая, трехдольница трехбороздчатая
Сельское хозяйство и селекция		
Животноводство	Корма и добавки в рацион при выращивании водоплавающих птиц, кур, откорме свиней, крупного рогатого скота, лосей, ондатр, бобров и водяных крыс	Телорез алоэвидный, тростник, ряска, элодея канадская, рогульник (водяной орех) плавающий (аквакультура), рдесты (пронзеннолистный, плавающий, блестящий, курчавый, сжатый), аир, горец земноводный
Рыбоводство и охотхозяйство	Корм для растительноядных рыб (сазан, лещ и др.), водоплавающей птицы. Места нереста рыбы	Рдесты, харовые водоросли
Растениеводство	Сидератное удобрение (зеленое, известкосодежающее и др.), известкование водоемов	Тростник, элодея, рдесты, телорез, харовые водоросли
Медицина, ветеринария, сангигиена и косметика		
Научная и народная медицина	Производство кровоостанавливающих средств, лекарственных препаратов, лекарственных сборов	Аир болотный, вахта трехлисточковая, горец земноводный, дербенник иволистный, касатик ложноаировый, кубышка желтая, кувшинки белая и чисто-белая, окопник лекарственный, череда трехраздельная
Сырье для фармакологии, косметики, парфюмерии	Производство косметико-парфюмерной продукции, туалетного мыла, шампуней, пудры, зубной пасты	Аир болотный, касатик ложноаировый, рогоз узколистный

Область использования	Продукция (назначение)	Вид макрофитов
Декоративное цветоводство, озеленение		
Фитодизайн, садово-парковая архитектура, аквариумистика	Детали композиции, букеты и т. д.	Кубышка желтая, кувшинки белая и чисто-белая, аир болотный, касатик ложноаировый, тростник южный, частуха подорожниковая, рогозы, гидрилла мутовчатая, уруть колосистая, сальвиния плавающая, турча болотная, элодея канадская, ряска и др.
Культура и быт		
Декоративно-прикладное искусство, быт	Плетеная мебель, летняя обувь, циновки; тароупаковочные кули и маты, кошелки, циновки, клетки для птиц, щиты, плотики, веники, мочалки, корзины	Осока, рогоз, тростник южный, камыш озерный
Культура и обряды	Используются местным населением как культовые, мемориальные, обрядовые, геральдические, фольклорные, символичные и др. растения	Кувшинки белая и чисто-белая, кубышка желтая, дербенник иволистный, аир болотный, вахта трехлисточковая, калужница болотная, рогоз, камыш озерный, тростник и др.

Транспортное значение озера республики имели до конца XIX века, когда ряд озер был включен в качестве накопителей весеннего стока в систему каналов, предназначенных для сплава леса. Крупнейшими водными путями были: Березинская водная система, построенная в 1797–1805 гг. для вывоза строительного леса из Минской губернии в Ригу и проходившая по озерам Манец, Плавно (бассейн р. Сергуч), озера Берещца, Лепельское (бассейн р. Эсса), Огинский канал, построенный в 1767–1983 гг. для судоходства и сплава леса из р. Щара (бассейн Немана) в р. Ясельда (бассейн Припяти) по озеру Выгонощанское.

Озера имеют большое значение в качестве носителей информационных ресурсов. Анализ озерного фонда Беларуси позволяет выявить 105 водоемов, обладающих ценным информационным потенциалом. В их число входит 83 водоема, служащих местами обитания реликтовых, редких и охраняемых видов водной и околоводной фауны и флоры (Долгое, Ричи, Ю. Волос, Чербомысло, Глубокое и т. д.); 22 водоема имеют научную информационную ценность в качестве эталонов природы уникальных лимнических гидро- и геохимических условий изучения возникновения и истории развития озер и природы Беларуси, стратотипов

разрезов донных отложений (Долгое, Олтушское, Судoble, Ричи); озера образуют уникальные озерные ландшафты и водно-болотные комплексы (озера в пределах болота Ельня, Браславской, Нарочанской группы, системы р. Дрыса, Выгонощанское, Освейское и др.); 40 водоемов республики являются перспективными для создания резерватов чистой воды.

Наиболее уникальные озера включены в систему особо охраняемых природных территорий и служат их ядром охраны. Природно-заповедный фонд Беларуси включает 4 национальных парка, 1 заповедник, 95 заказников республиканского значения и 335 памятников природы общей площадью около 12,57 тыс. км². В пределах охраняемых территорий республики находится 255 озер общей площадью около 604 км², что составляет более 3,7 % охраняемой территории республики (рис. 16).

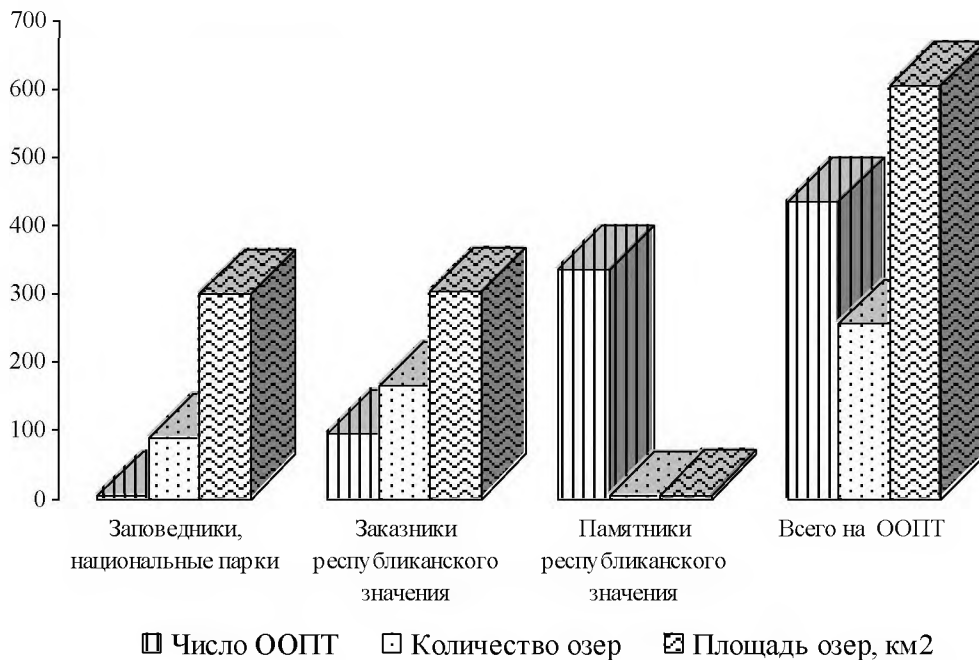


Рис. 16. Количество и площадь озер в пределах ООПТ

Ревизия современного состояния ООПТ и лимнологическое обследование водоемов, находящихся в пределах особо охраняемых территорий, показывают, что даже самый строгий режим охраны не гарантирует от загрязнения и истощения воды, исчезновения охраняемых видов. Водоемы невозможно полностью исключить из сферы хозяйственных интересов человека и оградить от прямого или косвенного воздействия. Регламентирование использования водоемов и направление природоохранных мероприятий должны рассматриваться применительно к каждому водоему с учетом его особенностей.

2.3. Природно-хозяйственная классификация озер

Природно-хозяйственная классификация озер предназначена для объединения в хозяйственно значимые группы водоемов, различающихся природно-ресурсным потенциалом и его хозяйственным использованием. Хозяйственное использование водоемов основывается на использовании человеком природных ресурсов озер – водных, минеральных, биологических, рекреационных, энергетических и информационных (рис. 17). Величина природно-ресурсного потенциала, его структура, степень доступности определяют направление использования, избирательность и объем изъятия ресурсов. Ресурсы природной среды как источник получения материальных благ, в зависимости от вида и качества, с одной стороны, непосредственно действуют на человеческое общество, с другой стороны, являются объектами его хозяйства. Степень использования экологических ресурсов изменялась во всех периодах развития общества, и на современном этапе определяется: качеством ресурсов, потребительской ценностью, уровнем развития производительных сил, урбанизированностью (освоенностью) территории. Любое хозяйственное использование экологических ресурсов озер приводит к уменьшению объема ресурсов и изменению их качества (преобразование, улучшение, загрязнение и т. д.).

Эколого-экономическая оценка характера и мероприятий природопользования основывается на трех типах критериев: 1) хозяйственный; 2) антропоэкологический; 3) природозащитный. Первый определяет целесообразность и степень изъятия ресурсов, второй включает оценку ресурсов с позиций взаимодействия с человеком (рекреационный, информационный потенциал), третий базируется на определении экологической ценности ресурсов или отдельных его видов.

Оценка хозяйственного использования водоемов базируется на нескольких типологических признаках объединения объектов и явлений на основе классификационного построения. В качестве основных признаков можно выделить: 1) тип (вид) потребляемых ресурсов; 2) качество ресурсов; 3) степень и объем потребления (частичное, полное).

В зависимости от вида потребляемых ресурсов озера можно разделить по видам использования: водопотребление, водопользование, рыболовство, рыбоводство, рекреация, гидротехническая мелиорация, добыча сапропелей, добыча растений и животных (рис. 18).

По степени и объему использования ресурсного потенциала можно выделить: отсутствие использования, частичное использование, комплексное (многофункциональное) использование водоемов (рис. 19).

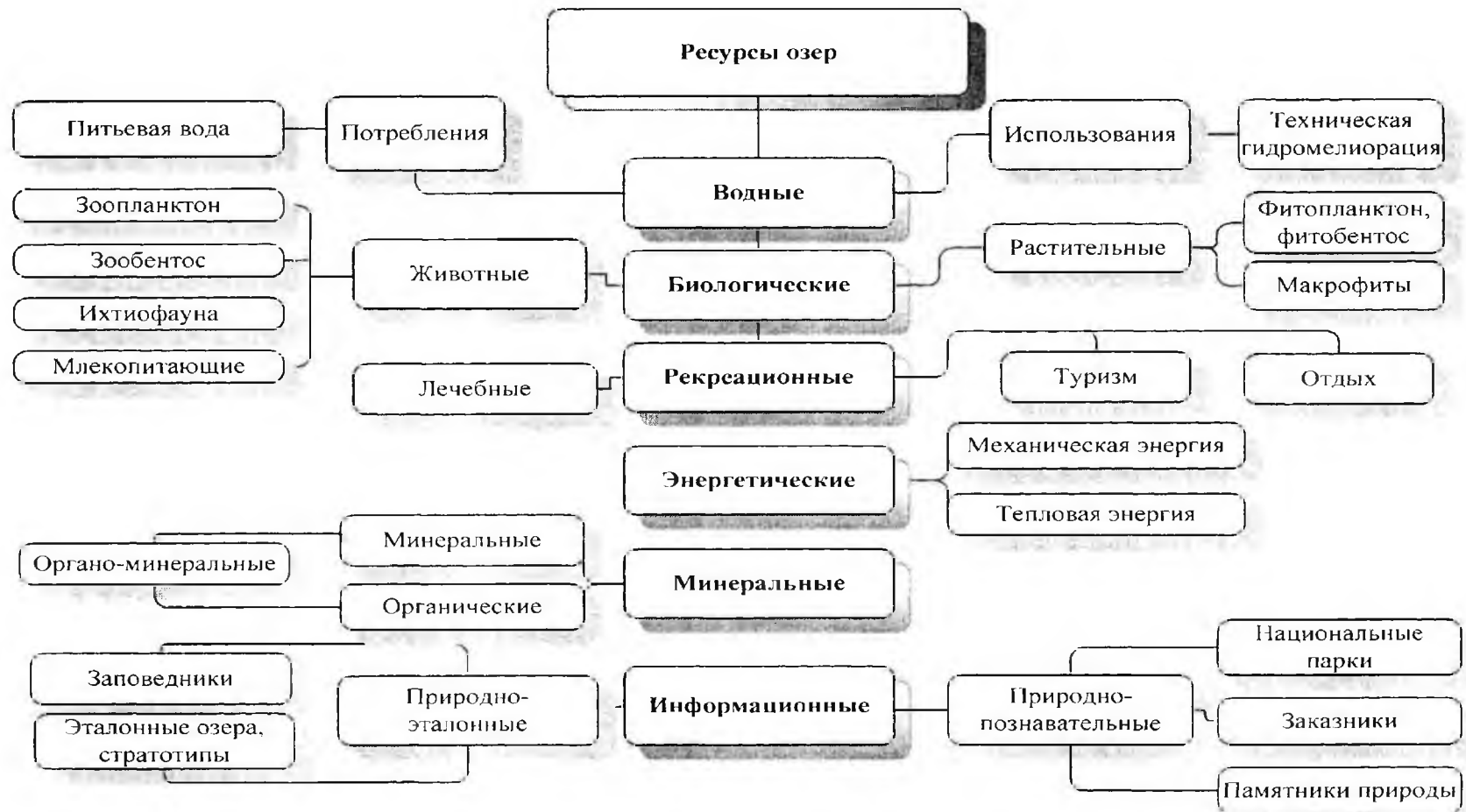


Рис. 17 Структура ресурсной классификации озер



Рис. 18 Классификация водоемов по характеру водопользования и водопотребления



Рис. 19. Структура хозяйственной классификации озер

Качество потребляемых ресурсов определяется величиной и структурой природно-ресурсного потенциала и с хозяйственной точки зрения должно предусматривать объединение озер: по величине потенциала (малый, средний, большой); по структуре (простой, сложный) (рис. 20).

Сочетание характеристик должно классифицироваться различными типами: озера с большой величиной и сложной структурой природно-ресурсного потенциала; озера с малой величиной и простой структурой, а также различные вариации их сочетаний.

Хозяйственное использование предусматривает несколько путей (степеней) использования ресурсов: полное извлечение ресурсов, экономное использование, сохранение ресурсов, воспроизводство (культивирование). Возможности извлечения или сохранения ресурсов определяются рамками природных, научно-технических и социально-экономических условий. Рациональное природопользование декларирует, а в отдельных случаях предусматривает специальные меры по поддержанию экологического равновесия среды обитания человека.

При современном хозяйственном использовании водоемов визуально или с использованием многочисленных оценочных показателей можно говорить о степени антропогенного изменения озер. В настоящее время затруднительно дать количественное выражение градаций, поэтому наиболее употребима следующая оценка: не подверженные изменениям, частичная, слабая, сильная, катастрофическая степень изменения.

Показателем уровня изменения служат деформации отдельных звеньев или экосистемы в целом по степени нарастания: изменения в видовом составе, количественном развитии гидробионтов; количественные изменения вещественного состава среды обитания, качественные изменения экосистемы (переход на другой продукционный уровень). Для более детальной оценки необходим принципиально новый подход.

Определение степени хозяйственного использования и изменения водоемов с целью последующего регулирования и выработки путей рационального природопользования состоит из двух блоков: 1) оценка экологического (природно-ресурсного) потенциала водоема, 2) оценка объема изъятия или изменения качества каждого вида ресурсов.

При оценке природно-ресурсного потенциала озер учитывались объем и градация (класс) качества ресурсов. Оценка может иметь как количественное выражение, так и условное – в баллах. Соотношение двух предлагаемых показателей можно считать индексом экологической опасности или устойчивости к антропогенному воздействию. Величина соотношения должна иметь несколько ступеней (градаций): экологически приемлемое, экологически конфликтное, экологически кризисное, экологически катастрофическое воздействие.

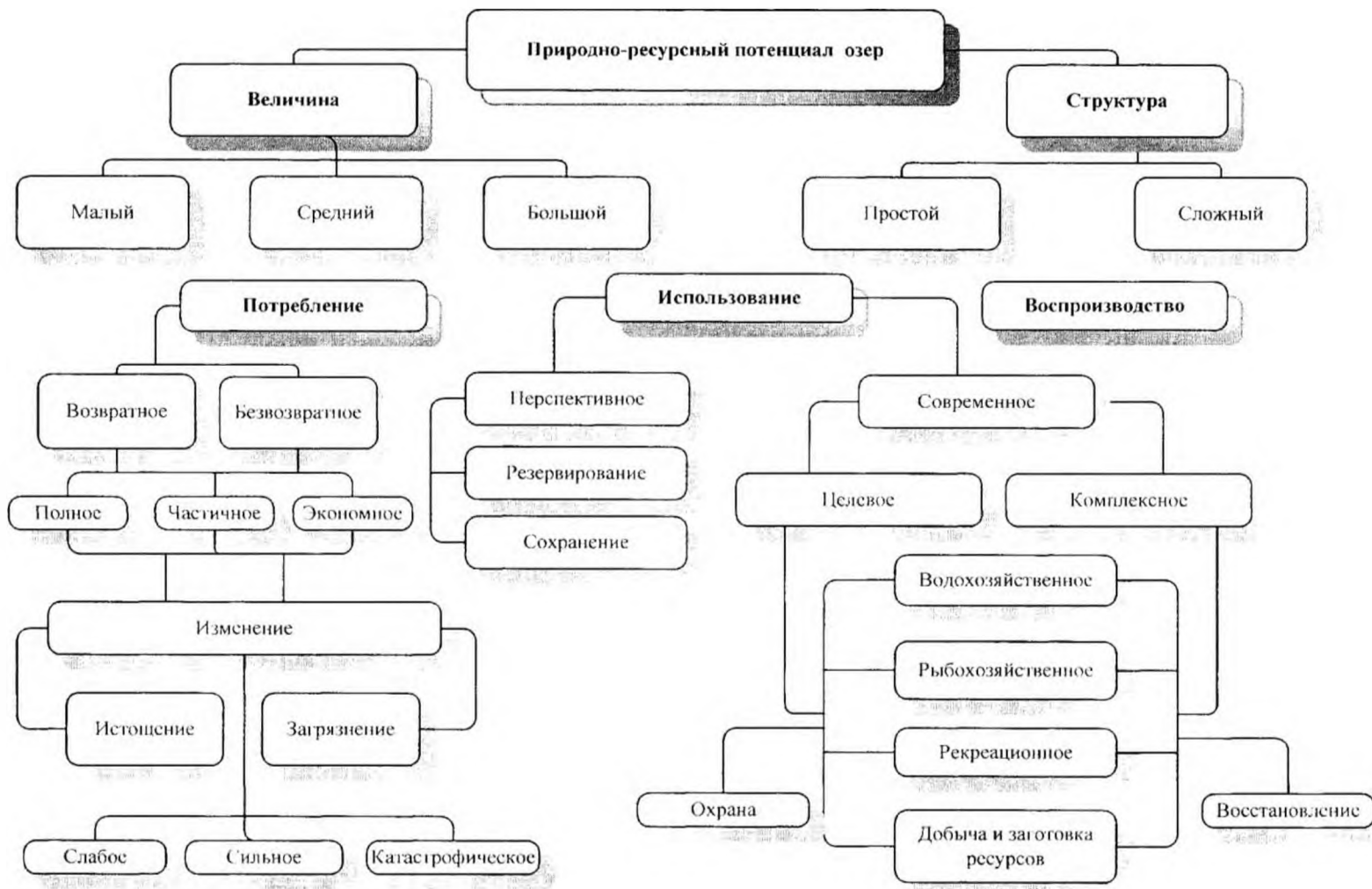


Рис. 20. Структура природно-хозяйственной классификации озер

Логическое объединение перечисленных признаков в блоке позволило выстроить гибкую структуру природно-хозяйственной классификации озер, в которой каждый структурный блок взаимосвязан и взаимообусловлен тесной причинно-следственной зависимостью с остальными.

Составляющими частями природно-хозяйственной классификации являются: объект классификации (ресурсы озер), природная классификация, хозяйственная классификация. Каждая часть включает показатели и характеристики нескольких уровней значимости и детализации, представленных в виде «дерева» классификационных понятий и их взаимосвязей. В основу положены объем, тип природных ресурсов озер, вид, степень использования и потребления, показатели изменения природных ресурсов озер. Наполнение структурных блоков количественными характеристиками и показателями, разработанными в частных классификациях озер, позволяет получить действенную методику оценки экологического потенциала и определить назначение и приоритетное направление его хозяйственного использования.

Основываясь на количественной оценке ресурсных и ресурсообразующих характеристик, предлагаем следующую систему критериев и показателей природно-ресурсного потенциала озер Беларуси (табл. 47).

Таблица 47

Критерии и показатели природно-ресурсного потенциала озер Беларуси

<i>I. Структура природно-ресурсного потенциала</i>		
Простой	Доминирует один вид ресурсов	
Сложный	Равно представлены два и более видов ресурсов	
<i>II. Величина природно-ресурсного потенциала:</i>		
Водные ресурсы		
Величина	Объем (млн м ³)	Водообмен (лет)
Большой	> 9	менее 2
Средний	3–9	2–7
Малый	< 3	более 7
Минеральные ресурсы		
Величина	Геологические запасы, млн м ³	Балансовые запасы, млн м ³
Крупные	15,1–120,0	10,1–90,0
Средние	10–15,0	0,5–10,0
Малые	< 1,0	< 0,5
Биологические ресурсы		
Рыбные запасы		
Величина	Рыбопродукты, кг/га	Уловы в год, ц
Большие	> 20	> 50
Средние	5–20	10–50
Малые	< 5	< 10

Растительные ресурсы			
Величина	Запасы, тыс. т ВСВ	Биомасса, кг/м ²	Степень зарастания, %
Большие	> 1,0	> 0,300	70–100
Средние	0,5–1,0	0,200–0,300	35–70
Малые	< 10	< 0,200	< 35
Рекреационные ресурсы			
Величина	Площадь зоны, тыс. га	Вместимость, чел/га	
Большие	> 25	> 25	
Средние	10–25	15–25	
Малые	< 10	< 15	
Научно-информационные: по величине не оцениваются			
<i>III. Качество природно-ресурсного потенциала</i>			
Водные ресурсы			
Качество	Соответствие санитарным нормам водопользования		
Высокое	Соответствует всем видам водопользования		
Среднее	Соответствует одному виду водопользования		
Низкое	Не соответствует		
Минеральные ресурсы			
Качество	Характеристика	Класс сапропелей	
Высокое	$A_c > 50 \%$	O1–O4; Kp1; Kp3; K1; C1	
Среднее	$A_c = 50 - 70 \%$	Kp2; Kp4; Kp5; K2; C2–C5	
Низкое	$A_c = 70 - 85 \%$	Kp4; K2; C3–C5	
Биологические ресурсы			
Животные			
Качество	Характеристика		
Высокое	Ценные промысловые виды рыб, раки		
Среднее	Частиковые породы рыб		
Низкое	Малоценные породы рыб		
Растительные			
Качество	Характеристика		
Высокое	Сырье для сельского хозяйства, медицины, парфюмерии		
Среднее	Сырье для промышленного производства		
Низкое	Непригодное к использованию в народном хозяйстве		
<i>IV. Степень изменения природно-ресурсного потенциала</i>			
Степень изменения	Характеристика		
Слабое	Изменения показателей экосистемы не более чем на 10 % или в пределах средних многолетних значений		
Сильное	Изменения показателей не более чем на 20 % или в пределах значений для данного типа		
Катастрофическое	Изменения показателей более чем на 20 % или связанные с переходом на другой уровень (тип)		

На основании данных паспортизации или кадастровой информации о современном состоянии водоемов, используемых в народном хозяйстве, и расчетных величин, соответствующих природным (фоновым) значениям экосистем, можно косвенно провести территориальный мониторинг взаимодействия человека и экологического потенциала озер. Полученные результаты должны лечь в основу принятия оперативных решений охраны и рационального использования водоемов.

Оценка природно-ресурсного потенциала озер республики позволила выявить группы озер, в которых преобладающим видом ресурсов являются: рыбные (31,0 %), сапропелевые (30,0 %), водные (24,7 %), информационные (8,7 %), рекреационные (4,6 %), энергетические (1 %).

По структуре природно-ресурсного потенциала (ПРП) доля озер, имеющих сложный ПРП, составляет 13,6 %, а доля озер, имеющих простой ПРП, – 86,4 %. Из общего количества изученных 64,4 % озер имеют малый, 19 % – средний и 16,6 % – большой потенциал. По качеству ПРП преобладают озера среднего качества – 70,6 %, высокое качество имеют 17,5 %, низкое – 11,9 % озер. По степени антропогенного изменения 7,6 % озер имеют слабую, 4,5 % – сильную и 2,9 % – катастрофическую степень изменения, для 85 % озер степень не определена. Выполненная классификация позволила разработать рекомендации по приоритетным направлениям хозяйственного использования и мерам охраны и резервирования ресурсов.

3. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ ОЗЕР ПОД ВЛИЯНИЕМ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Интенсивное использование озер в народном хозяйстве приводит к заметным, порой необратимым изменениям экосистем водоемов. Наиболее распространенными причинами антропогенного изменения озер на современном этапе являются: воздействие гидротехнического строительства, влияние осушительной мелиорации, объектов промышленного и сельскохозяйственного производства, селитебных территорий и рекреационного использования, изъятие ресурсов.

Последствием антропогенного воздействия на озера служат изменение гидрологического режима, морфологии и морфометрических параметров котловины, изменение химического состава вод и донных отложений, загрязнение тяжелыми металлами, синтетическими химическими веществами и радионуклидами, антропогенное эвтрофирование, истощение вод, а также заиление и тепловое загрязнение озер, изменение видового состава, структуры и продуктивности биологического сообщества.

Основными путями поступления загрязняющих веществ в водоемы являются:

- сосредоточенные (локальные) сбросы через канализационные системы;
- рассеянные сбросы (атмосферные осадки, поверхностный сток, склоновый сток) в составе различных видов стока (почвенные, грунтовые воды, плоскостной смыв и т. д.).

Вещества могут поступать как в растворенной форме, так и в виде взвешенных частиц. Количество поступления соединений зависит от множества факторов и в первую очередь от наличия на водосборе локальных источников загрязнения (промышленных и сельскохозяйственных объектов и предприятий, населенных пунктов), степени сельскохозяйственной освоенности территории, которая значительно изменялась как за историческое время, так и сейчас.

Источниками поступления химических и загрязняющих веществ в водоемы могут являться локальные или рассеянные сбросы:

- промышленных предприятий,
- сельскохозяйственных объектов и территорий,
- территорий населенных пунктов,
- объектов рекреации.

Наиболее распространенными источниками, вредно влияющими на качество вод водоемов, являются сосредоточенные стоки животноводче-

ских ферм и стоки с территорий сельскохозяйственных угодий, стоки мелиоративных систем, промышленных предприятий и предприятий по переработке сельскохозяйственного сырья, бытовые и коммунальные стоки населенных пунктов и объектов рекреации, пылегазовые выбросы крупных промышленно-городских агломераций. Не последнюю роль в изменении озер играет изъятие природных ресурсов (экологически не обоснованные объемы).

3.1. Воздействие гидротехнического строительства

Хозяйственные предпосылки строительства озерных водохранилищ определяются необходимостью получения дополнительных запасов воды для: гидроэнергетики, охлаждения агрегатов ТЭС, орошения в сухие периоды года, сельского хозяйства, развития интенсивного рыбозаведения.

В период 1950–1961 гг. с целью развития энергетики на базе озер Белорусского Поозерья были построены и введены в эксплуатацию 9 искусственных водоемов, в 1974–1983 гг. для регулирования водного режима мелиорированных территорий Полесья на базе озер построено 8 озер-водохранилищ. В настоящее время в бассейнах Западной Двины и Припяти на базе озер построено 19 водохранилищ полным объемом водной массы 1392 млн м³ и площадью более 296 км².

Водоохранилища на озерах Поозерья создавались путем подпруживания вытока из озер (Браславская ГЭС, ГЭС «Дружба народов», Гомельская ГЭС, Лепельская ГЭС, Селявская ГЭС и др.). В Полесье водохранилища создавались путем обвалования озер и строительства водорегулирующих сооружений (Белое и Черное в Березовском районе, Луковское, Погост, Песчаное, Любань и др.) (табл. 48).

Преобразование озер и создание на их базе водохранилищ путем искусственного поднятия уровня и создания подпора регулирующими плотинами ведет к изменению природных условий. Научные основы и закономерности изменения экосистем достаточно подробно освещены в публикациях В. М. Широкова, П. С. Лопуха и др. Ограничимся кратким изложением основных результатов исследований [95, 142–146].

При строительстве водохранилищ озерного типа изменяются:

- гидрологические характеристики;
- морфология котловины, морфометрические показатели;
- гидрохимические показатели и качество вод;
- вещественный состав отложений и темпы седиментации;
- видовой состав и уровень развития гидробионтов;

Таблица 48

Озерные водохранилища Беларуси

Название водохранилища	Зарегулированные озера	Площадь, км ²	Объем воды полный, млн м ³	Длина, км	Ширина макс., км	Глубина макс., м	Глубина средняя, м	Назначение
Браславской ГЭС	Недрово, Потех, Неспиш	19,8	72,3	54,3	2,65	13,3	4,2	Энергетика
Гомельской ГЭС	Защаты, Яново, Паулье	23,24	80,6	22	1,7	7,6	3,4	Энергетика
ГЭС «Дружба народов»	Ставок, Дрисвяты	45	313,0	14	4	12	7,03	Энергетика
ГЭС «Путь к коммунизму»	Долгое	2,82	14,5	8	2	36	5,14	Энергетика
Езерищенское	Езерище	16,6	77,6	8,3	2,6	8,7	3,8	
Лепельской ГЭС	Лепельское, Белое	10,18	74,6	7,57	2,03	33,7	7,3	Энергетика
Лукомльской ГРЭС	Лукомское	37,71	294,0	11,3	6,6	11	6,6	Энергетика
Освейское	Освейское	47,95	104,0	11,4	7,8	7,5	2	Рыборазведение
Селявской ГЭС	Селява, Обида, Худовец	16,46	99,8	15	8	24	2,49	Энергетика
Тулово	Тулово	0,39	1,33	1,9	0,4	11,5	3,4	Энергетика
Белозерской ГРЭС	Черное	17,74	31,9	6,4	3,6	6,6	1,78	Энергетика, орошение
Мотоль	Мотольское	2,63	6,9	2,65	1,95	8	2,78	Орошение
Погост	Погост	16,16	54,5	6,1	4,1	9,9	3,4	Рыборазведение
Любань	Любань	1,96	10,8	21,9	1,44	11,5	5,5	Орошение
Луковское	Луково	5,04	24,4	3,15	2,7	9,1	4,3	Орошение
Хоробровка	Нобисто, Обстерно	31,9	128,6	16,1	2,9	25,6	4,02	Рыборазведение, рекреация
Гоща	Гоща	0,75	4,1	1,37	0,81	10	5,49	Орошение

- объем и характер стока рек в нижнем бьефе;
- микроклиматические условия прилегающей территории.

Длительные наблюдения на озерных водохранилищах показали, что создание водохранилищ имеет как положительные, так и отрицательные последствия. К числу положительных, значительно улучшающих природно-экологическое состояние водоемов относятся: увеличение площади зеркала водоема; создание дополнительного объема воды; снижение колебаний уровня воды во время половодий и паводков; снижение уровня трофности водоема; создание условий для сезонного, годового и многолетнего регулирования стока; в водохранилищах Полесья, служащих водоприемниками мелиоративных вод, создание условий для активизации процессов самоочищения мелиоративных вод от взвешенных и растворенных химических и органических веществ.

К отрицательным последствиям строительства следует отнести: изъятие из земельного фонда сельхозугодий и затопление прилегающей к озеру территории; усиление ветро-волновой деятельности; активизацию береговых (абразионных и аккумулятивных) процессов; резкую деградацию прибрежной высшей водной растительности, которая может привести к «цветению» и снижению качества воды.

В результате подъема уровня озер и увеличения объема водной массы происходит формирование новой гидроэкосистемы «озерное водохранилище». При сооружении озерных водохранилищ основной объем воды находится в естественных котловинах озер, поэтому величина изменения морфометрических показателей невелика; в отличие от русловых они характеризуются низким показателем удельных затоплений (менее $0,3 \text{ м}^2/\text{м}^3$), затопляется как правило, озерная пойма или терраса.

По степени увеличения объемов все озерные водохранилища условно подразделены на 4 группы: с незначительным (до 5 %), существенным (5–20 %), значительным (20–100 %) и весьма значительным увеличением объема. Наибольшее увеличение объема отмечается в условиях Полесья при обваловании озерных котловин. В отдельных случаях зарегулированный объем может превышать объем базовых озер на 50 и более процентов (Долгое, Погост и др.); при сочетании обвалования и углубления ложа происходит увеличение объема в 1,5–2 раза (Черное, Гоща).

Увеличение объема приводит к изменению формы и очертаний котловины, площади зеркала, глубины водоема. Изменение площади озер составляет от 1 % (Освейское, Езерище) до 100 % (Долгое, Погост), максимальной глубины от 0,3–1,0 м (Неспиш, Недрово, Освейское) до 3–5 м и более (Лепельское, Селява, Долгое, Погост), увеличение средней глу-

бины происходит от 1,2–1,3 до 2,0–2,5 раз. Увеличение максимальной глубины в озерах Езерище, Лепельское превысило их величину подпора. Наибольшее возрастание максимальной глубины происходит в результате углубления котловин при их обновлении (Погост). В отдельных водоемах (Луково) наблюдается уменьшение глубины за счет перемещения материала по склонам котловин в искусственные понижения. Изменение средней глубины и расчетных показателей, производных от средней глубины (глубинности, открытости и т. д.), имеет те же тенденции: при дноуглубительных работах и обваловании новой акватории озер Белое, Погост произошло их значительное увеличение [144, 146].

Увеличение площади водоема приводит к увеличению изрезанности и протяженности береговой линии у сложных озерных водохранилищ (Лепельское, Долгое, Езерищенское) и сглаживанию и даже уменьшению ее длины у простых озерных и наливных водохранилищ. Как показывают исследования, кардинальные изменения происходят при увеличении площади на $1/3$.

При отсыпке дамб и обваловании озерных котловин уменьшается длина водоемов относительно других морфометрических показателей (Черное, Погост, Гоща). Изменение морфометрии определяет характер расслоения водной толщи, т. е. вертикальную дифференциацию водных масс. Поднятие уровня воды в глубоких озерах и обвалование новой акватории приводят к снижению степени перемешивания водных масс и возникновению более устойчивой и четкой вертикальной стратификации, к изменению соотношения между эпи- и гипolimнионом. Изменение мощности эпилимниона прямо пропорционально увеличению площади и средней глубины [24].

Мелиорация водосбора озерных водохранилищ, обвалование озер, превращение русел впадающих рек в водоприемники приводят к изменению естественной площади и структуры водосборов, изменению морфометрических характеристик водосборов, его гидрологической сети, внутрибассейновому и межбассейновому перераспределению стока. Создание систем двухстороннего регулирования, замена открытой сети каналов на закрытый дренаж приводят к увеличению доли подземного питания в период межени и повышению дренирующей способности рек.

Одним из основных показателей изменения гидрологического режима озер является изменение проточности водоема и режима уровней. При неизменной площади водосбора в водном балансе зарегулированных озер уменьшается роль стока, возрастает роль осадков на зеркало и величины испарения. Практически во всех озерных водохранилищах следствием увеличения объема служит снижение интенсивности водо-

обмена. Гидрологический режим созданных водоемов характеризуется нестабильностью. В зависимости от погодных условий и потребностей в воде происходит заполнение и сработка воды водохранилища. Межсезонная амплитуда колебания уровня воды изменяется от 0,5 м (Черное, Белое) до 3,0 м (Луковское). Амплитуда колебания уровня водохранилищ, ранее используемых для гидроэнергетических целей, не превышала 0,3–0,5 м (Долгое, Селява, Езерище, Защаты и др.).

Подъем уровня воды приводит к нарушению сформированного профиля равновесия, характеристики которого зависят от вещественного состава пород, слагающих берега и склоны котловин, их крутизны. Береговая линия озерных водохранилищ под влиянием гидродинамических факторов стремится к наиболее оптимальной, соответствующей водоему, близкому по своим параметрам к естественным природным водоемам. При формировании новой береговой линии активизируются процессы абразии берегов, вертикальное и площадное переотложение минерального и органогенного материала. Этот процесс с учетом развития природы озера до его подпора можно разделить на четыре этапа: формирование равновесной береговой линии озера; активизация процесса (становление новых берегов); стадия затухания; стадия стабилизации береговой линии и формирования ее равновесного состояния [141].

Активизация береговых процессов созданных водоемов приводит к изменению фона и интенсивности процессов седиментации. Классический тип осадконакопления сменяется накоплением высокозольных и минеральных отложений. Возрастает скорость осадконакопления за счет поступления продуктов обрушения берегов и эрозионных процессов на склонах озерной котловины. Интенсивность накопления отложений, вызванная активизацией берегового процесса, превышает естественное накопление до 8–10 раз.

Затухание береговых процессов и стабилизация берегов приводят к постепенному снижению поступления песчано-глинистых частиц и увеличению органического материала автохтонного генезиса. Процесс занесения ложа озерного водохранилища сменяется процессом заиления. Процесс седиментации в озерных водохранилищах происходит в 4 этапа: первоначального (озерного) накопления; накопления отложений (занесения); затухания процесса занесения; заиления (озерного накопления) [90, 145].

В формировании гидрохимического режима озерных водохранилищ четко выделяются два периода. Первый период отличается неустойчивым ходом химических элементов. Гидрохимический и газовый режим определяется новыми морфометрическими показателями водохранили-

ща. Подъем уровня сопровождается «омоложением» озера. Увеличение площади акватории приводит к увеличению эпилимниона, что способствует более интенсивному перемешиванию водной массы и ее обогащению кислородом, снижению содержания основных макро- и микрокомпонентов в воде, снижению обеспеченности питательными веществами в воде. Второй период – устойчивого гидрохимического режима и стабилизации лимносистемы. Характеризуется уменьшением амплитуды колебания гидрохимических показателей. Отмечена тенденция к увеличению общей минерализации и повышению содержания биогенных и органических веществ. На 15–20 году эксплуатации газовый и гидрохимический режимы подчиняются законам лимносистемы с набором показателей и характеристик, диапазоном внутригодовых и многолетних колебаний показателей, соответствующих озерам данного биолимнического типа. В озерных водохранилищах Полесья отмечены увеличение прозрачности воды, повышение концентрации основных ионов, биогенных веществ, содержания органического вещества. Летний температурный и газовый режим созданных водоемов характеризуется гомотермией и гомооксигенией.

С подъемом уровня воды в озере происходит изменение в биологической жизни водоемов (растительности, планктона, донных биогеоценозов, nekтона и т. д.). С момента создания подпора снижается общая продуктивность высшей водной растительности и альгофлоры. Макрофиты занимают новую экологическую зону, обусловленную подъемом уровня воды (соответствующего глубинам до 2 м при НПУ), изменения в подводной растительности более инертны. С другой стороны, колебания уровня не способствуют формированию устойчивых растительных формаций. Поэтому на первом этапе формирования экосистемы резко снижается продуктивность растительности, формируются разреженные заросли. Происходит омоложение биоценозов, чему способствует формирование береговых процессов. Берега размываются, продукты обрушения переотлагаются в соответствии с новыми гидродинамическими условиями, формируются потоки минерального вещества вдоль берега и внутрь водоема, образуя новые участки для заселения растительностью. Меняется структура видового состава, численность и продуктивность планктонных водорослей и животных [95].

Финальным интегральным показателем трансформации экосистемы является изменение трофического уровня водоема. Наблюдается переход гидроэкосистемы озера из одного типа (подтипа) в другой. Повышение уровня воды в озере и увеличение его площади приводят к омоложению (олиготрофизации) лимносистемы. Как показывают исследова-

ния озерных водохранилищ Беларуси, незначительное поднятие уровня озер (Любань, Песчаное) приводит к ускоренному процессу становления и стабилизации их экосистемы. При подъеме уровня менее 1 м активизируются только начальные изменения озера (релаксация), нарушается равновесное состояние береговой линии, незначительно меняются условия обитания жизни гидробионтов. Лимноэкосистема восстанавливается и приходит в равновесное состояние в течение 5–6 лет. Экосистема стремится к равновесному состоянию, однако период ее стабилизации растянут во времени на 20–30 лет.

3.2. Влияние осушительной мелиорации на озерные водоемы

Гидромелиорация в последнее столетие по силе воздействия на водоемы выступает одним из первостепенных факторов [16]. Общие закономерности изменения гидрологии озер под влиянием мелиоративных преобразований территории иллюстрирует пример крупнейших водоемов Центральной Беларуси и Полесья – Вечера, Ореховское, Колдычевское, Червоное.

Озеро Вечера – один из крупнейших водоемов Предполесья, имеющих большое природо-хозяйственное значение; находится в междуречье Чабусского, Чеченского, Редковичского каналов, впадающих в р. Орессу.

Первое описание оз. Вечера было дано И. Зелинским в 1864 г. [51]. В разделе «Озера» указано, что оз. Вечера находится в западной части Бобруйского уезда, среди болот. Длина озера на тот период составляла 3 версты (3,2 км), ширина – 1,1/4 (1,27 км). Отмечено, что в озеро впадает река Руховка; данных о вытоке нет. Непроходимые болота на левобережье р. Орессы окружали оз. Вечера и оз. Пучье (д. Бояничы) от 40 верст в длину и до 15 верст в ширину. На карте тех лет издания нанесена р. Руховка (длиной около 6 верст), впадающая в оз. Вечера с северо-востока, вытекающие из озера в р. Орессу ручьи отсутствуют.

До середины XIX века осушительные работы в районе не проводились, с конца века началось освоение приозерной территории, расширение пахотных и сенокосных угодий, проведение осушительных работ и строительство мелких каналов ограниченной протяженности. Наиболее значимые преобразования водосбора совпадают со временем строительства крупных каналов и перераспределением внутреннего, а позже и межбассейнового стока, продиктованным необходимостью сплава леса и осушением земель в результате аграрных реформ.

Мелиоративные работы в бассейне р. Оресса начаты экспедицией И. И. Жилинского в конце XIX столетия. К 1880 г. в правобережной

части р. Орессы, на границе Слуцкого и Бобруйского уездов от д. Юрковичи на запад к д. Домбров был прорыт канал длиной 15 верст. По отчетам И. И. Жилинского [45], для осушения болот в Чабусской казенной даче (севернее оз. Вечера), в имении Боянич (восточнее оз. Вечера) и имении Нежин (юго-восточнее оз. Вечера) к 1879 г. сооружен Чабусский магистральный канал длиной 20 верст и шириной от 1,9 до 2,6 сотен. К каналу подведено 45,1 верст боковых разветвлений разных порядков шириной от 1,5 до 2,3 сажень. Начиная с 1875 г. были построены Юрковичский, позже – другие каналы общей протяженностью 194 км. Каналы строились главным образом для сплава леса из казенных лесных дач и дач местных помещиков. Чабусский канал (в 2 км на восток от оз. Вечера) забирал часть стока с водосбора озера. Впадающая в озеро р. Руховка была спрямлена и вошла в систему Чабусского магистрального канала. Судя по карте, изданной в 20-х гг. XX века, в это же время был прорыт канал в юго-западной части водосбора от оз. Вечера в р. Оресса. В 1898 г. мелиоративные работы в бассейне р. Оресса были повсеместно прекращены и частично возобновились в период аграрной реформы. Пригодных для посева сельскохозяйственных культур осушенных земель не было. Осушение болот на прилегающей к оз. Вечера территории способствовало появлению населенных пунктов (хутора Чаков, Черцы, Озерное, Саволуцк, Смолянка и др.).

В предвоенное время проложены новые каналы на юго-западе и юго-востоке от озера. В результате ширококомасштабных работ по осушению Оресских болот с 1926 г. к 1941 г. было осушено болот и заболоченных земель 21 тыс. га, к 1961 г. – 59,6 тыс. га, а к 1971 г. – 117, 15 тыс. га. В послевоенное время в районе оз. Вечера были построены наиболее крупные осушительные системы на прилегающих к озеру болотных массивах в водосборах Чабусского и Чеченского каналов (1953 г.), проложена насыпная асфальтированная дорога, которая частично отрезала северо-восточную часть водосбора озера; из озера вытекал Чеченский канал, впадающие водотоки отсутствовали. В конце 60-х гг. на северо-восточном впадающем канале сооружена насосная станция, исток Чеченского канала из озера ликвидирован, канал проложен мимо озера.

В настоящее время осушительные системы реконструированы. К северной части озера был подведен канал из осушенного болота. Вдоль западного берега озера построена ограждающая дамба с придамбовым каналом. Дополнительно построен водоподводящий канал с насосной станцией, по которому имеется возможность подачи воды из верховий Чабусского канала в существующую систему каналов и гидротехнических сооружений.

В начале 70-х гг. построены чеки-отстойники с отводящими каналами для обезвоживания сапропелей, добытых из озера. Сброс воды из секции отстойников осуществлялся по каналу в Совокуцкий канал и далее в Чабусский канал.

По данным топографических съемок 1953–1981 гг. площадь современного водосбора озера составила 7,0 км² (включая площадь озера 3,0 км²), уровень воды – 135,80 м. На юго-востоке впадает канал, дренирующий отстойники сапропелей, на севере и юго-западе – 2 канала, вытекающих в мелиоративную сеть. Территория водосбора – плоская заболоченная низина, покрытая кустарником и лесом (рис. 21).

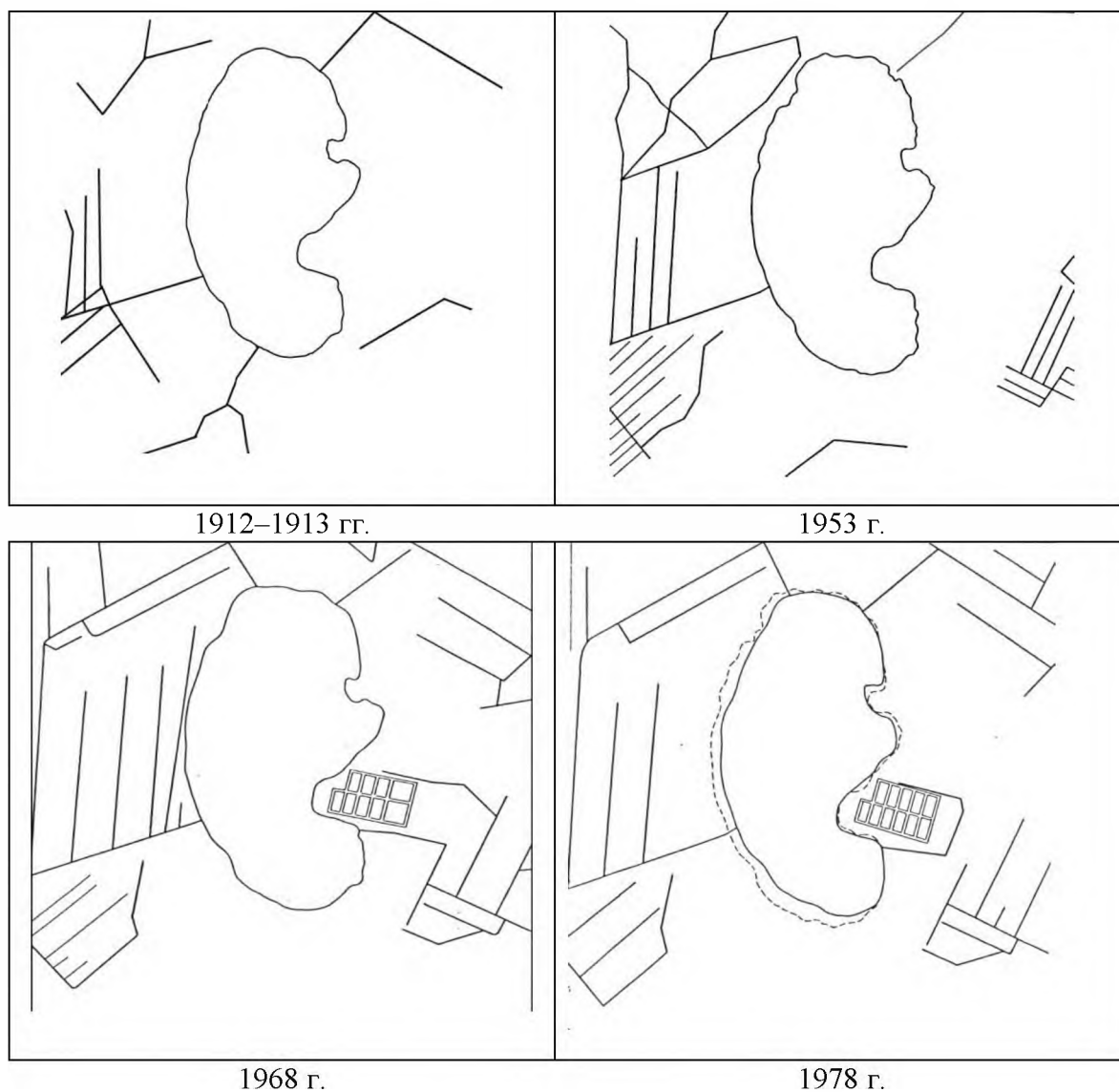


Рис. 21. Изменение гидрологической сети и контура оз. Вечера по данным топографических карт

Проведенная гидромелиорация и осушение прилегающих болотных массивов вызвали изменение площади водосбора, водобалансовых величин, гидрологических характеристик озера, характера притока и химического состава приточных вод. Снижение уровней грунтовых вод и понижение отметок поверхностей берегов озера увеличило фильтрацию воды из озера в прилегающую осушительную сеть; началось частичное иссушение прилегающей территории и развевание торфяников на сельскохозяйственных угодьях.

В результате сокращения притока наметилась устойчивая тенденция к снижению уровня воды в озере. Для восстановления водного баланса и уровня воды с начала 70-х гг. пополнение озера водой осуществлялось насосной станцией. Вода из канала в северной части озера по трубам поднималась на высоту 2,0 м и по узкому (2,0–2,5 м) каналу сбрасывалась в озеро. Станция мощностью 1600 м³/час работала только в безледный период. В зависимости от водности года объем закачиваемой воды изменялся от 250 до 686,7 тыс. м³. Только за три летних месяца в 1971 г. в озеро было сброшено 625,8 тыс. м³ воды. Недостаточное пополнение водных запасов и дополнительный расход воды в результате добычи сапропеля (гидромеханизированный способ добычи) приводили к падению уровня воды, обмелению озера и возникновению напряженного кислородного режима в период ледостава. Наиболее катастрофическое положение сложилось в 1976 и 1983 гг. В последние годы (с 1993 г.) водоподача не производилась из-за отсутствия финансирования. В 1995 г. станция перекачки работала всего 4 недели. Уровень воды в озере резко упал и в период затяжного ледостава зимой 1995–1996 гг. озеро почти полностью промерзло, что привело к «замору» и гибели рыбы и живых организмов.

Гидромелиоративные преобразования водосбора, проводимые с конца XIX века, привели к изменению гидрологии озера, морфометрических параметров, качества воды. Уровень озера стал нестабильный, с устойчивой тенденцией к снижению. С начала XX века до конца 40-х гг. уровень озера составлял 135,8 м над уровнем моря, после мелиоративных работ на водосборе отмечено его снижение с 135,9–135,6 м (в 1953–1972 гг.) до 135,6–135,2 м (в 1976 г.), а в 1982 г. его максимальная отметка снизилась до 135,2 м. Амплитуда колебания экстремальных уровней составила 0,67 м при среднем многолетнем снижении на 0,25 м. По данным Белгипроводхоза, только в течение 1983 г. уровень воды в озере снизился на 0,4 м (с отметки 135,75 м до отметки 135,35 м) и в конце года составил 135,29 м. Таким образом, только с 1953 по 1981 г. общее снижение уровней воды составило 0,4–0,5 м (рис. 22).

Произошло перераспределение поверхностного стока, большая часть которого отведена каналами в сторону от озера, вследствие чего основная часть территории оказалась изъятой из площади водосбора. Современный водный баланс озера при небольшой водосборной площади в значительной мере определяется системой подачи воды из Чабусского канала насосной станцией, режим работы которой зависит от экономических условий.

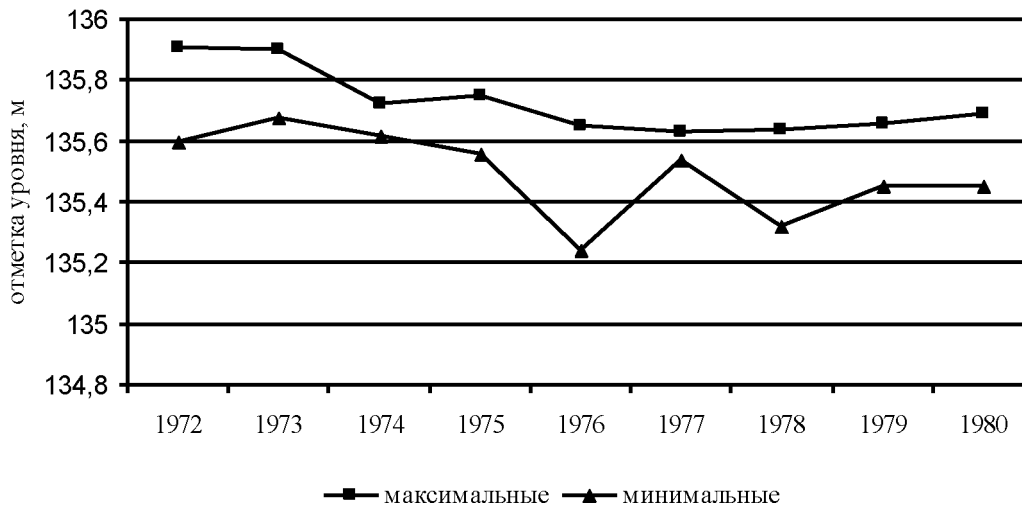


Рис. 22. Экстремальные уровни воды оз. Вечера (данные Любанского МУООС)

Произошло резкое сокращение площади озера (только с 1971 г. на 24 %); уменьшение объема водной массы достигает 40 % (табл. 49).

Таблица 49

Морфометрические показатели оз. Вечера

Показатели	Единицы измерения	1971 г.	1978 г.	1991 г.
Площадь озера	км ²	3,24	2,96	2,46
Объем воды	млн м ³	3,51	–	–
Длина береговой линии	км	7,45	7,37	7,00
Длина озера	км	2,75	2,75	2,62
Ширина максимальная	км	1,57	1,55	1,45

Изменение гидрологических параметров нашло отражение в изменении гидрохимического режима, развитии гидробионтов озера, которые еще более усилились процессами антропогенного эвтрофирования в результате добычи сапропелей и интенсивного развития сельского хозяйства на приозерье.

По данным обследования прошлых лет, озеро представляло собой мелководный водоем эвтрофного типа. Водная масса в течение безледно-

го периода в условиях гомотермии хорошо перемешивалась. В 1971 г. отмечалось высокое содержание кислорода по всей толще (10,1–10,6 мг/л), что составляло 102–106 % насыщения. По химическому составу вода озера гидрокарбонатного класса кальциевой группы. Ион HCO_3^- составляет около 63 % суммы всех ионов, далее по убыванию: ионы кальция (18 %), хлора (7,2 %), сульфаты (5,9 %) (табл. 50).

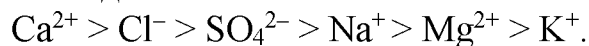
Таблица 50

Гидрохимические показатели оз. Вечера

Показатели	1971 г., осень		1991 г., осень		1996 г., лето
	поверхность	1,0 м	поверхность	1,0 м	поверхность
Температура, t °С	14,0	14,0	11,0	10,5	–
O ₂ , мг/л	10,61	10,09	10,8	4,0	–
O ₂ , %	102,3	106,9	97,5	35,7	–
прозрачность, м	до дна		0,7–1,0		0,3
цветность, град.	30	30	100	100	80
pH	8,84	8,84	9,20	9,54	8,9
HCO ₃ ⁻ , мг/л	67,1	67,1	61,0	61,0	61,0
Cl ⁻ , мг/л	7,6	7,6	5,5	18,8	–
SO ₄ ²⁻ , мг/л	6,2	7,8	1,3	15,9	–
Ca ²⁺ , мг/л	19,0	19,0	17,3	24,1	30,1
Mg ²⁺ , мг/л	5,8	5,8	15,9	3,9	1,5
Na ⁺ , мг/л	–	–	25,7	6,6	–
K ⁺ , мг/л	–	–	3,2	1,1	–
Fe _{общ.} , мг/л	0,26	0,33	–	–	–
Si, мг/л	0,30	0,30	–	–	4,8
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,12	0,12	–	–	0,94
P _{общ.} , мгP/л	–	–	0,42	0,37	–
PO ₄ ³⁻ , мгP/л	–	–	–	–	–
Сумма ионов, мг/л	105,0	107,3	130,2	131,8	113,2
Окисляемость перманганатная, мгО/л	8,37	9,40	–	–	29,1
БПК ₅ , мгО ₂ /л	–	–	9,4	10,1	–

Сумма основных ионов была невысокая (105–107 мг/л), концентрация биогенных элементов низкая. Содержание аммонийного азота составляла 0,12 мгN/л, железа – 0,26 мг/л, кремния – 0,3 мг/л. Фосфаты не обнаружены. Активная реакция воды – щелочная (pH 8,5). Содержание органического вещества по перманганатной окисляемости 9,4–8,4 мгО/л, цветность невысокая (30 градусов), прозрачность – до дна.

За 20 лет произошло увеличение общей минерализации (до 130–131,4 мг/л). Заметно уменьшилась в химическом составе доля гидрокарбонатного иона (46 % суммы всех ионов). Другие показатели располагались в следующей последовательности:



Характерно, что концентрация хлоридов и натрия значительно превышает природные фоновые величины, что указывает на интенсивное поступление веществ с водосборной площади в результате антропогенной деятельности. Водная масса имела щелочную среду, водородный показатель рН возрос до пределов 9,20–9,54. Содержание кальция в воде увеличилось до 25,7 мг/л.

Высокими показателями характеризовалось содержание органического вещества. Величина БПК₅ составляла 9,4–10,1 мгО₂/л. Высокая концентрация фосфора (0,37–0,42 мгР/л), низкая прозрачность, повышенные показатели цветности и БПК₅ свидетельствуют о низком качестве воды.

Анализ химического состава вод мелиоративного канала свидетельствует, что основной объем химических веществ поступает с площади мелиорированного водосбора. Концентрация макрокомпонентов и фосфора в мелиоративных водах в 1,6–2,7 раза выше, чем в озерной воде (рис. 23).

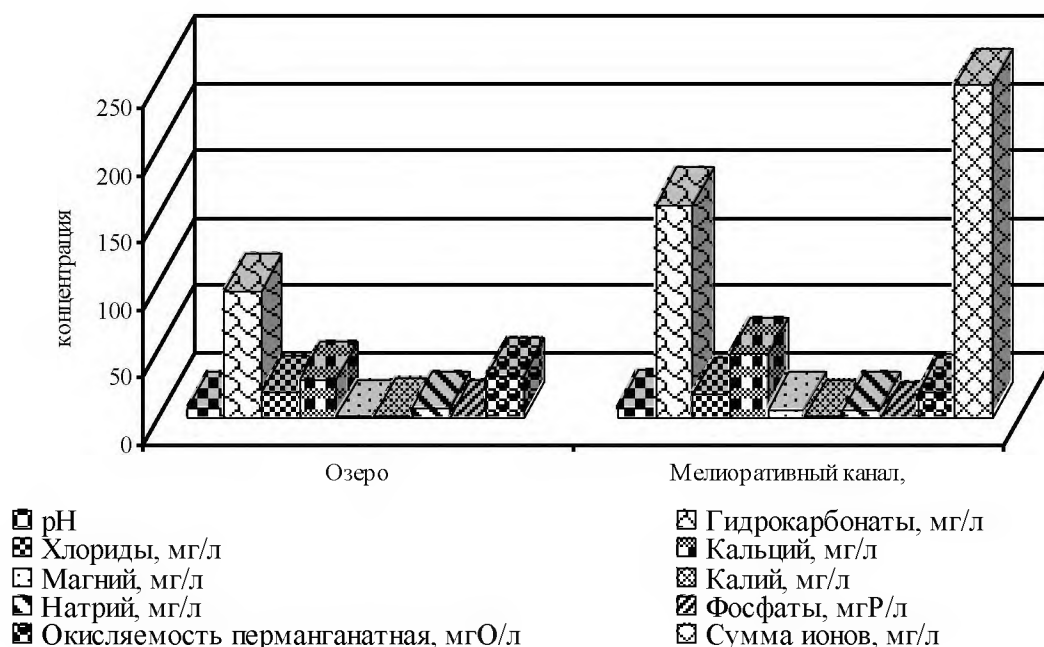


Рис. 23. Соотношение компонентов химического состава вод озера и мелиоративного канала

Нарушение гидрохимического режима повлекло за собой изменения в развитии гидробионтов. За последние 30 лет произошли изменения зарастания водоема. Ранее водоем был полностью заросшим, погруженная растительность покрывала центральную часть озера, в видовом составе доминировали харовые водоросли, элодея канадская. В прибреж-

ной зоне произрастали рогоз, тростник и камыш в ассоциации с ситнягом болотным, нимфейные.

Последние исследования свидетельствуют о резком изменении характера и степени зарастания озера. Площадь зарослей сократилась в 5 раз, озеро зарастает слабо (21,7 % площади дна). Из видового состава исчезли харовые водоросли и элодея канадская; появились узколистные рдесты (курчавый и сплюснутый), исчезла подводная растительность; доминирует надводная растительность (тростник, рогоз узколистный в сочетании с манником и осоками), которая создает 95 % общей биомассы макрофитов в озере (575 т воздушно-сухого вещества). Вдоль западного берега широко развита сплавина (осока, рогоз широколистный). На долю растений с плавающими листьями (кубышка желтая, единично кувшинка чисто-белая) приходится 11,1 % площади всех зарослей и 5,2 % общей биомассы макрофитов.

В составе и количественном развитии фитопланктона озера Вечера отмечены снижение видового разнообразия и увеличение продуктивности альгофлоры: по числу видов в летнем планктоне преобладают зеленые водоросли, а доминантами в биомассе являются сине-зеленые (рис. 24).

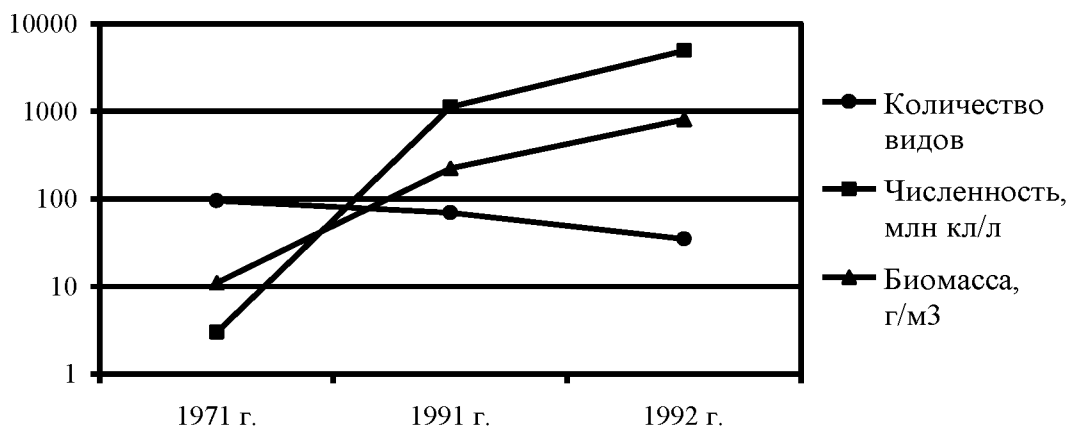


Рис. 24. Динамика количества видов, численности и биомассы фитопланктона оз. Вечера

Аналогичные изменения отмечены в сообществе зоопланктона: численность возросла с 235,8 тыс. экз./м³ (1972 г.) до 1478,0 тыс. экз./м³ (1992 г.), биомасса с 1,51 г/м³ до 14,3 г/м³ соответственно. Отсутствие данных по бентосу не позволяет проследить динамику, но можно отметить изменения численности и биомассы в сторону увеличения.

Ухудшение газового режима и повторяющиеся заморы повлияли на ихтиофауну – современная ихтиофауна исключительно бедная и низкопродуктивная; встречается только тугорослый карась.

Озеро Ореховское расположено на юго-западе Республики Беларусь в 15,5 км южнее г. Малорита, в 1,0 км к северо-востоку от границы с Украиной и в 10 км от Национального парка «Шацкие озера». Озеро имеет большое природоохранное значение – расположено на пути сезонных миграций водно-болотных птиц, имеет богатую и разнообразную орнитофауну, высокую концентрацию на зимовке лебедей-шипунцов и других водоплавающих птиц, внесенных в Красную книгу Республики Беларусь. Расположено на водораздельной поверхности бассейнов рек Западного Буга и Мухавца, в пределах южной части Малоритской равнины, которая южнее сливается с обширной Волынской равниной. Абсолютные отметки поверхности колеблются от 159 м (уровень озера) до 173 м (р-н д. Олтуш). Гидросеть представлена верховьями рек Рита, Малорита, Копаявка, Прорва и др., крупными озерами Ореховское, Олтушское, большим количеством мелкоконтурных болот, приуроченных к водно-ледниковой равнине.

Первое описание оз. Ореховское приведено П. О. Бобровским в 1883 г. [3], где озеро характеризуется как мелководное, окруженное с востока наиболее крупными болотами Гродненской губернии, на которых осушение в обширных масштабах никогда не проводилось. На карте тех лет указан впадающий на юго-западе естественный водоток. Вытоки из озера в р. Рыту и расположенное севернее оз. Олтушское отсутствуют. На карте масштаба 1:126000 (3 версты), составленной в то же время, показаны соединенные канализованными протоками озера Волынской губернии (Островецкое, Луки, Вел. Пищенское) и расположенный южнее, но не затронутый канализацией ручей Здебка длиной 6 км, впадающий в озеро с юго-запада. Первая мелиоративная сеть, состоящая из мелких каналов, отмечена в северо-западной части водосбора на сельхозугодьях возле крупных деревень (д. Лино-Спасская). Анализ карт свидетельствует, что в 70-х г. XIX века гидрологическая сеть водосбора Ореховского была слабо канализована, озеро было приточным.

Более подробное описание оз. Ореховского приводит Л. И. Цимбаленко [137]. По данным обследования 1912 г., озеро имело площадь 5 квадратных верст, или 5,35 км². В западной части берега недоступны. Отметка уреза воды на карте Главного штаба – 74,5 сажней (158,7 м), что на 1,6 сажней (3,4 м) выше уровня расположенного рядом Олтушского озера. Ореховское не имело крупных притоков, сток весенних вод прегражден дамбой и происходил по Ляховицкому каналу в р. Рыту, которая являлась сплавной рекой. Прежде по каналу также проводился сплав плотов. Указывалось, что дно озера затянато илом, а поверхность – водными растениями.

В отчете И. И. Жилинского указывается, что на протяжении 1892–1897 гг. в бассейне р. Рыты (у оз. Ореховское и оз. Олтушское) проведены следующие осушительные работы, проложены магистральные каналы: в Лахвецкой казенной даче от урочища Турово к Киево-Брестской железной дороге протяженностью 22,5 версты с разветвлением в сторону оз. Ореховское и урочища Круглый Сычев; по землям крестьян д. Мельники, д. Хотислово и имения Орехово с боковым разветвлением в 2,3 версты; по болотам крестьян села Мельники и Хотислово от урочища Кобылянецкое к Олтушскому и Ореховскому озерам в 1894–1897 гг. углублен Мельнико-Хотисловский канал на протяжении 14,2 версты и шириной от 3 до 3,6 сажен. Настоящий канал служил водопроводом, соединяющим озера Олтушское и Ореховское с р. Рытой [45]. На юго-запад от оз. Ореховское и севернее оз. Луковское произведена расчистка 2 старых каналов на протяжении 11 верст и проложен коренной канал от ур. Кухарево до Киево-Брестского шоссе на протяжении 3 верст.

Магистральные каналы служили независимо от осушения других болот для сплава леса через Луковский канал, оз. Ореховское в р. Рыту и далее в р. Мухавец выше расположенных обширных казенных дач Первого Ковельского лесничества. Можно предположить, что каналы из озер Ореховское и Олтушское в р. Рыту были прорыты приблизительно в 90-х гг. XIX века для сплава леса с водосборов этих озер, но к 1912 г. они утратили свое значение, обмелели, заросли и служили в основном для сброса весенних вод.

Следует отметить, что в обзоре, опубликованном в 1880 г., действующих и намеченных к строительству каналов в районе оз. Ореховское не отмечено, однако указаны водоводы из оз. Тур и оз. Святое, восточнее оз. Ореховское, которые проложены в середине прошлого века для питания Днепровско-Бугского канала [106].

По данным гидрографических исследований 1938 г., выполненных географическим университетом Варшавы, оз. Ореховское имело площадь 488,1 га, максимальную глубину 3,2 м (средняя 1,4 м) и отметку уровня воды 159 м абс. На карте 1940 г. масштаба 1:50000, составленной по картам съемки 1888 г. и рекогносцировки 1914 г., ручей Здебка спрямлен и продлен до канала, связывающего украинские озера Луки и Заозерье, что заметно увеличило водосбор оз. Ореховского. В северо-восточной части озера через болота Кременко и Запольское в р. Рыта указаны два канала, которые были проложены в конце XIX века. В начале XX века, видимо, был проложен канал от северо-западного берега оз. Ореховское к оз. Олтушскому. В материалах исследований А. И. Тюльпанова (1948 г.), Полесской экспедиции (1956 г.) и Е. А. Боровик (1961 г.) приводятся сведе-

ния о том, что Ореховское имело площадь 5,35 км² и Малоритским каналом соединялось с оз. Олтушское [130, 129, 8].

Современная мелиоративная сеть на водосборе озера трансформировалась неоднократно. В 1965 г. в результате ввода в строй мелиоративного объекта на северо-востоке была осушена часть естественного водосбора озера, и сток с него направлен в р. Малориту. В 1975 г. большая часть поверхностного стока отведена в сторону от озера рекой Копаявкой (площадь водосбора сократилась на 272 км²). В 1980–1989 гг. на северо-западном берегу озера эксплуатировался мелиорированный участок по добыче торфа «Орехово». Сток с объекта осуществлялся принудительно насосной станцией непосредственно в озеро.

Данные комплексных исследований лаборатории озераведения БГУ (1971–1996 гг.) позволяют проследить динамику изменения экосистемы озера под влиянием гидромелиорации. В настоящее время оз. Ореховское – мелководный водоем. Площадь зеркала озера при уровне 159,2 м равна 4,41 км², объем водной массы – 4,35 млн м³, максимальная глубина составляла 2,4 м (1986 г.), в 1996 г. максимальная глубина не превышала 2,2 м.

Берега озера низкие, сложены песком, покрыты луговой растительностью, в северной, западной и южной части заболоченные, покрыты кустарником и лесом. Склоны котловины низкие, слабо выраженные, заняты преимущественно осушенными торфяниками. На участке восточного берега четко прослеживается террасовый комплекс, две нижние террасы антропогенного происхождения, образованы в результате искусственного понижения уровня (рис. 25).

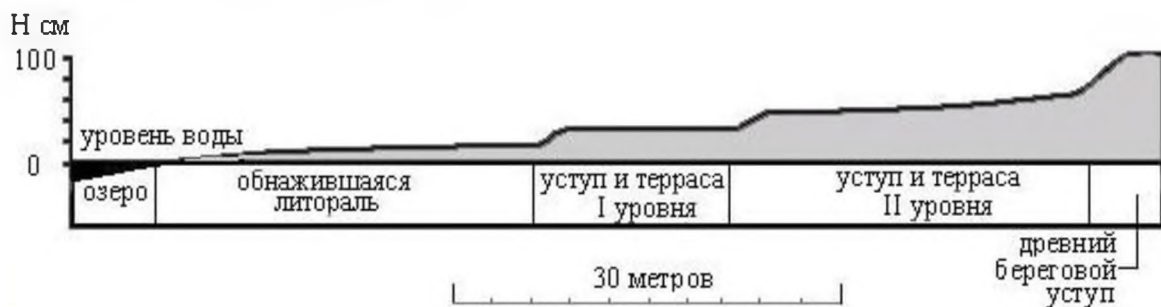


Рис. 25. Гипсометрический профиль восточного берега оз. Ореховское

На юго-западе из болота Песочное и Острованьское в озеро впадает канализированный проток без названия, некогда соединявший озеро с р. Копаявкой. Максимальные весенние расходы воды по данным временного водомерного поста наблюдались в 1972 г. (0,050 м³/с). Ежегодно летом проток пересыхает, а зимой промерзает. Весной в многоводные годы отмечались случаи перелива воды из р. Копаявки в оз. Ореховское.

Гидротехнические сооружения отсутствуют, русло протока в районе границы Украины и Беларуси пересыпано земляной дамбой.

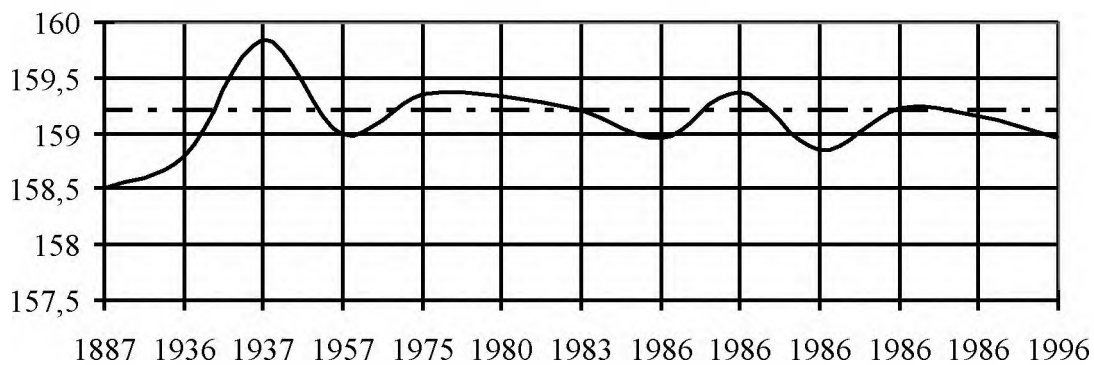
На северо-западном берегу до 1989 г. по протоку в озеро происходил сброс болотных вод временной насосной станцией с торфоплощадки «Орехово-2». После закрытия торфоучастка выработанные площади покрылись водой, уровень воды в озере и на затопленных площадях стабилизировался. На северо-западном берегу ранее существовал выток по каналу из оз. Ореховское в оз. Олтушское с весенне-летним стоком в объеме 0,068–0,134 м³/с. В последующее время строительством мелиоративных каналов гидрологическая связь озер Ореховское – Олтушское была нарушена, сток воды из озера в период весеннего половодья эпизодически происходил в р. Малориту по каналу в северо-восточной части озера, русло канала пересохло и заросло.

С учетом площади водосборного бассейна и модуля стока период водообмена озера составляет 1,29, т. е. полная смена объема воды в озере происходит в течение одного года и трех месяцев.

По наблюдениям за уровнем воды 1986 и 1996 гг. наиболее низкий уровень отмечается в январе (158,96 м), в апреле он повышался до 159,37 м, с мая по август происходит понижение уровня, достигая значений 158,85 м; повышение уровня наблюдается в октябре – декабре и превышает летнюю межень в среднем на 20–25 см. В целом минимальный уровень летней межени на 10 см ниже среднегодового уровня. Высота уровня воды в августе 1996 г. была на 21 см ниже отметки среднего многолетнего. Однако исследованиями в 1986 г. повышение уровня не выявлено, отметка в октябре составляла 159,15 м, что на 10 см ниже летних значений. В целом амплитуды колебания уровня озера в течение года составляют около 0,3 м.

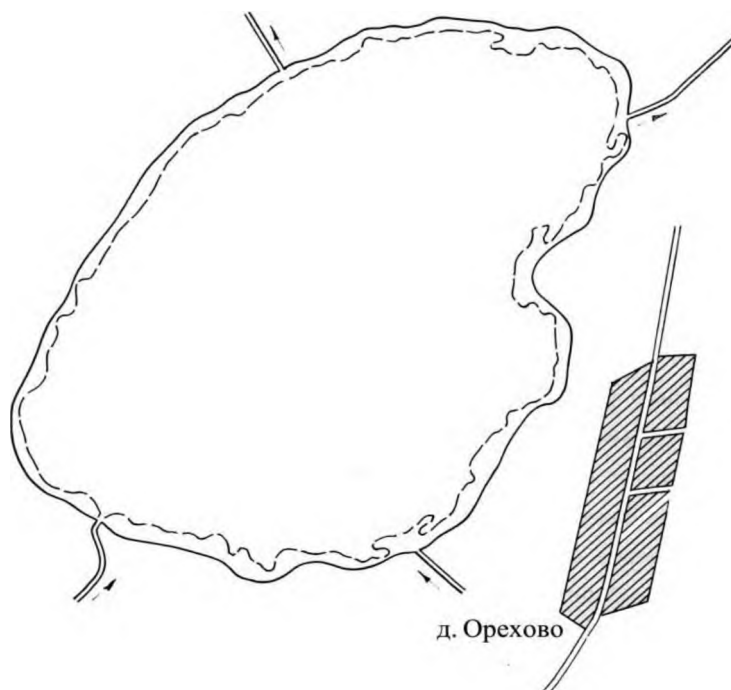
Сравнение картографических материалов и данных различных лет обследования указывает на то, что понижение уровня грунтовых вод прилегающих болотных массивов привело к понижению среднего уровня озера. В летнюю межень в 1937 г. уровень имел отметку 159,84 м, после мелиорации 1980 г. – 159,34 м, т. е. понизился на 0,5 м. Анализ данных позволил провести реконструкцию изменения уровня озера за исторический период и составить схему изменения площади и береговой линии озера (рис. 26, 27).

Расчет водного баланса озера для различных лет обеспеченности показывает, что основу баланса составляют приток с водосбора и осадки на зеркало озера. В маловодный год преобладает расходная, в средний по водности год приходная часть баланса. Сравнительный анализ структуры водного баланса, выполненный с учетом современной площади водосбо-



— Уровень воды, м
 - - - Средний многолетний исторический уровень

Рис. 26. Изменение уровня воды оз. Ореховское



----- снижение уровня 1887–1888, 1935, 1985, 1996 гг.
 — повышение уровня 1975, 1980, 1986 гг.

Рис. 27. Изменение площади и береговой линии оз. Ореховское

ра и ретроспективно восстановлены, показывает, что гидрологические изменения после проведения мелиорации (сток из озера и аккумуляция) вызваны в основном снижением доли притока с водосбора (рис. 28).

Таким образом, обследование современного состояния озера, сравнительный анализ литературных и фондовых данных выявил, что широкомасштабная мелиорация водосбора за последние 100 лет и хозяйственная деятельность на приозерье вызвали необратимые изменения гидроло-

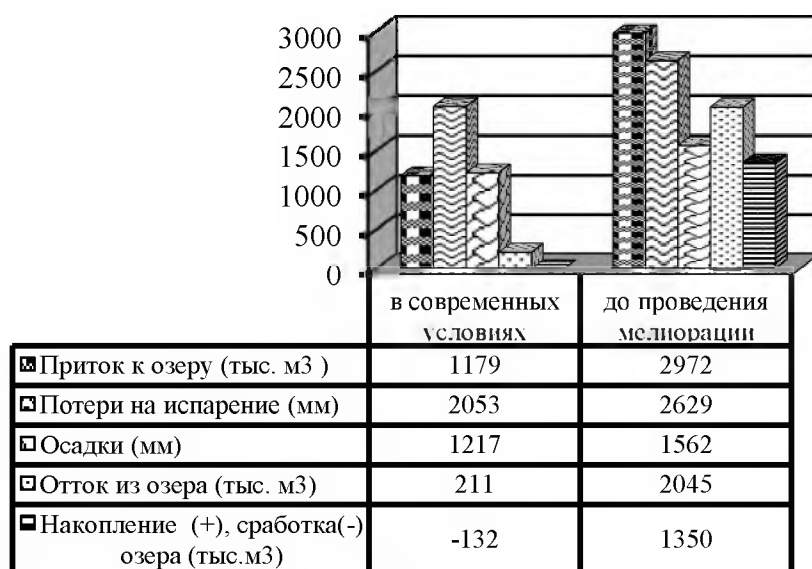


Рис. 28. Структура водного баланса оз. Ореховское до и после проведения мелиорации

гии озера. Наиболее существенное сокращение площади водосбора происходило в 1973–1975 гг. В результате мелиорации площадь водосбора сократилась более чем в 17 раз (с 290,8 до 16,7 км²), уменьшилась глубина воды (с 3,2 до 2,2 м) и площадь зеркала (с 488 до 441 га), более чем на 10 % сократился объем водной массы. Гидрологические изменения послужили причиной снижения качества воды, ухудшения кислородного режима, роста минерализации (на 36 %), увеличения концентрации биогенных элементов, снижения прозрачности (с 1,3 до 0,4 м), массового развития водорослей («цветение» воды), снижения видового разнообразия и продуктивности ихтиофауны. Озеро утратило свой естественный природно-ресурсный потенциал.

Озеро Червоное. Первые гидрологические преобразования и осушительные работы водосбора оз. Червоное относятся ко времени освоения приозерной территории в конце XIX века, начатого экспедицией И. И. Жилинского [45]. Мелкими каналами ограниченной протяженности вокруг малочисленных поселений, расположенных на возвышенных участках рельефа, проведены осушительные работы с целью расширения пахотных и сенокосных угодий. Однако заметных последствий для водоема и водосбора эти работы не имели. По данным инструментальных наблюдений за уруненным режимом оз. Червоное, начатых с 1925 г., период до 1941 г. считается домелиоративным. Водосборная территория озера, представленная в основном низинными болотами, составляла 397 км².

По материалам гидрологических исследований специалистов Белгипроводхоза, строительство первых мелиоративных объектов на водосборе, проведенное в период 1957–1970 гг., привело к сокращению площади водосбора до 197 км² (мелиоративная освоенность не превышает 5 %). В течение 1971–1980 гг. мелиоративная освоенность водосбора увеличивается до 18 % при площади водосбора 280 км². Период 1981–1990 гг. характеризуется 40 %-й освоенностью мелиоративными объектами (при площади водосбора 353 км²), полной перестройкой гидрографической сети, изменением характера стока поверхностных вод.

В маловодные годы до мелиоративного периода среднемесячные отметки уровня воды озера изменялись в пределах 135,86–136,50 м и 136,06–136,51 м в многоводные годы (сумма атмосферных осадков более 700 мм). Межсезонная амплитуда колебания уровня воды озера не превышала 0,5 м. С начала мелиоративных работ и сокращения площади водосбора до 197 км² прослеживается устойчивая тенденция к понижению среднегодового уровня воды в озере независимо от водности года. Если в многоводный 1958 г. (при сумме осадков за год 856 мм) среднегодовой уровень озера составлял 136,44 м, то в многоводный 1970 г. (сумма осадков 915 мм) среднегодовой уровень озера составлял 135,76 м, т. е. отмечается понижение уровня воды на 0,7 м.

В последующие десятилетия (1971–1980 гг.) в связи с реконструкцией и увеличением водосборной территории до 280 км² независимо от водности года прослеживается устойчивая тенденция к повышению среднегодового уровня воды. Если в маловодном 1971 г. среднегодовая отметка уровня воды составляла 135,67 м, то в маловодном 1978 г. она увеличилась до 136,0 м. В последнее десятилетие среднегодовые отметки уровня воды не стабильные. В маловодные годы (1983, 1984, 1986, 1987) средние годовые отметки уровня воды изменялись в пределах 135,20–135,63 м и являются наименьшим за всю историю наблюдения. В многоводный 1988 г. среднегодовые отметки уровня озера повысились до 135,75 м. По состоянию на 1989 и 1990 гг. среднемесячные значения уровня оз. Червоное изменяются в пределах 135,65–136,02 м, что ниже максимальных отметок домелиоративного периода на 0,5 м.

Определяющим фактором формирования современного гидрологического режима является объем притока поверхностных вод в результате работы насосных станций, перекачивающих дренажные воды мелиорированных территорий. Приходную часть водохозяйственного баланса (рассчитан Н. В. Шевцовым) составляют поступление сбросных вод насосных станций с полей и торфоучастков (52 % от объема годового притока), атмосферные осадки (33 %), приток по р. Деменка и кан.

Тесна (15 %), приток грунтовых вод (менее 1 %). Расходную часть составляют испарение с водной поверхности (51 % от объема расходной части) и сток по Житковичскому каналу (43 %), потери объемов воды при добыче сапропелей (менее 6 %), грунтовый сток (меньше 1 %).

Сравнительный анализ данных расчета водохозяйственных балансов (домелиоративного периода, на 01.01.80 г., и на 1989 г. для года 75 % обеспеченности), позволяет оценить основные изменения в структуре водного баланса. В домелиоративный период основным источником питания озера являлись атмосферные осадки на водное зеркало, объем поверхностного притока не превышал 46 %. В настоящее время в приходной части водохозяйственного баланса доля приточных вод с водосбора возросла до 67 % при уменьшении роли атмосферных осадков. В естественном состоянии основные потери воды в озере были связаны с испарением; доля стока из водоема не превышала 27 %. В условиях преобразованного водного режима потери воды со стоком из озера и водозабором возросли в два раза при уменьшении доли испарения. Таким образом, изменение структуры водного баланса привело к увеличению роли стока с водосбора и снижению роли атмосферных процессов.

Озеро Червоное служит водоприемником мелиорированной территории, осушаемой насосными станциями (НС МО «Красное озеро» колхоза «Парижская коммуна», НС МО «Красноозерский» колхоза «Октябрь», НС МО «Коммунар» и «Морохорово» колхоза «Заря», НС ТБЗ «Житковичский», РПНО «Белсельхозхимия»).

В результате ухудшения социально-экономических условий и общего спада производства в республике в последние годы резко сократился объем водопотребления, поэтому в качестве репрезентативных следует принимать данные прошлых лет исследования.

Изменение гидрологических показателей и химический состав приточных вод стали причиной катастрофических нарушений в экосистеме озера, которые затронули все звенья: морфометрические параметры, гидрологический режим, химический состав и качество вод, видовой состав и уровень развития гидробионтов.

В процессе мелиоративного освоения земель площадь водосборной территории озера уменьшилась на 44 км² и составляет в настоящее время 353 км². Вследствие мелководности и незначительной емкости котловины озера произошли существенные изменения морфометрических параметров озера: уменьшение площади водного зеркала на 10 %, объема водной массы на 30 %. Среднемесячные значения уровня воды озера понижены на 0,5 м по сравнению с домелиоративным периодом и составляют 135,65–136,02 м.

Приток мелиоративных вод изменил химический состав вод и газовый режим водоема. В кислородном режиме периодически, раз в несколько лет, проявляются типичные явления «зимних» и «летних» заморов, а также перенасыщение воды в результате цветения водорослей (до 150 %). Возросла величина и внутригодовые колебания общей минерализации с 90 до 270–400 мг/л. Аналогично проявили себя основные компоненты минерализации; концентрация сульфатов и хлоридов возросла в 2 раза. По сравнению с домелиоративным периодом, когда болотный водосбор поддерживал низкую минерализацию озерной воды, высокую цветность, значительное содержание гуминовых кислот, отмечены изменения состава воды в сторону снижения содержания биохимически инертных органических веществ и железа. В условиях хозяйственного освоения водосборной территории в водной массе озера увеличилась концентрация соединений фосфора при имеющей место тенденции к снижению содержания минерального азота (рис. 29–31).

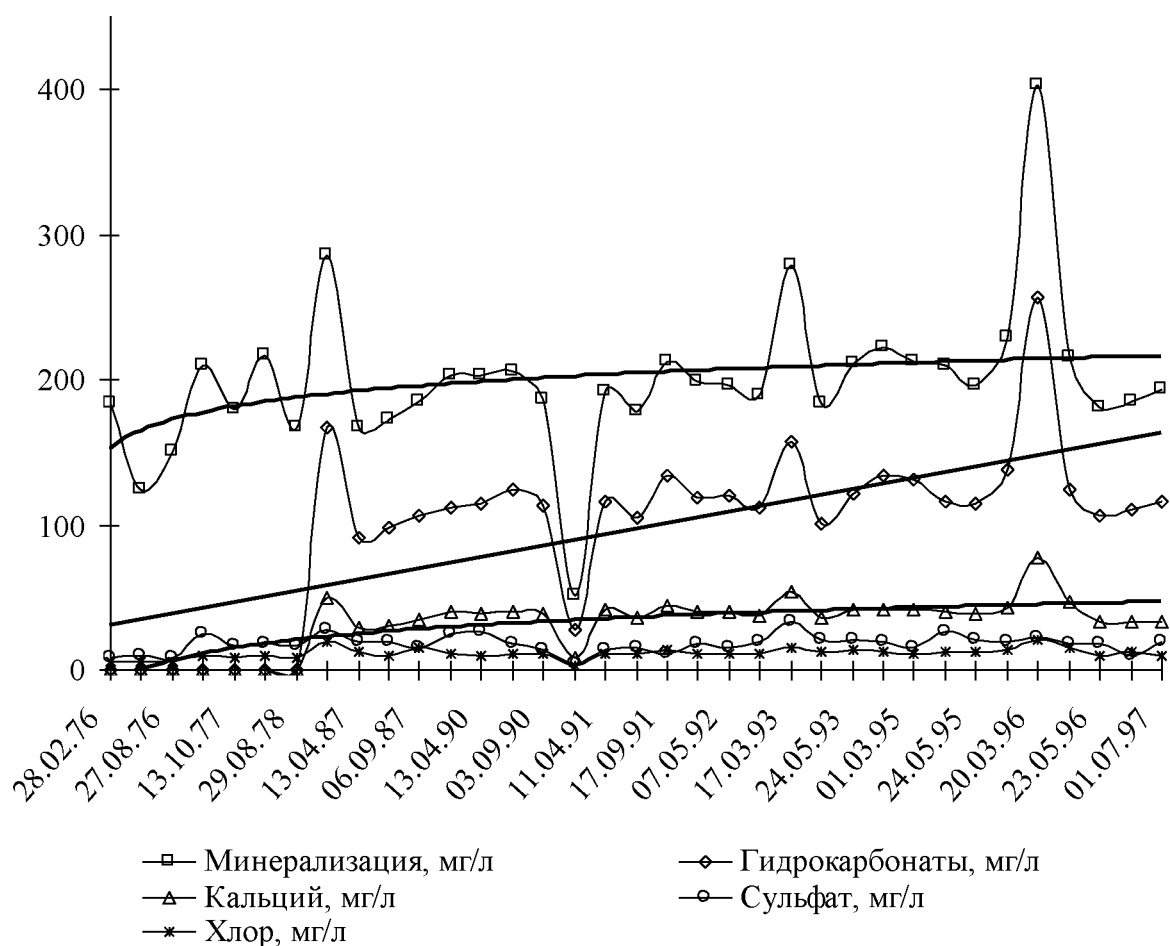


Рис. 29. Многолетняя динамика и тренд основных компонентов минерализации оз. Червоное

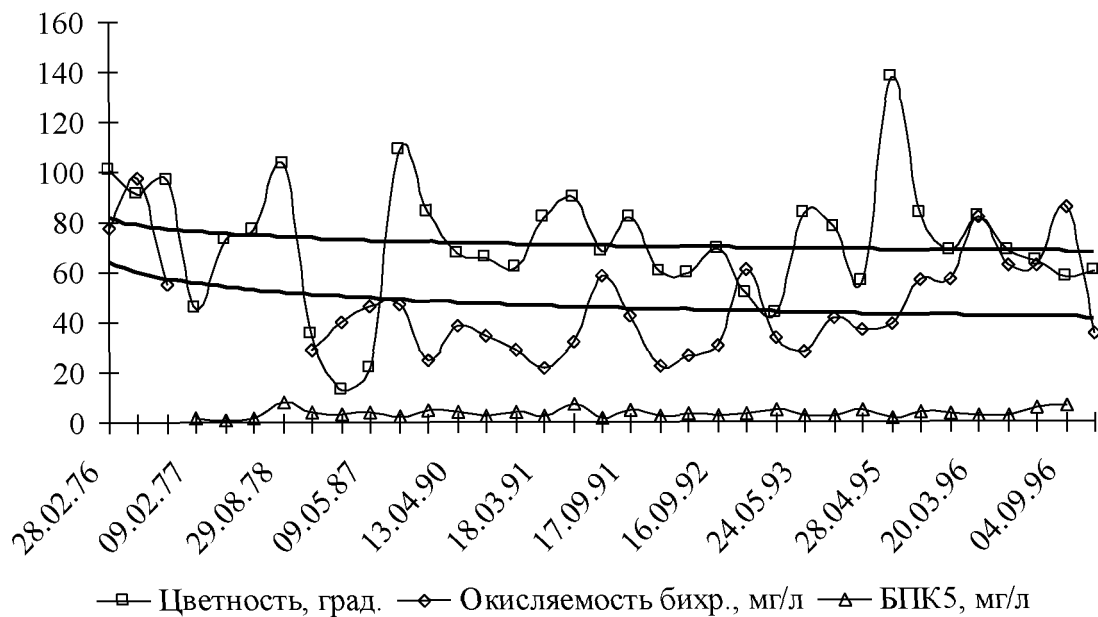


Рис. 30. Многолетняя динамика и тренд показателей содержания органического вещества в воде оз. Червоное

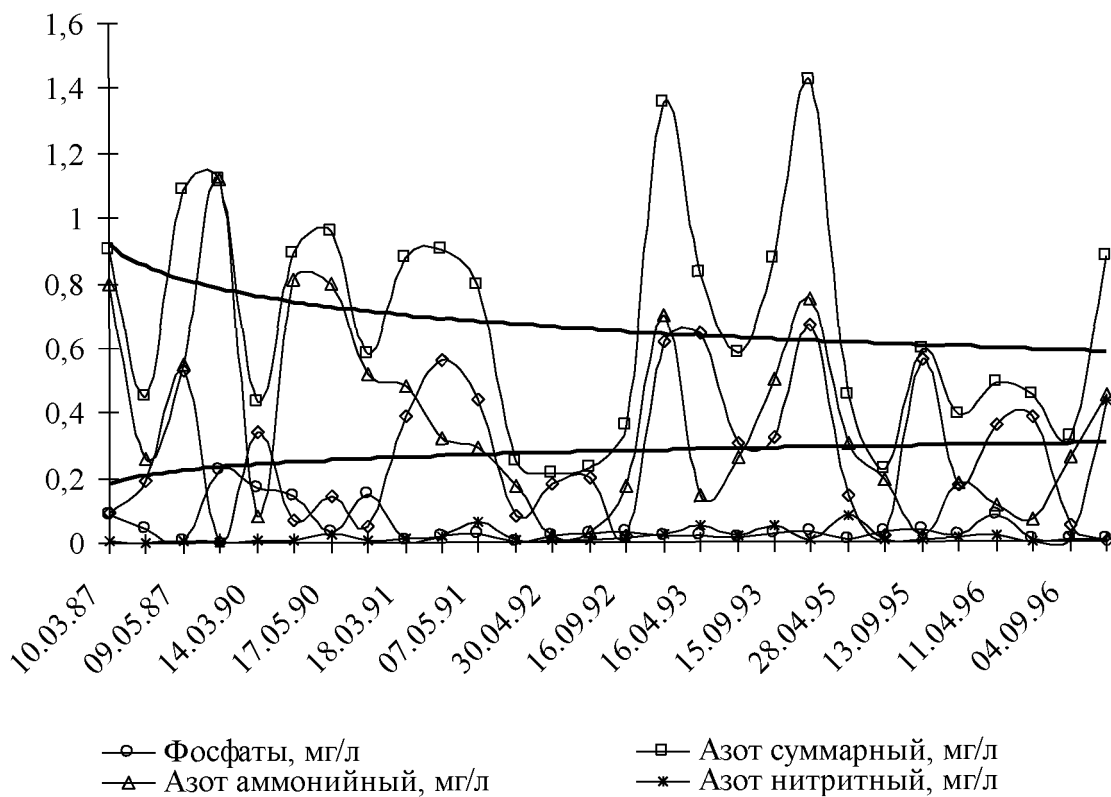


Рис. 31. Многолетняя динамика и тренд содержания биогенных веществ в воде оз. Червоное

Одновременно с развивающимся процессом эвтрофирования оз. Червоное в последние 15 лет отмечается интенсивное загрязнение озера тяжелыми металлами (медь, цинк), нефтепродуктами, пестицидами. Источниками поступления загрязняющих веществ являются сбросные воды сельскохозяйственных полей и торфоучастка ТБЗ. Постоянно имеют место случаи превышения ПДК по содержанию нефтепродуктов (в 1978 г. – более чем в 40 раз). Периодически отмечается значительное превышение ПДК по меди (в отдельные месяцы 1981–1982 гг. до 20 раз). В последние годы содержание меди в воде ниже, но по-прежнему превышает величину ПДК для рыбопроизводства. Содержание фенолов низкое, но зарегистрированы случаи максимальной концентрации превышения ПДК более чем в 1000 раз (1982–1984 гг.).

В летний период прозрачность воды уменьшается до 0,3 м вследствие интенсивного «цветения» сине-зеленых водорослей, зафиксированная биомасса которых в течение последних 40 лет достигала 220–230 г/м³ (одна из наиболее высоких величин в Беларуси).

Повышенная минерализация вод и содержание взвешенных частиц, поступающих с торфоучастка ТБЗ «Житковичский», способствуют повышению минерализации воды, содержания общего фосфора, минерального азота; в летний период регистрируется дефицит кислорода. Зона влияния охватывает 30 % акватории озера.

Исходя из основных показателей: содержание общего фосфора в воде озера до 0,5 мг/л, максимальная биомасса фитопланктона до 80 г/м³, соотношение биомассы фито- и зоопланктона 90:1, прозрачность воды летом менее 0,5 м – экосистема оз. Червоное подверглась антропогенному эвтрофированию сильной степени.

Анализ данных многолетних гидробиологических наблюдений выявил, что антропогенное влияние вызвало огромные изменения в составе и продуктивности водной фауны и флоры.

До проведения мелиорации оз. Червоное являлось богатейшим рыбохозяйственным водоемом европейской части СССР. В озере обитало 16 видов рыб и ежегодно изымаемая рыбопродукция составляла 60–80 кг/га [40].

В 50-х гг. вселены серебряный карась, карп. Усиление зимних заморозов в середине 60-х гг. привело к выпадению из ихтиофауны таких оксифильных видов, как лещ, красноперка, верховка, налим и др. К 1966 г. вследствие гибели донной фауны почти полностью исчезли бентофаги – линь, золотой карась, ерш, карп; происходило дальнейшее обеднение видового состава; преобладала популяция мелкого серебряного карася. По данным Белрыбвод, с 1966 по 1975 гг. изымаемая рыбопродукция была

низкой и составляла в среднем около 10 кг/га. В последующие годы условия жизни рыб несколько улучшились, возросла рыбопродуктивность, разнообразнее стала ихтиофауна. В 1990 г. рыбопродуктивность была 21,6 кг/га, в результате сильных зимних заморов в 1994–1996 гг. ихтиофауна практически полностью погибла и в настоящее время обловы не производятся.

В развитии фитопланктона за последние 30 лет отмечена тенденция увеличения в два раза числа видов: мелкоклеточных протококковых, криптомонад, эвгленовых. В сообществе зоопланктона отмечено снижение его летней численности и биомассы за последние 30 лет, развитие мелких форм зоопланктеров, что свидетельствует об ухудшении среды обитания организмов. Донная фауна характеризуется мощным потенциалом к восстановлению после губительных зимних «заморов» и в настоящее время слагается типичными обитателями эвтрофных озер, характеризуется высокой биомассой бентоса.

Вследствие техногенного преобразования водоема (повышение минерализации воды, дополнительный приток питательных веществ, уменьшение средней глубины) сформировались благоприятные условия для развития высшей водной растительности. По типу зарастания Червоное является гидрофитным водоемом. Видовой состав бедный, степень зарастания озера 37,3 %.

Сравнительный анализ литературных источников топографических карт прошлых лет издания и данных комплексного обследования озер Полесья и Центральной Беларуси, проведенного НИЛ озераведения БГУ за период с начала 60-х гг. по 2000 г., свидетельствует о том, что практически все водоемы в различной степени подверглись воздействию широкомасштабной осушительной гидромелиорации, проведенной в пределах их водосборных площадей.

Наиболее распространенными вариантами включения озер в гидромелиоративную сеть служат: использование озер в качестве водоприемника вод осушительной сети; перераспределение стока водотоков, впадающих в озеро, и отвод мелиоративных вод в гидросеть сопредельных водосборов; использование озер при создании польдеров и водохранилищ [16].

Гидромелиорация водосборов и приозерных территорий прямо или косвенно затрагивает все гидрологические характеристики озер: изменение морфометрии (сокращение площади озер и объема водной массы, изменение береговой линии и образование террас в результате снижения уровня воды); изменение гидрологических характеристик (сокращение площади и структуры водосбора, уменьшение скорости водообмена, из-

менение структуры водного баланса и его составляющих по сезонам, изменение амплитуды и годовой динамики уровня озер); изменение состава приточных вод (растворенных и взвешенных химических веществ).

В числе обследованных озер площадь водосбора озера Олтушское уменьшилась в 40 раз, Ореховское – в 17, Семиховичское – в 9, Дворищанское – в 1,4, а в озерах Дикое и Луково он исключен полностью.

Изменение структуры водного баланса за счет резкого (до 50 %) снижения объема притока с водосбора при практически неизменных объемах осадков и потерь на испарение привело к резкому снижению (в 10 раз) оттока из озер и увеличению сработки объема озера, что привело к понижению уровня озер.

По сравнению с домелиоративным периодом отмечено катастрофическое понижение уровня озер: Страдечно – до 0,5 м, Дикого – 1,5 м, Селяхи – 0,4 м, Ореховское и Олтушское – до 0,3 м и т. д.

Ведущим фактором формирования качества воды озер служит химический состав приточных вод. Дренажные воды, поступающие в озера с мелиорированных земель, отличаются более высокой минерализацией. Для озер Вульковское, Песчаное, Рогознянское, Дворищанское зарегистрирован приток вод по мелиоративным канавам с минерализацией, порой превышающей 300–400 мг/л. Грунтовые воды характеризуются повышенным содержанием основных ионов, биогенных и органических веществ. Цветность приточных вод достигает 100–150 градусов, перманганатная окисляемость 28 мгО/л. В ионном составе воды высокую концентрацию имеют сульфаты (в среднем 20 мг/л), хлориды (до 40 мг/л), общий фосфор (около 0,5 мг/л). В результате во всех озерах минерализация увеличилась на 80–100 мг/л, в озере Дворищанское – в 3 раза. Для отдельных озер отмечено изменение структуры ионного состава в сторону преобладания концентрации хлоридов над сульфатами. Величина БПК₅, характеризующая содержание органического вещества, в озерах Мотольское, Споровское достигла 6–8 мгО₂/л. Содержание железа общего увеличилось в 3–10 раз (озера Дикое, Окунино, Олтушское, Ореховское, Погост и др).

В целом проведение широкомасштабной мелиорации водосборов и приозерных территорий озер Полесья имело негативное влияние на гидрологию озер и привело к ухудшению гидроэкологического режима водоемов. В настоящее время слабая материально-техническая база сельскохозяйственных предприятий, недостаточная обеспеченность людскими ресурсами не позволяют интенсивно использовать мелиорированные земли, в результате чего важнейшие технологические процессы земледелия не выполняются в оптимальные сроки, особенно на удаленных от хо-

зяйственных центрах участка. Отсутствие в эксплуатационных службах специальной гидрометеорологической службы приводит к отсутствию наблюдений за уровнями грунтовых вод, увлажнением почвы, что необходимо для оптимального управления водным режимом осушенных территорий.

3.3. Воздействие сельскохозяйственного производства на озера

Сельскохозяйственное производство на современном уровне развития является наиболее распространенным источником поступления в озера биогенных (эвтрофирующих) и загрязняющих веществ. Интенсификация сельскохозяйственного производства, расширение пахотных площадей и внесение минеральных удобрений, рост поголовья скота во второй половине XX века привели к усилению выноса химических и биогенных веществ с водосбора в озеро; к бурному развитию процесса антропогенного эвтрофирования и загрязнения вод озер. Пик интенсивности сельскохозяйственного воздействия приходится на 1980–1990 гг. Последние десятилетия отмечены спадом производства и снижением показателей (рис. 32).



Рис. 32. Динамика посевных площадей, поголовья скота и поставки минеральных удобрений в сельском хозяйстве Беларуси

Стоки с объектов сельскохозяйственного производства – поверхностный и грунтовый стоки с территории сельскохозяйственных угодий, коллекторные и дренажные воды орошаемых земель, сточные воды животноводческих комплексов и ферм – наиболее распространены в районах интенсивного земледелия и животноводства. Состав вымываемых минеральных солей зависит от характера почвогрунтов, степени освоенности территории, вида вносимых удобрений и средств борьбы с сорняками и вредителями урожая, состояния дренажных сетей и других условий. Количество выносимых солей колеблется в больших пределах: от 1 до 200 т/га. Сооружение крупных животноводческих комплексов вызвало глобальное загрязнение водных объектов их сточными водами, в составе которых преобладают соединения элементов азота и фосфора. В связи с широким применением удобрений часть их выносятся вместе со сбросными и дренажными водами в водоемы и водотоки, загрязняя их, а выносимые соединения азота и фосфора служат причиной антропогенного эвтрофирования вод. Вынос и загрязнение водных экосистем пестицидами определяются устойчивостью препаратов в природной среде; некоторые устойчивые пестициды (ДДТ, хлордан, гексахлорциклогексан и др.) могут сохраняться в природе до 15 лет.

Наиболее мощный фактор формирования качества поверхностных вод агроландшафта создает *промышленное животноводство*. Строительство и эксплуатация крупных животноводческих комплексов создали экологические проблемы, важнейшая из которых – утилизация отходов и защита вод от загрязнения. По силе воздействия на окружающую среду действие промышленного животноводства сопоставимо с крупными городами. Исследование сточных вод в зонах действующих свинокомплексов показало, что в них создается специфический гидрохимический режим, при котором значительно возрастает по отношению к природному фону общая концентрация солей азота (преимущественно в аммонийной форме) и фосфора. В сточных водах и озерах-водоприемниках их концентрация может превышать ПДК в десятки и сотни раз. Особую угрозу для объектов гидросети представляют специализированные мелиоративные системы для отвода сточных вод животноводческих комплексов, загрязняющие воды и донные осадки озер. Поступление стоков животноводческого комплекса в оз. Мено по р. Крошенка в последнее двадцатилетие привело к накоплению в водной массе и донных отложениях химических элементов, органического вещества и биогенных элементов. Гидрохимические исследования оз. Мено (1990–1994 гг.) показывают, что реакция среды в воде озера изменяется при смене сезонов от 7,43 до 9,59, средняя многолетняя концентрация фосфора составила 0,78 мг/л

(ПДК – 0,2 мг/л), а максимальная достигала 2,4 и 3,9 мг/л; значительно увеличилась общая минерализация воды и содержание щелочных металлов (K – до 35, Na – до 24 мг/л).

В донных осадках поверхностного слоя оз. Мено отмечено резкое увеличение содержания элементов OВ, Fe, P, K, S, Cu, Mn, Ti, Zn, Co, V, Zn и Pb по отношению к нижележащим слоям. Максимальные концентрации отмечены в донных осадках верхнего 3-сантиметрового слоя для содержания OВ (54 %), Fe (3,8 %), Cu (160 мг/кг), Mn (1147 мг/кг), Co (17 мг/кг) и P (0,79 %). Наблюдается повышение концентрации фосфора, представленного минеральными фосфатами с 55 до 80 % P_2O_5 [47].

Поступление химических и биогенных веществ из рассеянных источников – пахотных земель, территории огородов и личных подворий – происходит с поверхностным и грунтовым стоком в растворенном и взвешенном виде и зависит от площади сельскохозяйственных угодий, гидрологических условий водосбора, поголовья домашних животных, развития процессов водной эрозии почв и т. д. На основании литературных данных по коэффициентам выноса веществ, данных статистической отчетности о структуре сельскохозяйственных угодий, нормах внесения удобрений, поголовье животных, обеспеченности почв биогенными веществами можно оценить вынос веществ в озера из рассеянных источников с поверхностным и грунтовым стоками водосбора. Принимая величины: средняя норма внесения на 1 га д. в. азота – 70 кг и д. в. фосфора 35 кг; в 1 т почвы пахотного слоя содержится 31,2 г минерального фосфора и 35 г азота; годовой вынос вносимых удобрений 3,8–10 % соединения азота и 0,1–2 % соединений фосфора; объем взвешенных наносов исходя из средней величины мутности водотоков за многолетний период, можно сделать расчет поступления веществ для разнотипных озер (табл. 51).

Из таблицы видно, что основное количество питательных веществ поступает с растворенным стоком с поверхностными водами, величины которого превышают значения взвешенного стока на порядок. Ведущая роль в балансе биогенов принадлежит соединениям азота. Объем поступления в озера основного эвтрофирующего элемента фосфора значительно выше для водоемов с высокой степенью распаханности водосборной территории.

Изменение озер под влиянием *рыбохозяйственной деятельности* сказывается в первую очередь на изменении видового состава и продуктивности ихтиофауны, изменении водного баланса озера в связи с забором воды для заполнения рыбоводных прудов (Червоное, Луково, Погост), изменении биогенной нагрузки на водоем от рыбоводных садков,

Таблица 51

Вынос минерального азота и фосфора в озера с территории сельскохозяйственных угодий с твердым стоком и в растворенном виде

Озеро	Площадь водосбора, км ²	Площадь сельхозугодий, га	Вещество	Суммарный вынос с твердым стоком, кг	Суммарный вынос с поверхностным стоком, кг
Ореховское	16,75	2600	азот	1,42	9100
			фосфор	1,60	910
Великое	40,1	46,7	азот	6,1	486
			фосфор	5,5	51,8
Кагальное	–	72,0	азот	9,4	749,0
			фосфор	8,4	79,9
Лепельское	1329	1204	азот	158	12529
			фосфор	141	1336,2
Званое	–	13,5	азот	1,8	141,0
			фосфор	1,6	15,0
Освейское	259,0	2080,6	азот	270,4	21638
			фосфор	244,4	2308,6
Жеринское	45,2	187,5	азот	24,4	1950
			фосфор	22,0	208,1
Лукомское	216	667,9	азот	86,8	6996
			фосфор	78,5	741,4
Сенно	85	194,3	азот	25,3	2021
			фосфор	22,8	215,6

расположенных в озерах или каналах отвода теплых вод ГРЭС (озеро Белое Березовского района, озеро Лукомское).

Использование озер в качестве водоисточников для заполнения и создания необходимого водообмена рыбоводных прудов имеет негативные последствия для гидрологических показателей озера. В случае нерегламентированного изъятия воды в объеме, превышающем или приближающемся к объему стока, происходит снижение уровня воды, скорости водообмена, обсыхание литорали, ухудшение кислородного режима озер и т. д.

Степень воздействия на экосистему озер может охарактеризовать величина соотношения изымаемой воды к объему воды озера. По величине соотношения озера можно разделить на водоемы с высокой (50–100 % и более), средней (10–50 %) и низкой (менее 10 %) степенью использования. В зависимости от объема водопотребления за период 1990–2002 гг. к первой группе относятся озера Белое (Житковичский р-н), Белое (Белозерский р-н), ко второй – озеро Червоное, к третьей – Навлицкое, Богинское, Лукомское.

Качество воды, сбрасываемой после ее использования в рыболовном цикле, не влияет на качество вод озер, если оно не служит водоприемником (Червоное, Белое (Житковичский р-н), Богинское, Навлицкое). Вместе с тем сильное влияние оказывает ил садковых комплексов (Белое (Белозерский р-н), Лукомское) при использовании оборотной системы водоснабжения.

Наиболее катастрофические последствия влияния садковых комплексов отмечены для озера Белое – водоема-охладителя Березовской ГРЭС. Крупное садковое хозяйство на сбросных каналах ГРЭС функционирует с 1978 г., максимальная мощность комплекса в 90-е гг. достигала 1000 т товарной рыбы в год. Для выращивания рыбы расходовалось около 4 тыс. т комбикормов в год. Исследования показали, что основу органического вещества и биогенных элементов, влияющих на экосистему озера, составляют остатки не утилизируемого корма и продукты жизнедеятельности рыб (более 50 % расходуемых комбикормов). Органическое вещество, накапливаясь в более глубоких местах озера в районе выхода сбросных каналов, служит основой для формирования слоя активного ила отложений озера «антропогенного» происхождения мощностью 5–15 см. В процессе диагенеза, в анаэробных условиях происходят процессы деструкции и геохимического превращения осадков. Содержание органического вещества антропогенного происхождения в верхнем слое осадков в озере оценивалось в 26 тыс. т.

Расчет биогенной нагрузки по состоянию на время обследования показал, что на долю садкового комплекса приходилось 97,6 % потока фосфора из внешних источников. Ежедневное поступление соединений фосфора в озеро с комбикормами садкового комплекса составляло 20490 кг, или 3,96 г/м. Внутренняя фосфорная нагрузка (из донных отложений) составляла 1,8 г/м² в год. Реальная фосфорная нагрузка на озеро составляет 5,76 г/м² в год. Принимая величину критической фосфорной нагрузки 0,04 г/м² и предельно допустимой 0,08 г/м², можно увидеть, что реальная превышала значение допустимой в 72 раза, внутренняя – в 22 раза, а внешнее поступление более чем в 50 раз превышает величину допустимой и более чем в 100 раз – критической нагрузки.

Результатом экстремальной величины биогенной нагрузки для озер Беларуси явилось бурное развитие гидробионтов и накопление в экосистеме органического вещества. Биомасса фитопланктона озера Белое увеличилась за последние 30 лет с 2,8 до 86,8 г/м³ в основном за счет сине-зеленых водорослей.

3.4. Последствия влияния селитебных территорий и рекреационного использования

Хозяйственно-бытовые сточные воды образуются из бытовых сточных вод, сточных вод коммунальных предприятий и дождевых (ливневых) вод, стекающих с заселенной территории городов и населенных пунктов. Основными источниками загрязнения поверхностного стока селитебных территорий являются пыль и аэрозоли, промышленные выбросы и частицы несгоревшего топлива, продукты разрушения дорожных покрытий и эрозии почвы, строительный мусор, растительный опад и др.; кроме того, талым стоком смываются песок и соли, применяющиеся для борьбы со льдом на проезжих частях улиц. По опытным данным ЦНИИКИВР, концентрация взвешенных веществ на участках различных типов городской территории изменяется от 600–700 мг/л для хорошо благоустроенной, регулярно убираемой до 2000 мг/л для территории малоэтажной застройки и 2000–4000 мг/л промышленных объектов. Сточные воды отличаются высоким содержанием соединений фосфора, азота, значениями химического и биологического потребления кислорода. Особую опасность для озер – водоприемников стоков застроенных территорий представляет загрязнение органическими соединениями и нефтепродуктами. Наибольшему воздействию загрязнения сточными водами подвергаются озера, расположенные в пределах населенных пунктов: Лепельское (г. Лепель), Миорское (г. Миоры), Великое, Кагальное (г. Глубокое), Сенно (г. Сенно). Сведения по содержанию загрязняющих и биогенных веществ весьма ограничены. В публикациях эти характеристики наиболее полно рассматриваются в работах [132, 187] (табл. 52).

Таблица 52

Качественная характеристика городского поверхностного стока [132]

Показатели	Средняя концентрация загрязняющих веществ в воде, мг/л		
	дождевых	талых	мосчных
рН	7,75	8,15	7,75
Взвешенные вещества	1230	1645	700
ХПК нефильтрованной воды	470	562	400
ХПК фильтрованной воды	40,5	–	–
БПК ₅	26	150	–
БПК полн.	62	220	–
Эфирорастворимые вещества	63	–	100
Азот аммонийный	2	14	5,2
Азот общий	4,9	34	–
Нитраты	0,08	–	0,6
Нитриты	0,08	0,36	0,3
Фосфор общий	1,08	–	0,1

Используя данные публикаций, можно принять, что за год с 1 га городских территорий выносится 9,5 кг общего азота, 3,2 кг минерального азота и 1,9 кг минерального фосфора. Средние концентрации фосфора и азота в сточных водах составляют соответственно 1,8 и 5,2 мг/л. Исходя из расчета площади территорий и годового объема стока с урбанизированных территорий можно оценить поступление веществ в озера и дать сравнительную оценку их доли (табл. 53).

Промышленные предприятия направляют в ливневую сеть поверхностный сток с промышленных предприятий, строительных площадок, а также так называемые «условно чистые воды» (сбросы с бытовых, коммунальных и промышленных объектов). Основным показателем загрязнения сточных вод ливневой канализации являются взвешенные вещества, которые поступают в водоемы и при разложении выделяют азот и фосфор.

Хозяйственно-бытовые сточные воды хотя и имеют разные концентрации растворенных веществ, но состав их более или менее сходен. Объем сточных вод зависит от количества жителей и степени благоустройства населенного пункта. Общий объем хозяйственно-бытовых сточных вод городов примерно в 10 раз меньше объема промышленных сточных вод, но они представляют не меньшую опасность для экосистем, чем промышленные, так как со сточными водами в водные объекты поступает большое количество биогенных веществ, макрокомпонентов, органических веществ, накапливающихся в водной массе и донных отложениях озер. Практически повсеместно хозяйственно-бытовые стоки городов смешиваются со стоками ливневой канализации, с которыми в водные объекты поступают нефтепродукты, тяжелые металлы, взвешенные вещества и др.

Изменение состава вод вызывает снижение ее качества в сторону возрастания содержания органических веществ, ухудшения физико-химических свойств, увеличения содержания загрязняющих веществ в результате антропогенного эвтрофирования. Наиболее сильные изменения химического состава и загрязнения вод и отмечены в озерах Лепельское, Сенно, Россоно. В озере Великое (г. Глубокое) общая минерализация за последние 30 лет выросла на 37–65 % (с 365 мг/л до 500,8 мг/л), в озере Лепельское с 240 мг/л до 397 мг/л, в озере Сено с 276 мг/л до 370 мг/л в основном за счет увеличения ионов натрия, хлора и сульфатов при незначительном возрастании в воде гидрокарбонатов, кальция и соединений азота (рис. 33, 34).

По данным Гидрометеослужбы, в воде озер, расположенных в пределах крупных населенных пунктов, в период наибольшего развития

Таблица 53

Сравнительная оценка внешней биогенной нагрузки из различных источников на некоторые озера (т)

Источники загрязнения	Беликое		Кагальное		Лепельское		Званое		Освейское		Лукомское		Сенно	
	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N
Урбанизи- рованные территории	0,205	0,591	0,508	1,467	1,646	4,755	–	–	0,135	0,39	–	–	0,176	0,507
Пашня и огороды	0,057	0,432	0,087	0,758	1,477	12,69	0,017	0,143	2,553	21,91	0,82	7,033	0,238	2,046
Личный скот	0,205	0,418	0,047	0,11	2,149	44,56	0,026	0,051	0,004	0,008	0,001	0,001	0,001	0,001
Атмосферны е осадки	0,036	0,495	0,006	0,085	4,072	5,599	0,014	0,192	2,108	28,98	1,5	20,74	0,126	1,732
Внешний водосбор	0,323	2,156	0,199	1,327	6,255	41,68	0,028	0,083	0,526	3,501	0,917	6,111	0,426	2,84
Суммарная внешняя нагрузка	0,826	4,092	0,847	3,747	16,83	115,8	0,085	0,469	5,326	54,79	3,238	33,88	0,97	7,126
То же в г/м ²	0,92	4,55	5,46	24,2	1,66	11,4	0,24	1,34	0,101	1,04	0,086	0,9	0,308	2,26

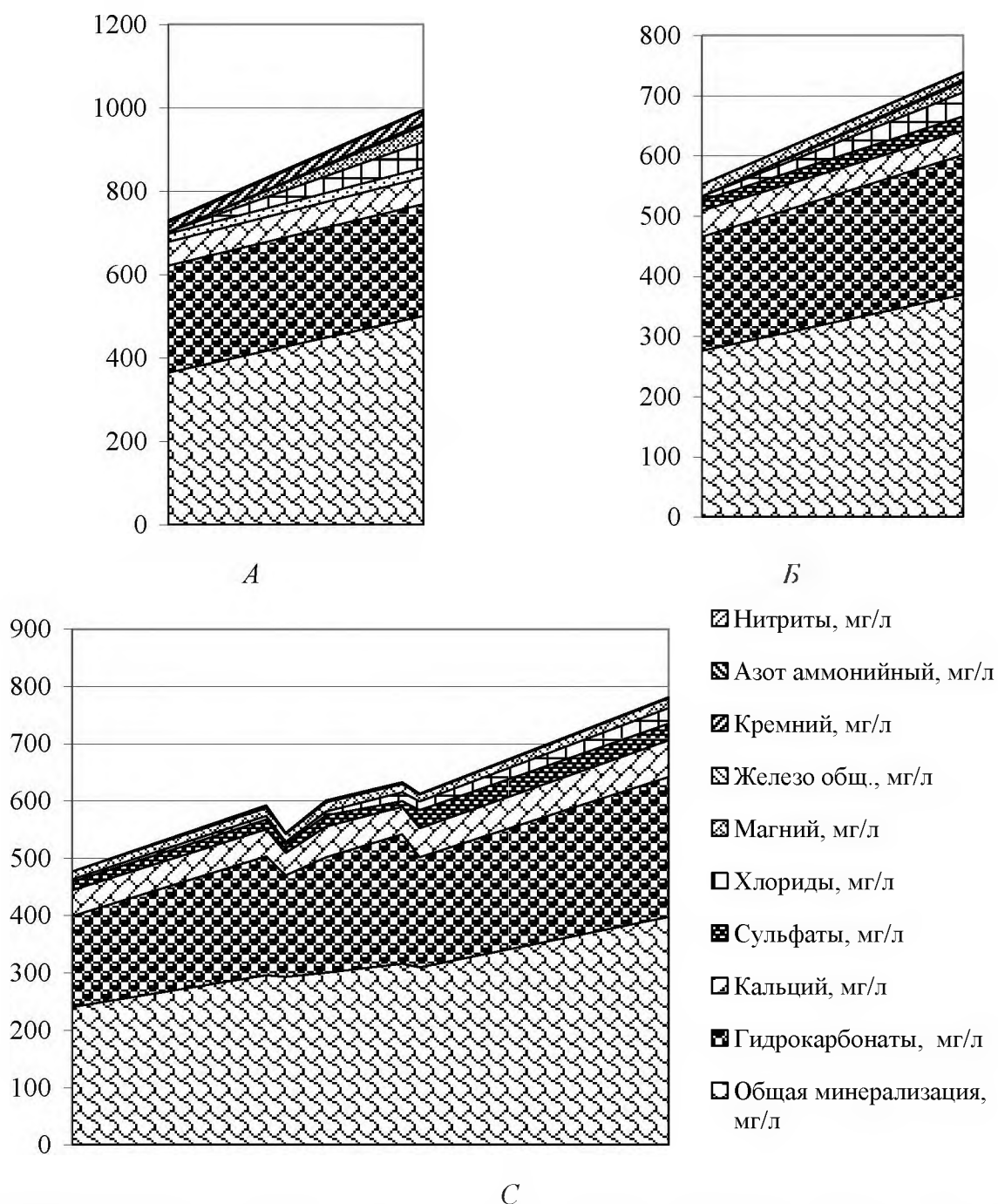


Рис. 33. Изменение концентрации основных компонентов минерализации в воде озер Великое (А), Сенно (Б), Лепельское (С) с 1973 по 2003 гг.

производства (1970–1995 гг.) и антропогенного воздействия регистрировались случаи загрязнения азотом аммонийным (11–12 ПДК, озеро Сенно), азотом нитритным (3,5 ПДК, озеро Лепельское), нефтепродуктами (13–20 ПДК, озера Нарочь, Сенно), фенолами (6 ПДК, озеро Миорское), органическим веществом по БПК₅ (2,3 ПДК, озера Нещердо, Сенно, Сви-

тязь), соединениями меди (26 ПДК, озера Нещердо, Лукомское, Свитязь), цинка (2,6 ПДК, озеро Лепельское).

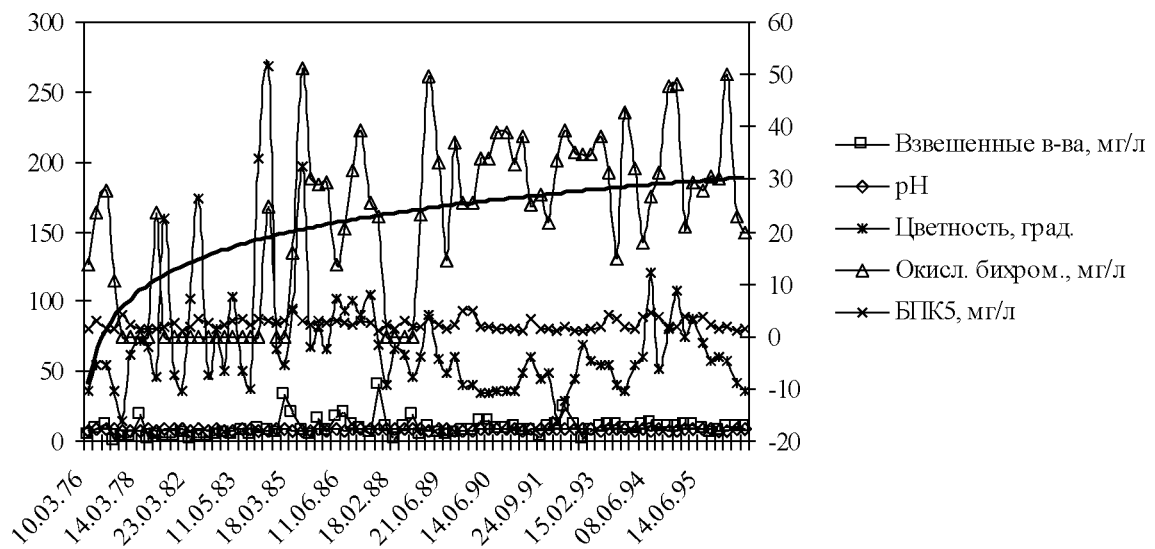


Рис. 34. Многолетние изменения показателей органического вещества в воде оз. Лепельское

Влияние рекреационной деятельности на экосистемы озер разнопланово. Для отдыха неорганизованных туристов и для строительства объектов постоянной рекреации (санатории, турбазы, профилактории, пионерские лагеря) выбираются, как правило, озера с чистой, прозрачной водой и с хорошими для подъезда берегами. Зоны отдыха располагаются в живописных местах на берегах озер, являются местами массового скопления отдыхающих и туристов, что неизбежно ведет к нарушению почвенного и растительного покрова, засорению территории. Влияние рекреации на озера проявляется в нескольких аспектах: дополнительном поступлении загрязняющих и биогенных элементов, перепланировке прибрежной полосы при благоустройстве пляжной зоны и организации территории, в вырубке и вытаптывании древесной, прибрежной и околоводной растительности, загрязнении территории мусором, а также в механическом уничтожении и повреждении прибрежных зарослей макрофитов (вытаптывание во время купания, вырывание красиво цветущих растений).

Воздействие рекреации проявляется в изменении природных комплексов приозерий и прибрежной полосы, изменении физико-химических свойств водной массы, реже – изменении в составе фауны и флоры озер. В результате использования водоемов в качестве зоны отдыха происходит возрастание биогенной нагрузки. Питательные вещества

поступают с плоскостным смывом и в процессе купания отдыхающих. Наибольшую нагрузку испытывают водоемы, имеющие стационарные рекреационные центры (озера Нарочанской и Браславской группы, Свитязь, Белое (Брестский р-н), Должа и др.).

Катастрофический вред наносит сброс коммунальных вод без очистки. С бытовыми сточными водами, либо в результате плоскостного смыва с побережья в водоемы попадают загрязняющие и эвтрофирующие вещества. Высокая рекреационная нагрузка и уничтожение растительности снижают защитную барьерную функцию макрофитов на пути проникновения эвтрофирующих веществ и приводят к ухудшению качества воды озер.

Воздействие рекреации исследовали на примере разнотипных озер Беларуси – Свитязь, Нарочь, Люхово, Белое (Лунинецкий р-н), расположенных в различных природных и экономически развитых регионах республики.

Озеро Свитязь располагается вблизи крупных промышленных центров и в пределах оптимальной транспортной доступности (1–2 часа) от городов Барановичи и Новогрудок. Недостаточный рекреационный потенциал территории, в особенности для кратковременного отдыха, формирует актуальность использования озера Свитязь и его береговой части для активного отдыха населения, сопоставимого по интенсивности с крупнейшими рекреационными центрами республики. Акватория озера и узкая полоска берега подвергаются особенно интенсивной рекреационной нагрузке. На берегу озера находится пансионат «Свитязь» (численность отдыхающих около 150 человек за смену, обслуживающего персонала примерно 80 человек). На расстоянии 0,9–2 км расположены два детских оздоровительных лагеря, которые принимают за одну смену 225 человек, использующих озеро и пляжи для отдыха и купания. Численность неорганизованных рекреантов городов Барановичи и Новогрудок по учетным данным в выходные дни около 200 человек, в наиболее жаркие дни летнего сезона в отдельные годы достигала 2000 человек.

Наиболее подверженными антропогенному воздействию являются северный, северо-восточный, южный и юго-западный участки побережья, для которых характерны: вытаптывание и выжигание травяного покрова, деградация берегового вала на отдельных участках берега, загрязнение прибрежной полосы мусором и бытовыми отходами, нерегламентированная вырубка древесно-кустарниковой растительности туристами, движение автотранспорта вне дорог и устройство автостоянок в неустановленных местах и т. д.

Основными источниками поступления биогенных веществ в оз. Свитязь являются: рекреанты, территория пляжей и пансионата, необорудованные пешеходные тропы вдоль озера с нарушенным травяным покровом, атмосферные осадки. Источником поступления загрязняющих веществ (органических соединений, нефтепродуктов, тяжелых металлов) служат участок асфальтированной дороги вдоль берега озера и автостоянка, территория хозяйственного двора пансионата и участки асфальтированных дорожек, атмосферные осадки.

Для оценки антропогенного воздействия и степени трансформации водоема использован метод расчета поступления питательных (соединений азота и фосфора) и загрязняющих веществ в озеро, величины литературных данных и натуральных наблюдений НИЛ озероведения [157, 186, 147, 57, 139].

При расчете принято: поступление в озеро от отдыхающих на пляже – 10–15 г азота и 2–5 г фосфора в сутки; поступление от одного купающегося – 7,5 г фосфора, 70 г азота в сутки, средний многолетний вынос общего фосфора с площади лесных и малоосвоенных почв – 8 мг/м² (при нарушении почвенного и травяного покрова величина выноса до 15 и даже 20 мг/м²); продолжительность купально-пляжного сезона – 90 сут; количество отдыхающих на пляжах (при благоприятной для купания температуре воды в выходные дни – около 800, в рабочие дни – 400, максимальное – 2000 человек); количество отдыхающих – 27–60 тыс. чел. (в среднем 42 тыс. чел. за сезон).

Суммарное поступление азота и фосфора с водосбора в средний по водности год составило 1,75 т азота и 0,19 т фосфора (табл. 54).

Таблица 54

Суммарное поступление азота и фосфора с водосбора оз. Свитязь

Источники поступления	Среднее количество биогенных веществ			
	азот		фосфор	
	кг	%	кг	%
Поверхностный сток	0,68	>0,1	22,8	12,0
Отдыхающие на пляже	525	29,8	147	77,6
Атмосферные осадки	1232	70,1	19,4	10,4
Всего	1757,7	100	189,2	100

Современная биогенная и химическая нагрузка на озеро Свитязь формируется за счет атмосферных осадков и поступлений с рекреационной территории, на долю которых приходится 77,6 % суммарного поступления фосфора и 70,1 % азота. Таким образом, критическая фосфорная нагрузка на озеро Свитязь составляет 0,02 г/м², допустимая нагрузка составляет 0,04 г/м², реальная нагрузка составляет 0,11 г/м². Как видно,

фосфорная нагрузка, рассчитанная по данным натурных наблюдений и концентраций веществ в воде (реальная нагрузка), превышает критическую в 5,5 раз и расчетную допустимую – в 2,8 раза.

Сравнительный анализ гидрохимических и гидробиологических данных за 30-летний период показал: снижение летней прозрачности с 7 до 4 метров, увеличение содержания основного эвтрофирующего элемента фосфора до 0,05 мг/л и увеличение органического вещества в воде. Содержание в воде меди (в 2–6 раз), цинка (в 1,2 раза), марганца (в 1,5 раза) превышает в отдельные годы предельно допустимые концентрации в воде [124]. Санитарно-бактериологический анализ образцов воды и песка в разгар пляжного сезона показал, что вода озера не содержит сальмонелл, содержание колифагов не превышает установленной нормы, но содержание лактозоположительных кишечных палочек (ЛКП) превышает нормы в 4,8 раза [124]. Пробы песка не содержат патогенной кокковой флоры, но не соответствуют по показателю коли-титр [125]. Содержание *E coli* в пробах песка на пляжах вдоль северного и западного берегов в 100 раз превышает максимально допустимые значения.

Для сравнения можно привести величины нагрузки на самый крупный рекреационный центр Беларуси – *озеро Нарочь* – в период наиболее интенсивного его рекреационного использования (1979 г.). В расчетах принималось: количество отдыхающих в летний период (в благоустроенных рекреационных учреждениях – 11 тыс. чел., неорганизованных туристов – 21 тыс. чел.); средняя продолжительность купально-пляжного сезона – 100 дней.

Годовое поступление от неорганизованных туристов составляет 65 кг фосфора и 210 кг азота, от организованных отдыхающих поступает 770 кг азота и 82 кг фосфора.

Общее годовое поступление от рекреационной деятельности – около 1 т азота и 0,15 т фосфора (табл. 55).

Таблица 55

Суммарное поступление азота и фосфора с водосбора оз. Нарочь [148]

Источники поступления	Среднее количество биогенных веществ			
	азот		фосфор	
	кг	%	кг	%
Поверхностный приток	15040	21,0	1950	51,3
Отдыхающие на пляже	960	2,0	150	3,7
Атмосферные осадки	54200	77,0	1700	45,0
Всего	70200	100	3800	100

Доля рекреационной нагрузки в общем бюджете биогенных веществ составляет 2,0 % по азоту и 3,7 % по фосфору. Реальная фосфорная

нагрузка на озеро составляет $0,048 \text{ г/м}^2$, критическая – $0,045 \text{ г/м}^2$, соотношение реальной и критической – 1,1.

Озеро Белое Лунинецкого района служит местом отдыха жителей г. Лунинца. На берегах располагались детские лагеря отдыха. Общее количество отдыхающих в летнее время достигало 1000 чел. Поступление фосфора с отдыхающими составляет 54,4 % от общего запаса в озере и превышает 6,9 кг в год (табл. 56).

Таблица 56

**Годовая фосфорная нагрузка на озера
с интенсивным рекреационным использованием**

Рекреация		Атмосферные осадки		Поверхностный сток		Всего		Суммарная нагрузка
кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	г/м ²
Белое, Лунинецкий р-н								
6,96	54,4	4,6	39,3	0,15	1,3	11,71	100	0,05
Люхово, Полоцкий р-н								
10,6	35,5	17,2	57,3	2,13	7,1	30,0	99,7	0,07
Свитязь, Новогрудский р-н								
147	77,6	19,4	10,4	22,8	12,0	189,2	100	0,11
Нарочь, Мядельский р-н								
150	3,7	1700	45,0	1950	51,3	3800	100	0,048

Озеро Люхово служит зоной отдыха трудящихся г. Новополоцка. Наибольшая концентрации отдыхающих – на двух прилегающих к урезу воды небольших неблагоустроенных участках в южном плесе и благоустроенная зона отдыха в северо-восточной части озера. Территория в соответствии с требованиями ГОСТа [32] разбита на функциональные зоны: пляжная, спортивная (водно-лыжная база), обслуживания (прокат, буфет и т. д.), кабины для переодевания, теневые навесы; контейнеры для мусора.

Вместе с тем зона отдыха расположена с подветренной стороны промышленного комплекса, находится в зоне преобладающих направлений ветра (45 %) и максимального загрязнения атмосферными осадками. Наибольшая рекреационная нагрузка (80–90 % рекреантов) приходится на благоустроенную зону и по данным учета в середине лета составляет в рабочие дни 700 ± 100 , в выходные – 2100 ± 200 человек. Расчет фосфорной нагрузки на озеро показал, что рекреационное использование территории является одним из основных источников поступления соединений фосфора в водоем (с купающимися, плоскостной смыв с территории пляжа). Доля рекреационной нагрузки по отношению к другим источникам составляет 35,3 % от общей нагрузки по фосфору.

3.5. Изменение озер под влиянием промышленного производства

Промышленные сточные воды имеют очень разнообразный химический состав, зависящий от характера производства. Наибольшее количество сточных вод образуется в нефтеперерабатывающей, металлургической, химической и целлюлозно-бумажной отраслях промышленности. В составе промышленных сточных вод помимо взвешенных веществ присутствуют различные по химическому составу вещества: органические (кислоты, спирты, фенолы, пестициды, СПАВ, нефтепродукты и др.), остроядовитые (цианиды, мышьяк, соли меди, цинка, ртути и др.), остропахнущие, минеральные соединения (соли, кислоты, щелочи), радиоактивные элементы и пр. Особенно сильно загрязняют водные объекты нефть и нефтепродукты, которые губительно действуют на растительность и животный мир водоемов и водотоков. Тяжелые фракции, составляющие 30–40 % нефти, опускаются на дно и на поверхности донных отложений образуют устойчивый к окислению слой, вследствие чего гибнут обитающие на дне и в донных отложениях живые организмы, являющиеся кормом для рыб, птиц и т. д.

Сточные воды льнокомбинатов (Плисский, Лепельский, Миорский, Браславский, Поставский, Шумилинский, Ушачский) образуются при обработке льна – приготовлении мочильной жидкости, промывке и искусственном увлажнении тресты. В настоящее время на комбинатах используется оборотная система водоснабжения с последовательным использованием мочильной жидкости. Основными загрязняющими веществами служат продукты биохимического разрушения органических веществ стеблей льняной соломы. Сточные воды цехов приготовления тресты, котельных, хозяйственно-бытовых объектов льнозаводов канализованы, и перед сбросом в водоем вода подвергается механической, физико-химической, биохимической очистке.

Состав и концентрация загрязняющих веществ сточных вод заводов перерабатывающей отрасли (Лепельский и Миорский молочные заводы, Браславский овощесушильный завод) зависят от особенностей технологического процесса производства и ассортимента выпускаемой продукции. Сточные воды содержат большое количество органических загрязнений – белки, жиры, углеводы, а также загрязнения от мытья тары, оборудования и полов. Наиболее опасными для водоемов являются сточные воды, сбрасываемые при производстве белковых продуктов (сыра, творога и казеина), концентрация загрязнений в которых в пять раз и более превышает загрязнение бытовых сточных вод. Приток биогенных ве-

ществ стимулирует развитие биологических процессов, вызывая антропогенное эвтрофирование озер. Поступление минеральных соединений и загрязняющих веществ приводит к их накоплению в водной массе озер и донных отложениях. Сезонное и многолетнее распределение гидрохимических показателей становится нестабильным, с большим диапазоном изменения (рис. 35).

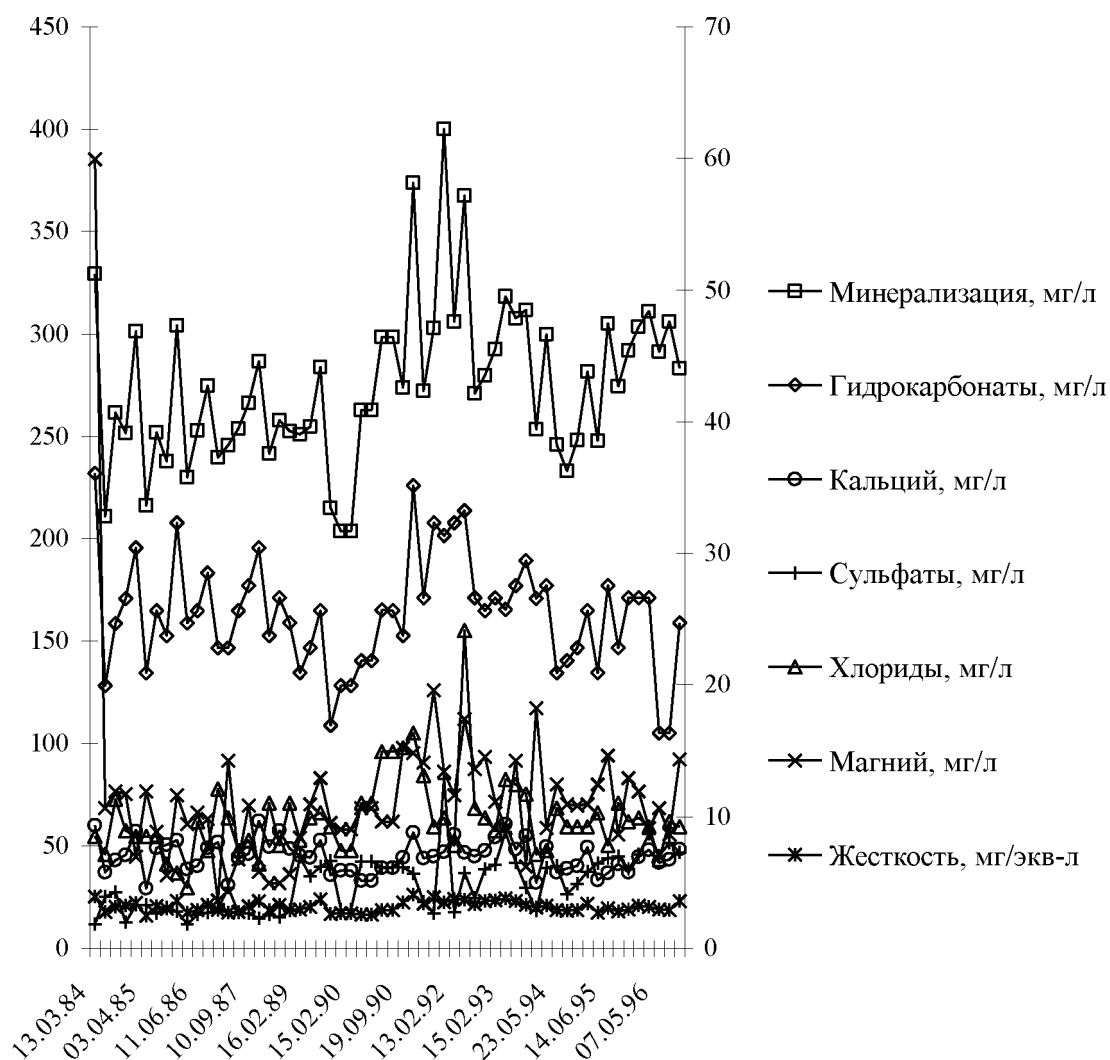


Рис. 35. Многолетняя динамика основных компонентов минерализации в воде оз. Лепельское

Наиболее сильное воздействие промышленных стоков на физико-химические свойства воды зарегистрировано в озерах Лепельское, Миорское, Сенно, Новято, озерах в пределах города Поставы и др.

Пылегазовые выбросы промышленно-городских агломераций – один из наиболее распространенных источников воздействия. Атмосферные

осадки являются источником поступления загрязняющих веществ в водоемы, расположенные в зоне интенсивного атмосферного загрязнения пылегазовыми выбросами промышленных предприятий крупных городов республики: Могилева, Гродно, Новополоцка, Минска, Гомеля, Орши, Жлобина и др.

Предприятия промышленной зоны выбрасывают в атмосферу более 25 видов химических веществ различной токсичности. Наряду с глобальным (трансграничный перенос воздушных масс) региональное (локальное) загрязнение атмосферы в виде твердых и жидких осадков существенно влияет на формирование химического состава поверхностных вод. Поступление примесей из атмосферы происходит в основном двумя путями: в результате взаимодействия примесей с подстилающей поверхностью (сухое осаждение) и вымыванием их атмосферными осадками [131]. Поведение химических элементов в атмосфере исключительно сложно и обуславливается разнообразием термодинамических и физико-химических условий, формирующихся под воздействием техногенных факторов, а также спектром ингредиентов и их совокупным воздействием. Максимальное загрязнение большинством химических элементов, в том числе и тяжелыми металлами, распространяется в радиусе 2 км от источника загрязнения. Загрязнение в 2–3 раза выше для направлений, совпадающих с преобладающими ветрами, по сравнению с другими направлениями [131, 133].

В основу классификации веществ, выбрасываемых предприятиями, положены показатели, характеризующие различную степень опасности для человека в зависимости от токсичности, кумулятивности, способности вызывать отдельные эффекты, лимитирующие показатели вредности [124]. Выделяются 4 класса опасности: 1-й класс – чрезвычайно опасные; 2-й класс – высокоопасные; 3-й класс – опасные; 4-й класс – умеренно опасные. Около 31 % веществ, выбрасываемых в атмосферу в районах нефтеперерабатывающей и химической промышленности, относятся ко 2-му классу, 42 % – к 3-му и 27 % – к 4-му классу. В атмосферу поступают также другие соединения, неклассифицированные в нормативных документах. К ним относятся кислоты H_2SO_4 , HCl , HNO_3 , оксид азота, углерода, серы, углеводороды. В промышленно развитых районах регистрируются «кислотные» дожди с pH менее 6,5 как результат загрязнения атмосферы оксидами серы и азота, которые в результате физико-химических процессов трансформируются в кислоты. Наиболее опасными в зоне загрязнения являются туманы, представляющие собой аэрозольную смесь водяного пара и химических веществ, кислотность которых может быть менее 2,5.

Тяжелые металлы входят в критическую группу веществ – индикаторов стресса окружающей среды, увеличение концентрации которых в воде, почве, воздухе и биоте является прямым показателем опасности для животных и человека [103]. Несмотря на высокую скорость их рассеивания в биосфере, максимальные их количества сосредотачиваются непосредственно в промышленных зонах и, как указывалось выше, в радиусе до 10 км от них в направлениях преобладающих ветров. Основными источниками поступления металлов в воздушную среду промышленного комплекса являются теплоэнергетика, сжигание нефти и бензина, химическая промышленность и др.

Влияние промышленного техногенеза на водоемы прослежено на примере озера Люхово. Промышленная нагрузка на его водосбор связана с загрязнением газообразными, жидкими и твердыми выбросами предприятий промышленной зоны г. Новополюцка. Высокой степени загрязнения способствует расположение водоема с подветренной стороны по отношению к источникам выбросов, а также природные факторы: малая буферность воды озера и пород водосбора, низкая проточность, слабый водообмен и стратифицированность водной массы. Локальное загрязнение в виде твердых и жидких осадков на зеркало озера и его водосбор существенно влияет на формирование химического состава водной массы и продукционно-деструкционных процессов. Антропогенная нагрузка включает широкий спектр химических веществ с разным уровнем токсичности: органические соединения, тяжелые металлы, оксиды серы, азота и углерода, биогенные фосфор и азот. В центре сосредоточения химических предприятий г. Новополюцка из 30 органических соединений, выбрасываемых в атмосферу, около 30 %, согласно государственному стандарту, регламентируются как высокоопасные, а 42 % относятся к классу опасных [124].

В жидкой фракции атмосферных осадков зафиксированы превышения для Ni, Cd, Cu и Mn, которые составили 20, 2, 4 и 5 ПДК соответственно. Суммарное содержание Zn в атмосферных осадках достигает 21,5 мг/м³ и соответствует уровню загрязнения атмосферы крупных промышленных центров.

В районе исследований фиксируются кислотные дожди с pH менее 6,5. Величина водородного показателя составляет 5,55–6,97. Сумма основных ионов колеблется в пределах 18,5–46,6 мг/л. Кислотный характер осадков определяется аномальным соотношением сумм катионов и анионов в пределах 1:2, а также относительно высоким содержанием сульфат-иона. Данные выполненных натуральных наблюдений хорошо согласуются с опубликованными материалами [47].

За период 1977–1989 гг. в озере в результате закисления и понижения буферности вод снизилась величина водородного показателя на 0,3–0,9 рН. Произошли изменения в химическом составе вод: увеличилась сумма основных ионов на 10–15 мг/л, снизилось относительное содержание бикарбонатов, кальция, магния на 5, 4 и 6 % соответственно, возросла концентрация натрия на 10 %, что выше содержания магния в два раза; увеличились абсолютная и относительная величины сульфатов примерно в два раза.

Содержание в водной массе составляет: для Ni 1,4–3,7, Cu 1,2–3,0, Cd 0,3–1,0, Zn 3,0–14,8 и Mn 1,0–6,2 мкг/л. Предельно допустимые концентрации в водах рыбохозяйственного назначения: для никеля и марганца – 10, меди – 1, кадмия – 1. Концентрация их в воде озера превышает ПДК или на грани норматива. Антропогенное загрязнение водной массы озера началось с начала 60-х гг. со строительством нефтеперерабатывающего завода, химкомбината и усилилось с вводом комплекса химических предприятий города. В озере создались своеобразные химические условия седиментогенеза, и изменения среды зафиксированы в поверхностном слое отложений мощностью до 1 см (при расчетной скорости седиментации 0,25 мм/год). Геохимические следствия техногенеза проявляются в накоплении в придонных осадках органического вещества, S, P, Fe и тяжелых металлов. В осадках фиксируется техногенное сульфидообразование – процесс, активизирующийся в результате увеличения седиментации слаборазложившегося органического вещества и сульфатов, подкисления и бескислородного состояния придонной зоны. Данные показывают, что при средней концентрации серы в разрезе голоценовых отложений 0,36 % в придонном слое содержание ее составило 0,5 %, в пелагиальных осадках глубоководной впадины озера содержание S достигает 1,23 %.

Влияние локального промышленного загрязнения озер и отражение его в донных отложениях исследовалось на примерах разнотипных озер и водохранилищ Витебской и Минской областей. Оценка загрязнения проводилась по коэффициентам концентрации тяжелых металлов в поверхностных слоях донных отложений по сравнению с фоновыми значениями [122, 123, 84, 47]. В поверхностных донных отложениях озер, находящихся в зоне влияния выбросов Лукомльской ГРЭС, отмечено высокое содержание V и Ni, которое в 1,7–2,0 раза превышает фоновые значения для донных осадков в данном педогеохимическом районе, что свидетельствует о их антропогенном загрязнении [84].

Причиной загрязнения озер служат пылегазовые выбросы ГРЭС с высоким содержанием ванадия (13 кг/т) и никеля (6 кг/т), образующиеся

при сгорании топочного мазута (марки М-100 и М-40), на котором в основном работала станция до перевода на газовое топливо.

В озере Бецкое, расположенном в зоне влияния промышленных предприятий и бывшего аэропорта г. Полоцка, техногенное загрязнение проявилось в высоком содержании свинца в верхних слоях осадков, которое в 8 раз выше по сравнению с нижележащими.

Влияние *тепловых электростанций* в настоящее время является основным по силе техногенным воздействием на озера. Определяющими причинами трансформации экосистем водоемов – охладителей тепловых электростанций служат изменения гидрологического режима, естественного термического режима, так называемое «тепловое загрязнение», и поступление химических веществ со сбросными водами и атмосферными эмиссиями.

В качестве водоемов – охладителей тепловых электростанций используются озера Большое Ореховское (Белорусская ГРЭС мощностью 35 тыс. кВт), Белое (Березовская ГРЭС мощностью 950 тыс. кВт), Лукомское (Лукомльская ГРЭС мощностью 2500 тыс. кВт).

До строительства ГРЭС характеристики гидрологического цикла водоемов были типичными для умеренной климатической зоны. Озера отличались слабой проточностью, годовая амплитуда колебаний уровней составляла 0,4–0,5 м, максимальная – до 0,9 м. Весенний переход температуры воды через 4 °С – в апреле, в безледный период водные массы перемешивались до дна, температура воды равномерно распределялась по глубине, термическая стратификация отмечалась в области максимальных глубин. Среднемесячные температуры летом 19,0–21,1 °С (Белое), 18,1–19,6 °С (Лукомское). Наибольшая температура воды на поверхности была равна 32,2 и 26,6 °С соответственно. Озера покрывались льдом в конце ноября – декабре, наибольшая толщина льда – 51 см (Белое), 88 см (Лукомское), продолжительность ледостава составляла 113–130 сут. Для использования озер в системах охлаждения ГРЭС сток искусственно зарегулирован; уровень воды в озере Белом был поднят на 0,3 м, в Лукомском – на 1,5 м.

Для охлаждения конденсаторов турбин ТЭС используется обратная система охлаждения – забор воды для охлаждения происходит по каналам, после использования возвращается в озеро. Расход воды в системах охлаждения составляет от 20–40 м³/с (Белое) до 70 м³/с (Лукомское). Таким образом, внутренний водообмен между системами охлаждения ТЭС и водными массами озер происходит в течение 5–12 сут (Белое), 40–90 сут (Лукомское). Температура забираемой из озера воды составляет 4–26 °С (Белое) и 2–22 °С (Лукомское), сбрасываемая вода имеет темпера-

туру 11–33 °С и 10–29 °С соответственно. Наибольшая температура воды зафиксирована вблизи сброса: 38,3 °С (Белое) и 29,9 °С (Лукомское).

Нагретая охлаждающая вода, в больших объемах попадая в водоем, вызывает нарушение естественной плотностной и ветровой циркуляции вод и температурного режима. Интенсивность прогрева воды неодинакова по акватории водоемов и уменьшается при удалении от сбросных сооружений. Подогретые воды ТЭС вследствие своей меньшей плотности движутся в верхних слоях водоема, распределяясь по акватории под действием ветра. Слой смешения подогретых и озерных вод составляет 1 м (Белое) и 1,5–2 м (Лукомское). На акватории выделяются зоны постоянного относительно естественной температуры подогрева воды на 1–8 °С. Зона поверхностных вод с температурой, повышенной на 1 °С, в озере Белое занимает 84 %, в озере Лукомское – 9 % акватории. Влияние подогрева на 7–8 °С отмечается на 0,1–0,4 % от общей площади водоемов. Соответственно придонных слоев, подогреваемых на 1 °С, – 24 % (Белое) и 6 % (Лукомское) [36, 97].

Ледостав с полыньями у сбросных каналов в оз. Белом формируется только в суровые зимы на 60 %, на оз. Лукомском на 80–90 % акватории. Толщина льда на оз. Белом не превышает 10 см, продолжительность ледостава 2–3 декады, на оз. Лукомском толщина льда уменьшилась на 15–20 см, период ледостава сократился более чем на 20 сут. [41].

Как выяснено, основными факторами воздействия на гидрологический режим озер, используемых в качестве водоемов-охладителей ТЭС, являются: зарегулирование стока, поднятие уровня, подпитка, смежное расположение водосборных и водоподводящих сооружений, динамическая и термическая нагрузки. В водоемах-охладителях повышаются динамическая активность водных масс и напряженность термического режима, происходят существенные изменения в сроках гидрологических сезонов, формировании ледового покрова, но в целом термическая структура водоемов сохраняет черты умеренного типа [35].

Изменение гидрологии и термического режима привело к экологическим изменениям и в первую очередь к изменению качества вод, видового состава живых организмов и биопродуктивности. Нарушения температурного режима изменили закономерности циркуляции, стратификации и распределения в воде растворенных газов. Гидрохимические и гидробиологические исследования последних лет выявили заметные изменения в режиме озера. В оз. Лукомское отмечена стабильность основных показателей минерализации, в течение года водная масса озер отличается высокой степенью кислородного насыщения. В радиусе около 300 м от сбросов формируется зона высокого кислородного насыщения.

Летом в поверхностном слое воды оз. Лукомское отмечается недонасыщение кислородом и небольшое (2–3 мг/л) содержание CO_2 . Величина прозрачности в оз. Лукомское с 2–2,8 м в 1965 г. повысилась до 3–3,6 м в 1974–1975 гг., величина водородного показателя рН в последнее время сохраняется на прежнем среднегодовом уровне [153].

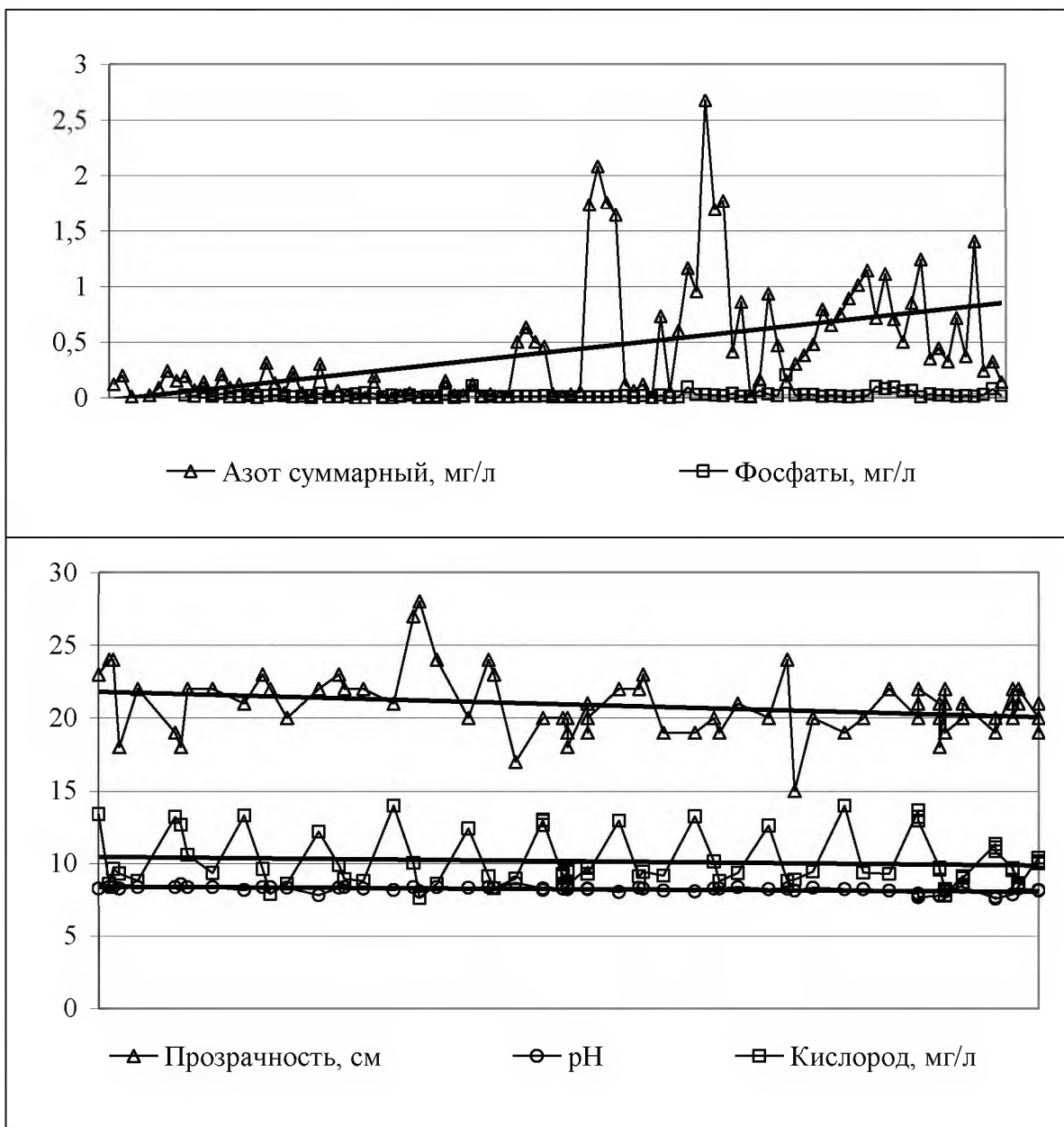
Изменение основных макрокомпонентов водной массы отличается значительным сезонным и многолетним колебанием величин и имеет устойчивую многолетнюю тенденцию к увеличению (рис. 36).

Изучение гидрохимического режима оз. Белое, выполненное в различные годы НИЛ озераведения БГУ (1971–1992 гг.) и предприятием инженерной гидроэкологии «Экоспектр» (1992–1996 гг.), позволило оценить и условно разграничить факторы совокупного антропогенного влияния на озеро. Определяющее воздействие на гидрохимический режим озера оказывают сброс подогретых вод и садковый комплекс на каналах сброса теплых вод. Разделить значение факторов затруднительно, но условно можно отнести изменения температуры, химического состава вод к воздействию ТЭС, а изменения потока биогенных и органических веществ можно считать результатом влияния садкового комплекса.

Сравнительный анализ гидрохимических данных разных лет наблюдений свидетельствует о катастрофическом изменении гидрохимических показателей. При удовлетворительном годовом цикле содержания растворенного кислорода отмечены случаи перенасыщения в летнее время (137–280 %) в результате бурного развития фитопланктона. С 1955 по 1992 г. (до спада производства) величина минерализации воды возросла в 6,2 раза (с 95 мг/л до 560–590 мг/л), содержание гидрокарбонатов увеличилось в 5,4 раза (с 64 мг/л до 337–347 мг/л), ионов кальция – соответственно с 17,7 мг/л до 105–121 мг/л, сульфатов – с 3,4 мг/л до 30–45 мг/л, хлоридов – с 3,6 мг/л до 41–47 мг/л. Величина прозрачности воды снизилась с 2,0 м в 1954 г. до 0,4 м (1973, 1985 гг.) и 0,2 м в 1992 г.

В воде и донных отложениях озер происходит накопление тяжелых металлов и микроэлементов. Источниками поступления служат коррозия латунных трубок систем охлаждения ГРЭС и выбросы в атмосферу продуктов сгорания топлива. Высокая миграционная способность приводит к накоплению элементов в живых организмах, которые при больших концентрациях становятся токсичны. В осадках озера Белое по сравнению со средним содержанием микроэлементов в остатках такого типа отмечены превышения содержания меди (в 7 раз), ванадия (в 2 раза), хрома (в 1,6 раза), никеля (в 1,9 раза), свинца (в 2,2 раза), молибдена (в 4,5 раза).

Влияние тепловых электростанций на состав гидробионтов и гидро-биологический режим водоемов разнопланово. Прямые факторы воздействия – изменение условий среды обитания (температура, химический состав вод, загрязнение вод токсичными элементами) и механическое воздействие (гибель и травмирование организмов) в результате механических и гидравлических ударов при прохождении агрегатов станций вместе с охлаждающей водой. Косвенные факторы – снижение прозрачности под влиянием фосфорной нагрузки, неустойчивый уровеньный режим, вселение фитофагных видов рыб, массовое развитие фильтратора моллюска дрейссены и др.



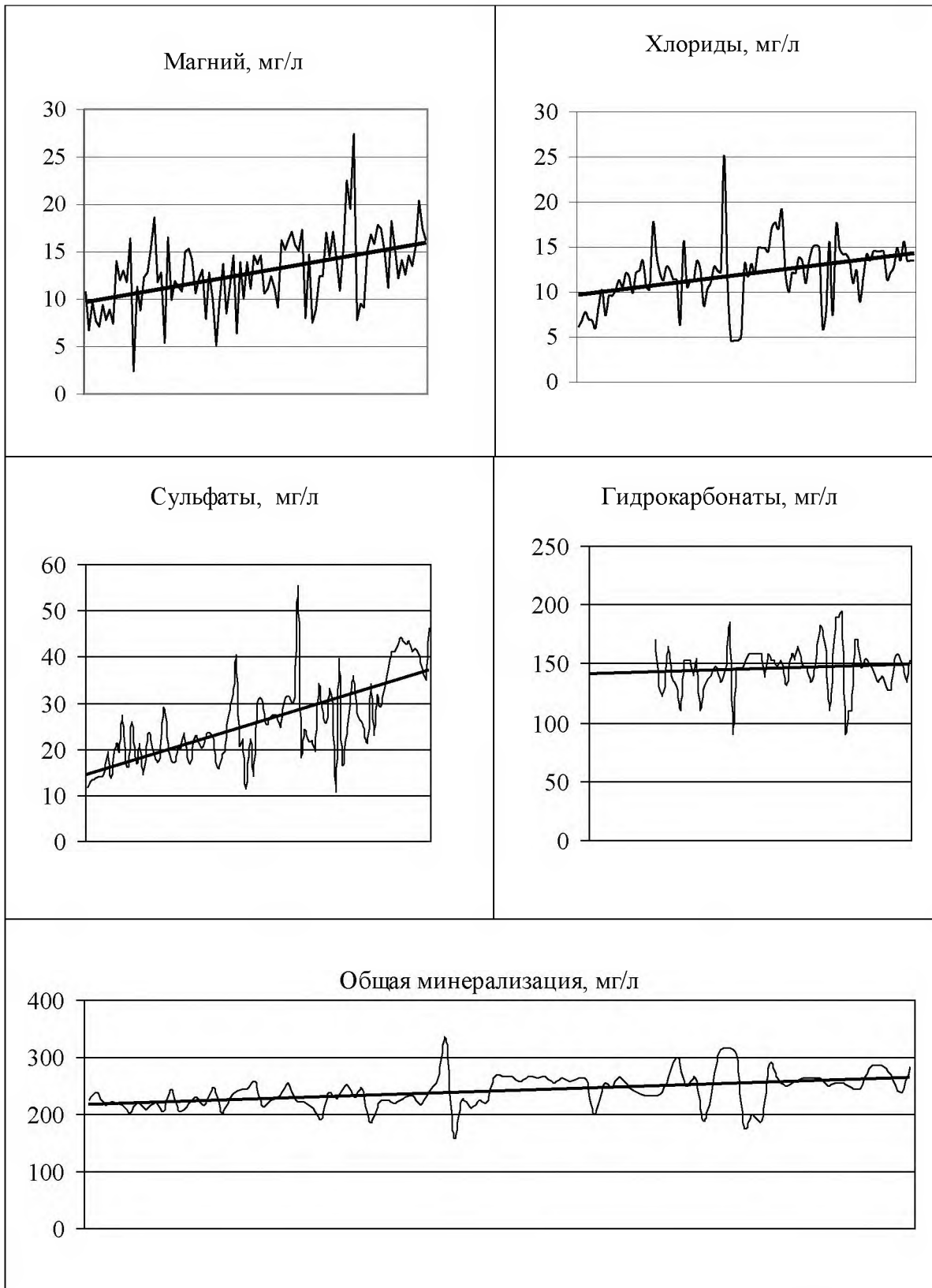


Рис. 36. Динамика изменения и линии тренда макрокомпонентов водной массы оз. Лукомское за период 1976–1996 гг.

На оз. Белом наблюдениями отмечена значительная гибель зоопланктона при прохождении через конденсаторы ТЭС. Общая численность зоопланктона у входа в конденсаторы ТЭС составляла 171 тыс. экз./м³, у сброса – 63 тыс. экз./м³; по осредненным данным численность коловраток уменьшается в 4 раза, ветвистоусых – в 3,5, а веслоногих ракообразных – 2,6 раза. При этом общая биомасса снижалась на 40 %. Потери общей численности и биомассы зоопланктона оз. Лукомское в течение вегетационного сезона составляют от 30 до 54 %. Более высокая гибель зоопланктона отмечена в середине июля, наименьшая – в мае [100].

Причинами изменения других групп гидробионтов в водоемах-охладителях исследователи называют косвенные факторы: интенсивное развитие фитопланктона (высокая биогенная нагрузка), исчезновение водной растительности (дноуглубительные работы и резкое снижение прозрачности), изменение структуры видового состава, снижение численности и биомассы зообентоса (исчезновение растительности, ухудшение кислородных условий).

3.6. Трансформация озер под влиянием изъятия ресурсов

Ведущая отрасль, использующая ресурсы озер, *рыболовство*, оказывает влияние на изменение видового состава и продуктивность ихтиофауны. По данным Белрыбвода, до 50-х гг. прошлого века ядро ихтиофауны озер Беларуси формировали аборигенные виды рыб: щука, плотва, язь, линь, сазан (каarp), карась золотой, густера, лещ, окунь и ерш; ихтиофауна включала около 60 видов рыб, в их числе более 45 видов аборигенной ихтиофауны, 14 видов завезены из других географических областей для акклиматизации и рыборазведения.

Из числа рыб-аборигенов около половины видов представляют определенную промысловую ценность, такие виды, как окунь, плотва, густера и другие, относятся к промысловым из-за своей многочисленности. Ценные же виды имеют, как правило, небольшой удельный вес в уловах, а во многих водоемах наблюдается сокращение численности язя, голавля, жереха, судака, сома. В большинстве крупных озер водились и служили объектом промысла раки.

Начиная с 60-х гг. развернулись работы по зарыблению озер серебряным карасем, который акклиматизировался в озерах и занял прочное место в промысловых уловах [8]. Интенсивный облов крупных высокопродуктивных озер повсеместно приводил к перевылову и подрыву рыбных запасов. Стерлядь, форель ручьевая, хариус, сырть (рыбец), усач в результате нерегулируемого промысла и антропогенного воздей-

ствия на озера стали редкими и занесены в Красную книгу Республики Беларусь.

Снижение промысловых уловов стимулировало работы по подбору, вселению и акклиматизации новых видов рыб. Реализация программы БелНПО рыбного хозяйства по зарыблению озер, развитию систем по воспроизводству рыбы и садковых комплексов и бассейновому выращиванию товарной рыбы привела к изменению видового состава ихтиофауны и появлению в видовом составе озер новых видов рыб, в том числе карпа, пеляди, буфало, канального сомика, белого амура, белого и пестрого толстолобика и др.

Вылов рыбы из естественных водоемов республики имеет тенденцию к уменьшению. Так, с 1946 по 1951 г. увеличение уловов происходило за счет интенсификации рыболовства. После 1951 г. уловы стабилизировались, а затем наблюдалось постепенное их снижение, причем особенно значительно уменьшились уловы из озер.

В последние десятилетия XX века уловы рыбы из внутренних водоемов еще более сократились в связи со значительным снижением интенсивности промысла. Вылов рыбы из озер учитывает промысловая статистика, но она не отражает действительную картину, так как большое количество рыбы вылавливается рыболовами-любителями и браконьерами (по некоторым оценкам, оно превышает промысловые уловы в 1,5–2 раза).

В составе уловов до конца 50-х гг. преобладали малоценные виды рыб. С начала 60-х г. соотношение изменилось в сторону увеличения количества ценных видов рыб в результате систематического зарыбления озер карпом, сазаном, судаком, угрем, пелядью, серебряным карасем и другими видами рыб (до 40–45 %). Основу уловов (до 80 %) ценных видов рыб составляют лещ и щука; другие ценные виды вылавливаются в незначительном количестве (рис. 37).

В течение последних десятилетий в структуре ихтиофауны водоемов наметились тенденции снижения численности и сокращения ареалов ценных видов рыб, исчезновения отдельных популяций под влиянием антропогенных факторов [92].

Добыча сапронелей. Проблемы, связанные с добычей сапронелевых ресурсов, объединены в две группы. Первая затрагивает круг вопросов, связанных с изменением лимносистем под влиянием добычи; вторая – решение природоохранных вопросов (разработка экологически безопасных технологий, которые можно использовать как способ восстановления заиленных и загрязненных водоемов).

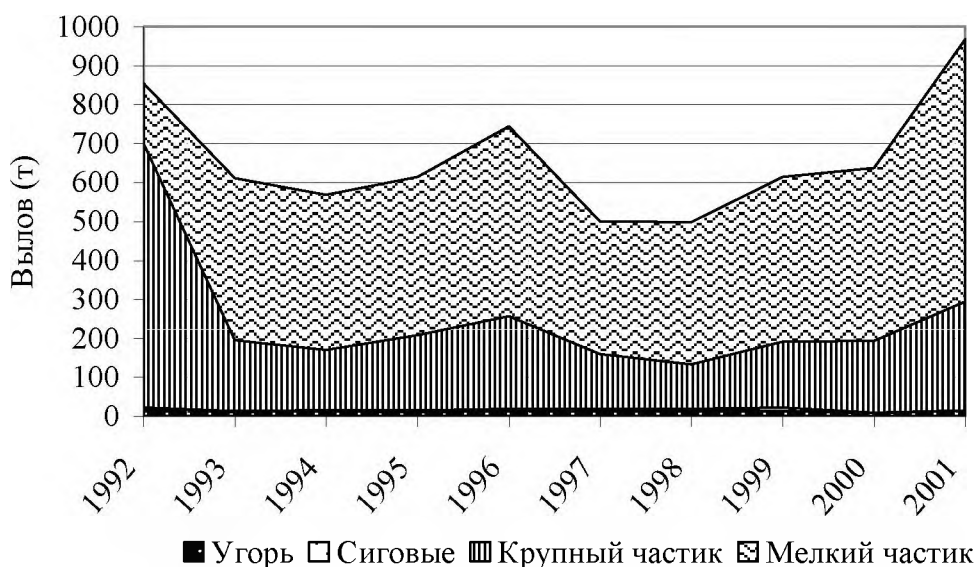


Рис. 37. Динамика вылова рыбы из озер на территории Республики Беларусь по годам (т)

Изъятие озерных отложений, являющихся важнейшим звеном экосистемы, вызывает резкие, а при большом объеме добычи необратимые изменения гидрологического режима (водного баланса, проточности), морфометрии и морфологии котловины (площади зеркала, глубины водоема, объема водной массы, строения дна), гидрохимического режима (стратификации, содержания макрокомпонентов и биогенных веществ, концентрации загрязняющих веществ), видового состава и продукции гидробионтов. Степень и интенсивность трансформации экосистем зависят от целей, объема, скорости и способа добычи сапропеля. Практический опыт добычи органоминерального сырья для сельскохозяйственных и бальнеологических целей из озер, получивший широкое распространение в Беларуси, позволил проследить основные закономерности и реакцию звеньев лимносистем на изъятие осадков. Многолетние натурные наблюдения и большой объем полученных данных позволяют создать логическую модель и определить основные закономерности трансформации озерных экосистем в процессе добычи сапропеля. Объектами добычи сапропеля служили водоемы, утратившие высокий природный потенциал в результате длительной эволюции (заиленные, заросшие озера), а также озера, подверженные интенсивному антропогенному воздействию (неглубокие гипертрофные или загрязненные водоемы).

Наиболее широко используемым способом добычи сапропелей являлся гидромеханизированный (озера Червоное, Вечера, Бецкое, Найда, Мотольское, Судoble) и экскаваторно-грейферный (озера Мено, Сергее-

вичское), реже шнековый. Наиболее интенсивно добыча ведется в озерах Мотольское и Вечер, в которых добыто около 32 и 70 % сапропелей соответственно. Технологические особенности каждого способа порой оказывают решающее значение на развитие биологических процессов в водоеме.

Очистка котловины озера от отложений наряду с достижением положительного результата может иметь отрицательный эффект. Негативные явления отмечаются в период производства работ и особенно заметны при нарушении технологии добычи, несоблюдении требований по охране недр и водных ресурсов.

Морфометрические характеристики (размер, форма и строение котловины) являются одними из основных экологических факторов, формирующих экосистему озера. Первое, что вытекает из разработки озерной залежи сапропеля, это изменение морфометрии и морфологии. В процессе производства работ происходит увеличение объема водной массы, глубины озера; в случае уничтожения сплавины – увеличение площади зеркала и формирование прибрежного мелководья (литорали), а также переустройство побережья. В отдельных случаях (оз. Береже, Бецкое) наблюдается неравномерность выработки толщи осадков. При гидромеханизированном способе в одном случае происходит сильное расчленение дна, которое приобретает сложный характер с чередованием переуглубленных желобов (до 6–7 м) и поднятий, с перепадом глубин до 3 м. В других случаях, при равномерной выборке, строение дна приобретает ложбинообразную форму (оз. Мотольское, Найда) (рис. 38).

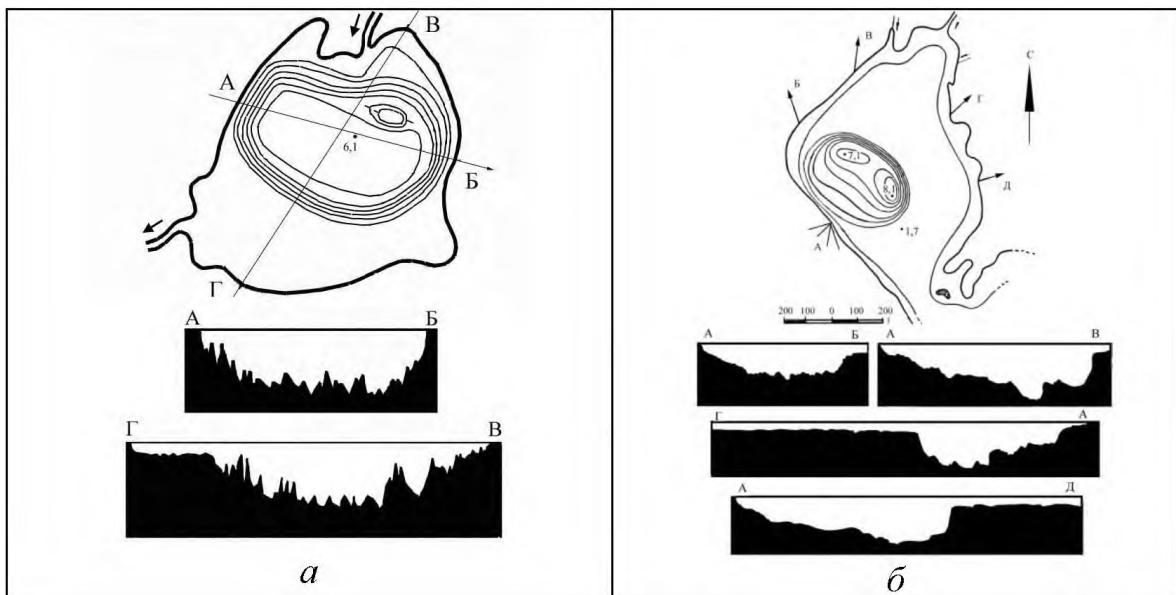


Рис. 38. Картограммы глубин и профили дна по данным эхолотирования участков добычи сапропелей на оз. Найда (а) и Мотольское (б)

В результате экскаваторно-грейферного способа добычи образуются углубления и воронки, которые в мелководных озерах заполняются переотложенными осадками в течение одного сезона. Пелоген и неконсолидированный верхний слой органических осадков после прекращения добычи переотлагаются со склонов выработки в глубокие участки ложа, способствуя освобождению ранее заиленной литорали и сублиторали. Осадки плотной консистенции могут образовывать подводные склоны крутизной 50–70°.

В озере Мотольское добыча велась гидромеханизированным способом в юго-западной части озера в течение 3 лет при запланированном сроке 5–6 лет (16 лет для всего озера). Использовался земснаряд серийного производства ЗГМ-1-350 А с электросиловой установкой. Производительность по пульпе 1450 м³/ч. За сезон разрабатывалось 1,14 млн м³ пульпы, что составляет 83,3 тыс. т намывных сапропелей 50 %-й влажности. Сезон добычи – 16 апреля – 31 октября (199 дней). Планируемая глубина выработки – 7,0 м при максимальной мощности сапропеля в районе добычи – 8,0 м. Плановое фронтальное перемещение земснаряда происходит в секторе радиусом около 200 м, постоянно увеличивающимся при удлинении пульпопровода. Горизонтальные перемещения земснаряда дополняются вертикальным движением заборного устройства. Выработка имеет ложбиннообразную форму с достаточно пологим сглаженным склоном в прибрежной части и крутым, обрывистым дугообразным в фронтальной части. Преобладающие глубины ложа 3–7 м, максимальная 8,1 м в восточной части выработки. Центральная его часть осложнена поднятиями и ложбинами с перепадами глубин до 1–1,5 м.

В озере Береще добыча производилась в юго-западной части, участок имеет форму сегмента радиусом около 200 м. Сезон добычи – конец апреля – начало декабря, добыча велась гидромеханизированным способом, производительность установки по пульпе – около 150 м³/с. Добыто в 1990 г. около 80 тыс. т сапропеля. Глубина разработки залежи после модернизации заборного устройства с рыхлителями – 6 м. Разработка производилась при веерном перемещении и ступенчатом продвижении понтона в глубь озера. Технология определила рельеф дна на участке добычи. Выработка представляет собой чередование изогнутых, сливающихся по краям желобов с глубинами 2–2,5 м, разделенными узкими поднятиями дна с перепадом глубин 1–1,5 м. Максимальная глубина расположена в юго-восточной части выработки.

В озере Мено разработка озерного месторождения начата в 1990 г. Добыча велась экскаваторно-грейферным способом в северо-восточной части озера экскаватором, установленным на понтоне, с последующей

загрузкой и доставкой сапропеля на берег баржой. Планировался ежегодный объем добычи 63,7 тыс. м³/год, что соответствует 20 тыс. т сапропеля при 60 %-й влажности. В год добывалось около 8 тыс. т. Работы велись бессистемно, участок добычи охватывает примерно 1/4 га. Рельеф дна на участке добычи имеет вид небольшого понижения с хаотическими переуглубленными ямами и буграми, с перепадами глубин 0,5–1,0 м. Построить картосхему рельефа дна по данным эхолотирования невозможно.

В озере Бецкое сапропель добывался гидромеханизированным способом, установкой, изготовленной по индивидуальному проекту. Район добычи приурочен к восточному берегу, охватывает площадь около 1,5 га. Технические характеристики землесоса, использующего электро-силовую установку, не определены и зависят от рабочего давления, перепада высот озера и скорости заполнения чеков. Установка с боковым фронтальным перемещением углублялась в грунт по мере наращивания длины пульпопровода и увеличения радиуса перемещения. Засасывание пульпы происходит при вертикальном перемещении заборного устройства землесоса до глубины 4 м. В целом довольно однородная выработка осложнена множеством бессистемных углублений и воронок, образующих достаточно пестрый и расчлененный микрорельеф (рис. 39, а).

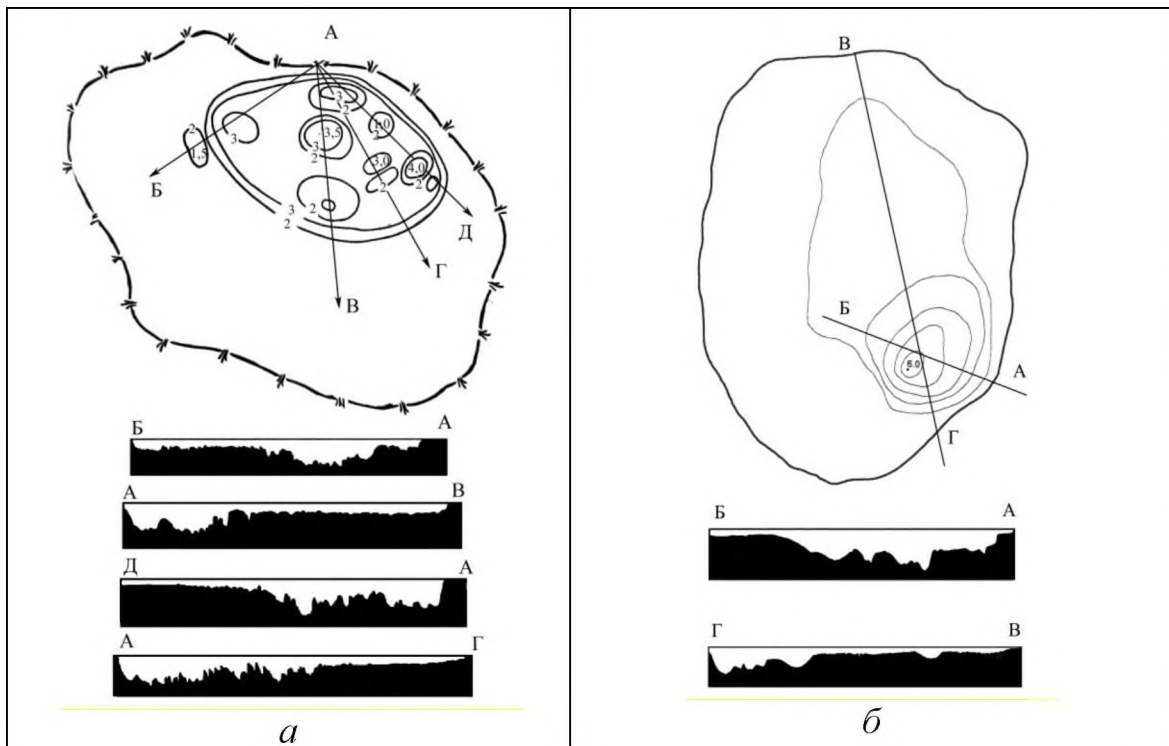


Рис. 39. Картосхемы глубин и профили дна по данным эхолотирования участков добычи сапропелей на оз. Бецкое (а) и Судобле (б)

Разработка месторождения в озере Судoble имеет некоторые особенности. В юго-восточной части озера в период 1986–1988 гг. добыча производилась гидромеханизированным способом с использованием земснаряда марки ЗГМ-1, производительность которого 1,5 тыс. м³/ч. В западной части разработка залежи проводилась экспериментальной установкой, разработанной в Институте торфа АН БССР. Объем добычи земснарядом составил около 600 тыс. т, установкой ИТ АН БССР – около 60 тыс. т сапропеля.

После прекращения работы земснарядом выработка имеет в плане овал неправильной формы, состоящий из бессистемно чередующихся ложбин с глубинами 4–7 м и поднятий дна с глубинами 2–3 м. Выработка в западной части в силу технологических особенностей эксплуатации имеет вид радиально расходящихся пологих понижений дна с перепадом глубин 0,5–1,0 м (рис. 39, б).

Эксплуатация месторождения озера Усвея велась с 1989 г., добыто 500 тыс. т. Добыча велась экскаваторно-грейферным способом в юго-восточной части озера на площади около 1,0–1,5 га. Понтон с грейферной установкой перемещается катером в радиальных от выработки направлениях. Вследствие исключительной мелководности озера перед понтоном образовывался вал из смещенного сапропеля, который потом добывается грейфером. В процессе перемещения баржи и понтона происходит интенсивное перемешивание и переотложение сапропеля. Технологические особенности добычи определили форму и рельеф дна, выработка представляет пологое понижение с глубинами до 1,5 м. Максимальная глубина (2,0 м) расположена вблизи установки и возникает эпизодически. Незначительная расчлененность рельефа дна имеет кратковременный характер на участке активной работы экскаватора.

В озере Червоном добыча сапропеля ведется в заливе в юго-восточной части озера на протяжении 11 лет гидромеханизированным способом. Объем добычи – 200 тыс. м³/год, добыто 724 тыс. м³. Разработка залежи ведется планомерно, с постепенно увеличивающимся радиусом добычи, активное перемещение земснаряда происходит лебедками в фронтальном направлении. Технологией добычи обусловлены рельеф дна и форма выработки. Дно представляет собой чередование ложбин (с глубинами 2,3, 3,0 и 4,5 м) и поднятий с перепадом глубин 0,5–1,0 м. Желоба с нарастающими глубинами располагаются сектором от берега в открытую часть озера. Преобладающие глубины 2,0–2,5 м. Профили дна несут на себе черты сглаженности в прибрежной части и сильно расчленены в непосредственной близости от земснаряда (рис. 40).

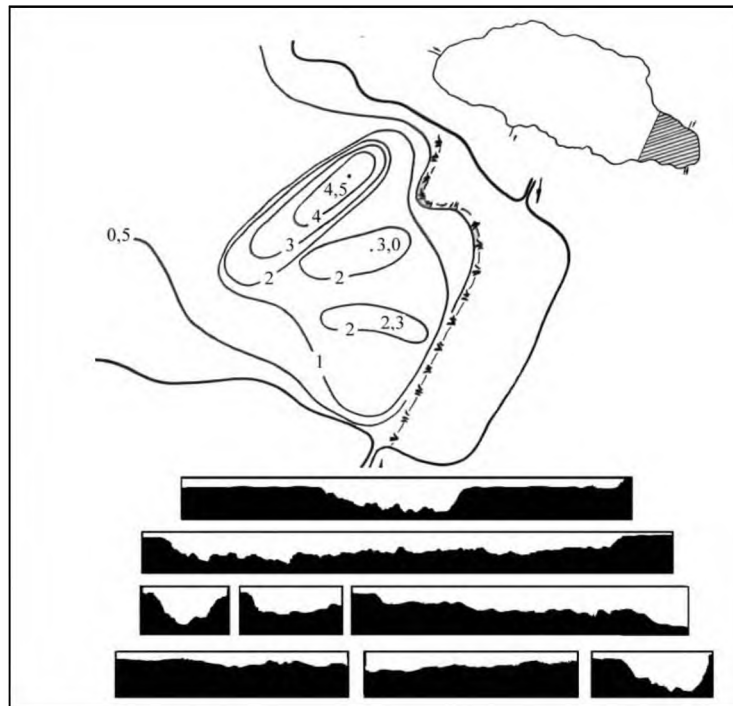


Рис. 40. Картограмма глубин и профили дна по данным эхолотирования участка добычи сапропелей на оз. Червоное

Особую проблему при добыче сапропеля представляет благоустройство сплавинных берегов. С одной стороны, очистка от сплавины представляет собой техническую трудность, значительно улучшает эстетическую ценность ландшафта, с другой – приводит к потере естественного биофильтра, поглощающего питательные вещества, поступающие с плоскостным смывом и поверхностным притоком.

Добыча сапропеля затрагивает и изменяет параметры, определяющие гидрологический режим озер. Изъятие озерных отложений, особенно с использованием гидромеханизированного способа добычи, является одной из составляющих расходной части водного баланса озер. Согласно классификации по водному балансу все обследованные озера, на которых производилась добыча сапропеля, относятся к группе стоковых, для баланса которых характерно превышение объема стока над объемом испарения [7]. Значения величин удельного водосбора свидетельствуют о том, что по отношению притока с водосбора и объема атмосферных осадков на зеркало озера относятся к стоково-приточным и стоково-нейтральным типам. Названные условия заметно снижают роль добычи в формировании гидрологического режима, но несоразмерное увеличение расходной части баланса может иметь несколько аспектов и сказаться на стабильности уровня режима, скорости водообмена, объема стока из озера, скорости инфильтрации.

Сопоставление объемов притока водной массы озер и добытого сапропеля в изученных озерах показывает, что объем годового притока превышает добычу в 56–336 раз и не может существенно изменить гидрологический режим озера, но сезонное несоответствие максимального объема стока и добычи может привести к углублению зимней межени в озерах. Большое значение в данном случае имеют климатические условия и наличие осеннего паводка, компенсирующего потерю запасов воды в период интенсивной добычи. Сезонные колебания уровня воды в озерах Беларуси с естественным гидрологическим режимом достигают 1,0–1,5 м, с подъемом уровня до 1,0 м в половодье и до 0,5 м в паводок [150]. Наибольшие колебания отмечаются в озерах, дренированных реками Ясельдой (оз. Мотольское), Ушачей (оз. Перильня), Крошкой (оз. Мено). Учитывая, что в верхнем метре заключено от 40 до 60 % общего объема водной массы озер, получить достоверные данные об изменении уровня озер под влиянием добычи сапропеля для высокопроточных озер весьма затруднительно в силу несопоставимости объема изъятия с объемом и амплитудой естественного колебания уровня.

Увеличение глубины озера при добыче сапропеля приводит к увеличению запасов водной массы и замедлению скорости водообмена, снижению проточности. Поскольку изученные водоемы относятся к группе озер с малым и средним условным водообменом (0,5–5), то говорить об изменении проточности до изъятия значительного объема осадков можно только эмпирически. Влияние добычи на изменение подземных составляющих водного баланса для изученных озер весьма условно в силу мелководности котловин, малой глубины их вреза и незначительной толщины слоя изъятия сапропеля (до 6 м). В целом доля фильтрации для озер такого типа не превышает 1–3 % и может быть рассчитана только как остаточный член водного баланса [7]. Наиболее существенно добыча сапропеля затрагивает условия формирования стока из озера. В процессе добычи и обогащения (обезвоживания) сапропеля возврат воды происходит несколькими путями – поверхностным, плоскостным (склоновым) и грунтовым. В зависимости от технических условий эксплуатации водоприемниками служат озера (Береще, Мотольское, Усвея, Мено) или гидросеть (Червоное, Бецкое). В обоих случаях влияние перераспределения стока и роль грунтового стока представляются не до конца ясными.

Как показали исследования в стоково-приточных озерах с высокой скоростью водообмена, изменение гидрологических характеристик практически не отражается на их режиме. Для стоковых и бессточных озер увеличение объема и площади приводит к заметным изменениям состав-

ляющих водного баланса (расход на испарение, приток грунтовых вод, снижение скорости водообмена). Кроме того, использование на таких объектах гидромеханизированного способа с большим объемом добычи еще более увеличивает расходную часть баланса, что приводит к заметному снижению уровня воды в озерах (Судобле, Червоное). При механических способах добычи (грейферный, шнековый) и общем годовом объеме добычи, не превышающем приходную часть водного баланса, резких изменений в гидрологии озер не отмечено [20, 21, 87].

Изменение геохимической обстановки в водоеме при добыче отложений приводит к формированию новых условий седиментации и необратимым изменениям вещественного состава и генезиса осадков. Ведущими факторами становятся: во-первых, образование перемешанного осадка в районе добычи, во-вторых, усиление процессов выщелачивания минеральных веществ и минерализации органических осадков.

Направленность и скорость изменения гидрохимического режима определяются совокупным влиянием ряда факторов, ведущими из которых являются: состояние экосистемы к началу добычи сапропеля, структура водного и химического баланса, вещественный состав осадков и др. Добыча сапропелей велась из озер с различным уровнем трофии: дистрофных (Бецкое, Найда, Судобле), эвтрофных (Вечера, Мотольское, Усвея, Червоное) и гипертрофного (Мено) [150]. По вещественному составу сапропели относятся к различным типам: кремнеземистые сапропели (Найда, Мотольское), в остальных – тонкодетритовые.

Увеличение объема водной массы приводит к стабилизации и улучшению газового и температурного режимов (Мотольское, Найда). Однако расчлененность ложа и появление переуглубленных участков способствуют возникновению стратификации водной массы, что при слабом ветровом перемешивании увеличивает вероятность появления анаэробных зон, особенно при восстановлении гипертрофных озер. Анаэробные условия способствуют накоплению биогенных элементов в донных отложениях и возврату их в водную массу в периоды циркуляции, кроме того, низкие концентрации растворенного кислорода или полное его отсутствие в таких зонах снижают степень окисления органического вещества и в условиях гипертрофных озер практически не решают вопросы улучшения качества воды.

Работа установок и агрегатов, используемых для добычи сапропеля, сопровождается взмучиванием осадков и увеличением концентрации взвешенного вещества в воде. При гидромеханизированном способе добычи с использованием широкозахватных (Червоное, Мотольское) или малых по мощности установок (Бецкое, Найда, Вечера) в районе работа-

ющего земснаряда в радиусе до 20 м мутность воды не превышает 5–10 мг/л (при фоновой 2–4 мг/л). При использовании грейферной технологии величина мутности воды вблизи агрегатов возрастает на порядок и в оз. Мено составляет 90–100 мг/л, отмечено увеличение взвешенного вещества до 440–990 мг/л на площади акватории водоема 15 %. Наибольшие значения мутности отмечаются в радиусе 150–200 м от установки. В малых озерах взвешенные вещества распространяются на 50 % акватории [82].

Интенсивное выщелачивание вскрываемых в процессе производства работ высокозольных осадков в основании залежи и приток более минерализованных вод с водосбора при понижении уровня (оз. Судобле) или возврате вод с полей стилки или отстойников сапропеля приводят к увеличению содержания основных ионов в воде озер. В озерах – накопителях органического вещества вследствие их низкой зольности обогащение водной массы макрокомпонентами незначительно. Особенно существенные изменения отмечаются в озерах дистрофного типа, имеющих классический тип строения осадочной толщи. Вскрытие слоев карбонатных сапропелей или осадков с повышенным содержанием кальция способствует частичному растворению минералов и солей кальция и магния, приводит к увеличению общего их содержания в воде и повышению буферности озерных вод. В оз. Бецкое водородный показатель (рН) зафиксирован в пределах 6,6–8,8, в оз. Судобле – 8,11–8,18, в оз. Найда – 7,48–7,83. В озерах формируются воды гидрокарбонатного класса кальциевой группы. Общая минерализация составила 166,8–192,0 мг/л (Найда), 103,0–184,7 мг/л (Бецкое), 126,0–160,0 мг/л (Судобле), 130,2–154,1 мг/л (Вечера), 290,5–340,3 мг/л (Мотольское), 168,2–401,4 мг/л (Усвея), до 407,3 мг/л (Мено). Структура ионов водного состава отражает природный фон, относительное содержание основных компонентов минерализации – бикарбонатов и кальция – во всех озерах составляет около 80 %.

Наиболее опасным последствием для экосистем при добыче отложений является обогащение водной массы питательными веществами. Поступление фосфора, основного эвтрофирующего элемента, происходит в результате интенсивного взмучивания сапропеля и поступления вод с чеков и полей стилки. Отмечена тенденция возрастания содержания валового фосфора в озерах Бецкое и Судобле (соответственно 0,041 и 0,052 мгР/л), в озере Найда (0,18–0,44 мгР/л), Мотольское (0,17–0,26 мгР/л), Вечера (до 0,60 мгР/л), Мено (до 0,78 мгР/л). Распределение соединений фосфора по сезонам неравномерно, наибольшие его величины отмечены летом и связаны с увеличением внутренней нагрузки. Концентрация соединений фосфора в сточных водах превышает его содер-

жание в озерной воде: в оз. Бецкое – в 6, в оз. Вечера – в 3, в оз. Червоное – в 10 раз. Содержание макрокомпонентов в отстойных водах возрастает в среднем на 10–25 %.

В каждом случае увеличение фосфорной нагрузки способствует возрастанию продукционных процессов и повышению скорости новообразования органического вещества. Содержание органического вещества по перманганатной окисляемости составляет: в оз. Бецкое 11,5–16,2, Судoble – 13,0–14,5, Найда – 25,3–26,1, Мено – до 24,5, Вечера – до 32,3 мгО/л.

По генезису в оз. Найда преобладает аллохтонная органика, средние многолетние величины БПК₅ составляют в оз. Бецкое 2,9, Судoble – 1,0, Найда – 4,0 мгО₂/л [82].

Отдельный вопрос представляет загрязнение воды нефтепродуктами. При работе дизельных силовых установок, при любых способах добычи, за исключением гидромеханизированного с использованием электросиловых установок, наблюдается интенсивное загрязнение воды. В период добычи содержание нефтепродуктов в водной массе достигало 0,1 мг/л (Мено, Сергеевичское), в озерах Вечера и Усвея их содержание превышает ПДК для рыбохозяйственных водоемов в 2–3 раза.

Изменение экосистем затрагивает все звенья, в том числе развитие гидробионтов. Степень и характер изменения зависят от уровня трофности озера и интенсивности работ. В целом отмеченные изменения протекают в двух направлениях – исчезновения аборигенной флоры и фауны и перестройки структурного сообщества гидробионтов.

Наиболее очевидны процессы в макрофитном сообществе. При добыче сапропелей происходит механическое уничтожение погруженной растительности в местах выработки, очистка берегов от сплавины приводит к механическому уничтожению полупогруженной растительности по берегам озер (Бецкое, Береца, Червоное). При искусственном понижении уровня происходит сокращение зарослей макрофитов на мелководьях, перестройка фитоценозов (Бецкое).

Косвенной причиной снижения площади зарастания служит снижение величины прозрачности, которое происходит в результате эвтрофирования систем и взмучивания осадков (Вечера). В результате обогащения питательными веществами отмечается появление продуктивных зарослей погруженных макрофитов. Мелководья и заливы с плоским ложом заселяются элодеей канадской, телорезом алоэвидным. На склонах выработки, в пределах эвфотической зоны, появляются заросли высокорослых рдестов, роголистника, харовых водорослей, приуроченных к обнажениям более зольных осадков (Судoble). В гипертрофных озерах

ввиду отсутствия погруженных и слабого развития надводных растений существенных изменений в растительном покрове в результате добычи осадков не отмечается (Мено).

Видовой состав водорослей озер, используемых для добычи сапропелей, небогат; ведущими отделами являются зеленые, золотистые, диатомовые и криптофитовые водоросли. Обогащение экосистем озер питательными веществами приводит к увеличению численности и биомассы фитопланктона, реже отмечается исчезновение или появление отдельных видов в составе водорослей. Изменения имеют как многолетнюю тенденцию, так и кратковременный характер. В оз. Бецкое летом 1991 г. отмечали увеличение численности водорослей в 43 раза, биомассы – в 15 раз. При этом коренных изменений в функционировании сообщества планктонных водорослей не наблюдалось. В оз. Усвея за время производства добычи структура сообщества не изменилась, в летнем фитопланктоне сохраняется преобладание сине-зеленых водорослей (более 60 % всей численности и биомассы). Количественные показатели возросли в 2 раза (численность – до 123,11 млн кл/л, биомасса – до 20,58 г/м³), наблюдалось «цветение» воды, вызванное массовым развитием *Aphanizomenon flosaquae*, *Coelosphaerium dubium*. В оз. Мотольское отмечен рост таксономического разнообразия и количественных характеристик планктонных водорослей. За пять лет численность фитопланктона увеличилась в 9, биомасса – в 5 раз. Доминирование *Microcystis pulvereae* сменилось другими представителями сине-зеленых (до 40 % численности), заметно возросла роль диатомей (*Melosira granulata*), составляющих 40 % численности и 50 % биомассы фитопланктона. В оз. Вечера по разным причинам отмечена вспышка развития фитопланктона. С 1972 по 1991 г. количество клеток водорослей увеличилось в 38 раз, биомасса – в 19 раз, а в последующие годы численность достигла 4930,0 млн кл/л и биомасса 800,0 г/м³. Озеро перешло в гипертрофную стадию. В оз. Мено зарегистрирован рост видового разнообразия фитопланктона (с 50 в 1981 г. до 107 в 1994 г.). Летом во время работы агрегатов численность и биомасса колебались в пределах: 25,4–861,5 млн кл/л и 15,7–147,7 г/м³ соответственно. На фоне преобладания сине-зеленых водорослей (*Aphanizomenon flosaquae*, *A. elenkinii*, *M. aeruginosa*, *Phormidium mucicola*, *Oscillatoria sp.*) наблюдалось массовое развитие диатомовых (α -мезосапробного вида *Stephanodiscus hantzchii*), криптофитовых (*p.Cryptomonas*, *Rhodomonas*) и эвгленовых (*Phacus sp.*) водорослей [82].

4. ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ И ПУТИ УПРАВЛЕНИЯ ЛИМНОСИСТЕМАМИ

Планирование народного хозяйства и использование природных ресурсов, особенно в водохозяйственной области, требуют оценки возможных количественных и качественных изменений озерных водоемов как составной части поверхностных вод и разработки как кратко-, так и долгосрочных прогнозов.

Особую значимость прогнозирование приобретает по двум причинам: первая – любые водохозяйственные мероприятия достаточно долговременные и срок их реализации и окупаемости может растянуться на десятилетия, что соизмеримо с краткосрочными климатическими и гидрологическими колебаниями; вторая – изменение состояния поверхностных вод оказывает влияние не только на экономику, но и, что особенно важно, на экологическое состояние природной среды, среды жизнедеятельности человека.

Прогноз изменения озерных экосистем включает составные части, объединенные тремя задачами: определение факторов влияния и тенденций изменения происходящих процессов, определение диапазона возможных изменений; оценка влияния изменений на водопользование и водопотребление и разработка мероприятий преодоления негативных последствий.

Основными факторами изменения озерных экосистем как на современном этапе, так и на перспективу являются природно-климатический и антропогенный.

Ведущая роль в природно-климатической составляющей принадлежит кратко- и долгосрочным изменениям климата – температуры воздуха и количества осадков.

В настоящее время существуют достаточно обоснованные глобальные и региональные прогнозы изменений климата. Для оценки последствий воздействия климата на водные ресурсы озер используются различные сценарии, основанные на моделировании климатических изменений и палеоклиматических реконструкций. По сценариям прогнозируемые показатели для территории Восточной Европы и Беларуси в текущем столетии составят увеличение средней годовой температуры на 1–3 °С и количества осадков на 10–20 % [9, 31, 33, 56, 58, 93, 127, 128, 181]. Прогнозируемые климатические параметры соответствуют природной обстановке существования современных озер в период оптимума голоцена (позднеатлантический период), в интервале времени 5,5–6,0 тыс. л. н. [109, 47, 54, 4].

Температура и осадки оказывают суммарное влияние и определяют гидрологические параметры озер – объем и характер стока, интенсивность выноса с водосборной площади минеральных и органических веществ, динамику уровня озер, температурный режим и теплозапас водной массы. Амплитуда изменения зависит от гидрологических показателей водоемов (структура водного баланса, площадь водосбора, степень развитости гидросети, степень водообмена, форма котловины) и биологического типа водоема (обеспеченность питательными веществами, уровень развития биоты, интенсивность внутриводоемных процессов).

В соответствии с прогнозируемым увеличением количества осадков сохранится существующая тенденция повышения уровня воды в озерах. Тренды повышения уровней озер Беларуси подтверждаются данными наблюдений Гидрометеослужбы за последние пятьдесят лет на озерах, имеющих большую площадь водосбора (Выгонощанское, Езерище, Нарочь, Нещердо, Освейское и др.). Наиболее значительное повышение уровня следует ожидать в бессточных озерах, данные наблюдений для которых в Беларуси, к сожалению, отсутствуют. Для хорошо дренируемых озер в пределах озерно-речных систем (Отолово, Мядель, Мясстро, Кромань) увеличение уровня не отмечено, и такая тенденция сохранится. В озерах с низкими значениями удельного водосбора (Сарро, Свирь) или карстовых стоковых (Свитязь) по многолетним данным может отмечаться тренд снижения уровня (рис. 41, 42).

Увеличение количества осадков приведет к увеличению годового стока с водосборов озер, что, по материалам Межведомственной комиссии Российской Федерации по проблемам изменения климата (Москва 2002 г.), может достигать 20 %. Увеличение уровня воды и возрастание объема стока приведет к увеличению объема водной массы и величины водообмена, а значит к росту гидравлической и уменьшению биогенной нагрузки; т. е. при равных объемах поступления биогенных веществ в некоторой степени будет способствовать процессу диэвтрофирования озер.

Вместе с тем изменение расходов приведет к перестройке процессов эрозии на водосборах и в руслах рек, увеличению растворенного и твердого стока, мутности впадающих рек и ручьев. Увеличение притока минеральных и органических веществ будет способствовать притоку биогенных веществ и возрастанию трофности озер, для водоемов с высокой сельскохозяйственной освоенностью водосборов это может привести к заметному снижению качества воды.

Незначительные негативные последствия, связанные с подъемом уровня грунтовых вод и развитием процессов заболачивания на участках

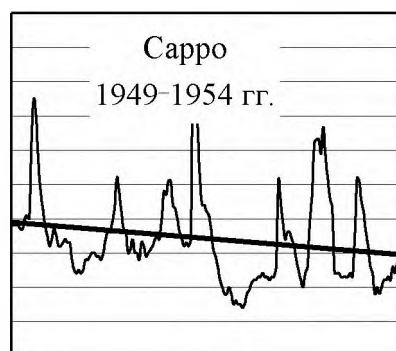
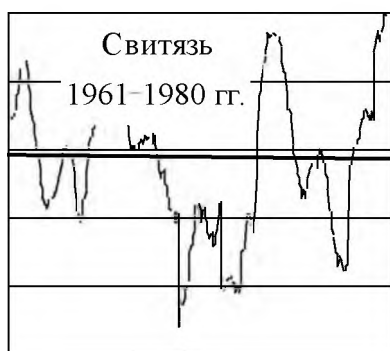
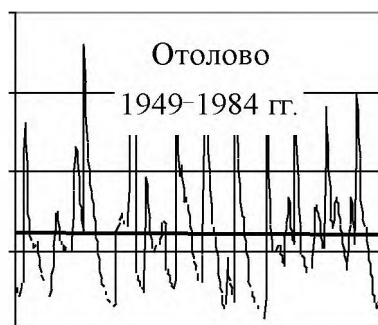
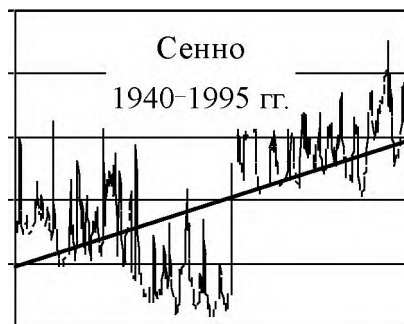
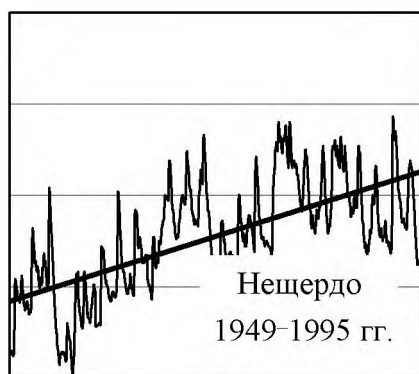


Рис. 41. Многолетняя динамика и тренды изменения уровня разнотипных озер

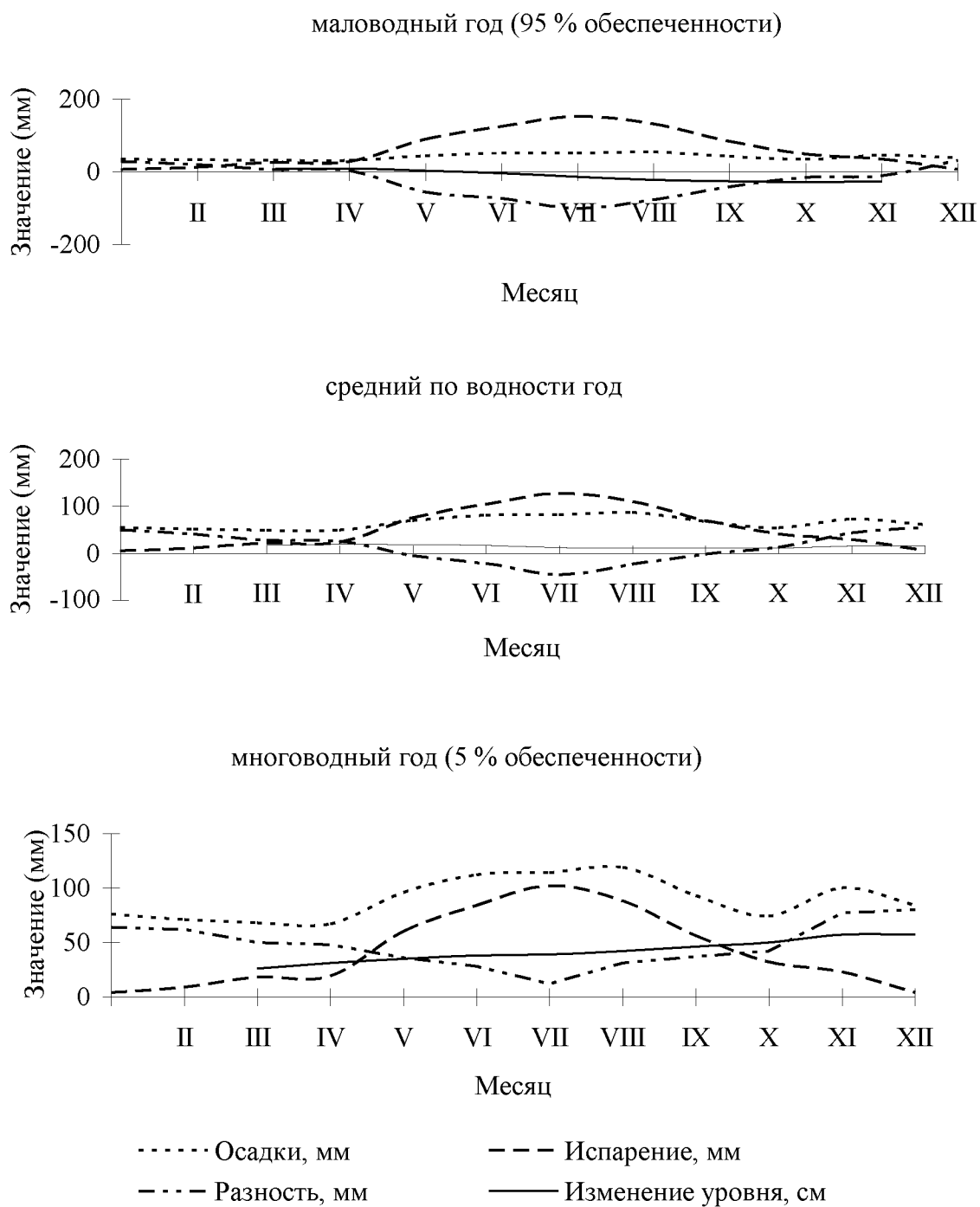


Рис. 42. Водный баланс озера Свитязь для лет с различной водной обеспеченностью

с хорошо развитой поймой и низинных берегов, могут сыграть даже положительную роль буфера в ограничении плоскостного смыва как транспорта питательных веществ в водоемы.

Увеличение среднегодовой температуры воздуха приведет к увеличению теплозапаса озер и проявится в сокращении продолжительности

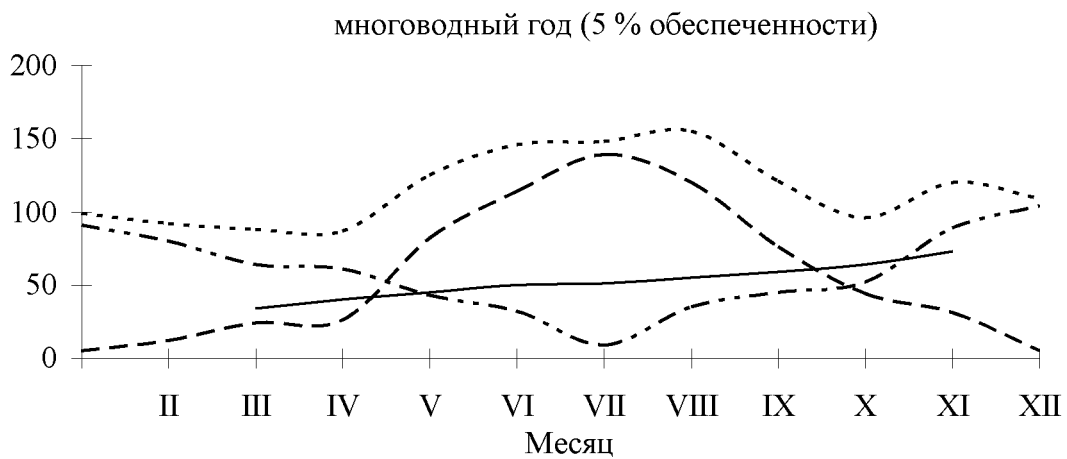
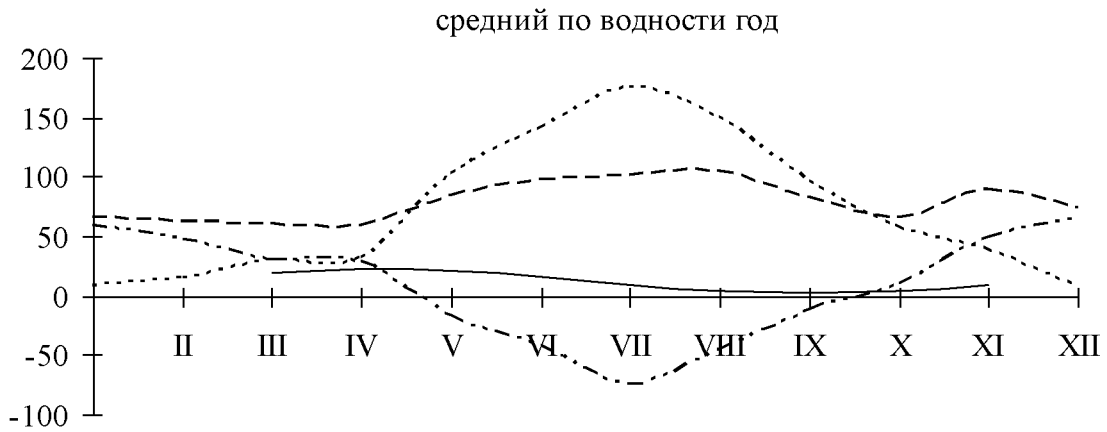
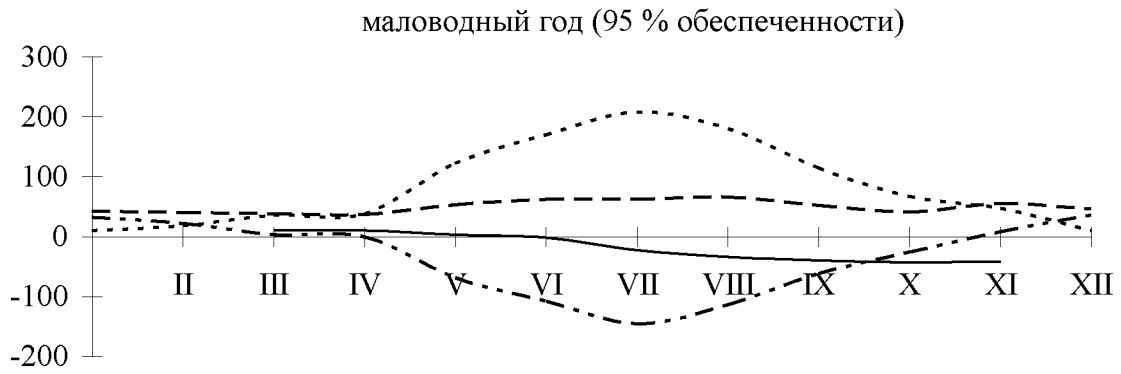
ледостава, увеличении продолжительности периода вегетации за счет смещения сроков весенней и осенней циркуляции, увеличении прогрева водной массы в безледный период. Возрастание среднегодовой температуры получит отклик в более ранних сроках наступления и интенсивного развития микроводорослей и водной растительности, приведет к раннему весеннему и позднему осеннему развитию диатомовых водорослей, летнему «цветению» воды в результате развития сине-зеленых водорослей, интенсивному зарастанию мелководий, особенно в эвтрофных озерах, макрофитами в течение вегетационного сезона.

Повышение температуры воздуха в безледный период будет способствовать возрастанию испарения с водной поверхности, что может вызвать незначительное (в пределах амплитуды колебания для года 95 % обеспеченности) понижение уровня бессточных озер (рис. 43).

Вместе с тем следует учитывать, что изменения озер под влиянием природно-климатического фактора будут происходить на фоне влияния антропогенной составляющей. В основе прогноза антропогенных изменений озер лежат знания закономерностей развития нарушений и изменения лимносистем под влиянием хозяйственной деятельности и прогноз социально-экономического развития территории. Направление и темпы изменения озерных экосистем можно определить экспрополяцией либо сопоставлением развития озер с водоемами аналогами, для которых имеются детальные или длительные наблюдения.

Смена экономического спада на рост производства приведет к усилению влияния хозяйственной деятельности на водоемы. Исходя из приоритетов экономического развития природно-хозяйственных регионов, можно определить группы факторов антропогенного воздействия на водоемы. На основе территориального подхода можно прогнозировать, что для сельскохозяйственных областей Полесья и Центральной Беларуси основным фактором воздействия на озера останется сельскохозяйственное производство и гидромелиорация. Приоритетным фактором воздействия на озера в пределах региона Поозерья будет выступать рекреационная, рыбохозяйственная деятельность и гидротехническое строительство, для районов с высокой сельскохозяйственной освоенностью сохранится влияние рассредоточенных источников. Озера, расположенные вблизи крупных промышленных и сельскохозяйственных объектов и в пределах городских агломераций, будут подвергаться антропогенному прессу в виде поступления сточных вод или атмосферных эмиссий.

Негативное влияние может проявиться в антропогенном эвтрофировании путем поступления биогенных веществ с поверхностным и склоновым стоком в результате увеличения доз вносимых минеральных и



..... Осадки, мм
 - - - - Испарение, мм
 - · - · - Разность, мм
 ———— Изменение уровня, см

Рис 43. Водный баланс оз. Связь с учетом прогнозных изменений климатических условий

органических удобрений, средств борьбы с вредителями урожая и болезнями на сельскохозяйственных угодьях, прилегающих к водоемам; загрязнения воды, донных отложений и гидробионтов озер органическими соединениями и солями тяжелых металлов, поступающих с пылегазовыми выбросами промышленных предприятий, и всеми видами стока; искусственного эвтрофирования, загрязнения озер и изменения видового состава и продуктивности гидробионтов в результате появления на берегах озер источников вредного влияния на качество вод в связи с расширением зон и строительством объектов рекреации; в поступлении питательных, органических веществ и изменении стока выпадающих водотоков реконструируемых мелиоративных объектов; в увеличении сброса неочищенных и недостаточно очищенных вод от локальных промышленных источников загрязнения и селитебных территорий; в неконтролируемом изменении видового состава и продуктивности гидробионтов в озерах, сдаваемых в аренду для рыбохозяйственного использования. На локальном уровне, изменениям гидрологических параметров, морфологии, состава биологической продуктивности будут подвержены озера, перспективные для развития гидроэнергетики, добычи биологических ресурсов или сапропеля.

Минимизировать отрицательное воздействие хозяйственной деятельности на водоемы позволит комплекс существующих природоохранных мероприятий, разработанных и успешно реализуемых в республике в последние десятилетия. Основу перспективной природоохранной политики должна реализовать комплексная государственная программа управления водными ресурсами.

Целью государственной экологической политики является обеспечение экологически безопасных условий для проживания людей, рациональное использование и охрана природных ресурсов, выработка правовых и экономических основ охраны окружающей среды в интересах настоящего и будущих поколений. Направления и принципы политики определены законодательными актами, а также Национальной стратегией устойчивого развития, утвержденной Советом Министров Республики Беларусь 25 марта 1997 г., которая разработана исходя из рекомендаций и принципов, изложенных в документах конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992). Правовую основу управления водными ресурсами составляет законодательство Республики Беларусь в области охраны окружающей среды и природопользования, в части охраны и использования природных ресурсов это: Конституция Республики Беларусь (ст. 34, 46, 55) от 15.03.1994 г., с дополнениями и изменениями от 24 ноября 1996 г., законы Республики Беларусь

«Об охране окружающей среды» (26.11.1992 г.); «Об особо охраняемых природных территориях и объектах» (20.10. 1994 г., в редакции от 23.05.2000 г.); «О налоге за пользование природными ресурсами (экологический налог)» (23.12.1991 г.); «Об отходах производства и потребления» (25.11.1993 г., в редакции от 26.11.2000 г.); Водный кодекс Республики Беларусь (15.07.1998 г.); Кодекс Республики Беларусь о недрах (15.12.1997 г.).

Система перспективного и краткосрочного планирования мероприятий по охране окружающей среды выполняется в соответствии с *«Национальным планом действий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды на 2001–2005 гг.»*, для чего в республике последовательно совершенствуется природоохранное законодательство; внедряются эффективные экономические методы управления и контроля природопользования и охраны окружающей среды; финансируются природоохранные мероприятия; совершенствуется система управления и экологического контроля; реализуется программа подготовки кадров и повышения экологической культуры населения; развивается международное сотрудничество и использование зарубежного опыта в решении экологических проблем.

Планирование природоохранной деятельности во многом способствует успешному решению экологических проблем. Широко практикуется разработка и реализация программ и комплексных проектов, направленных на решение отдельных проблем в области охраны окружающей среды, защиты ресурсов от истощения и загрязнения. К ним следует отнести развитие сети особо охраняемых природных территорий, восстановление нарушенных хозяйственной деятельностью природных объектов, реализацию планов управления качеством поверхностных вод, развитие экологической науки и т. д.

Действенным методом реализации природоохранной политики в стране является управление водными ресурсами. Понятие «управление водными ресурсами» базируется на принятых в настоящее время видах – водопотреблении и водопользовании, включающих в себя использование водных, минеральных, биологических, рекреационных, энергетических ресурсов. Использование природных ресурсов озер и их охрана занимают в системе управления водными ресурсами одно из ключевых мест.

Система управления, ответственности за принятие решений и контроль использования и охраны от загрязнения и истощения имеет четкую централизованную структуру и несколько уровней: *государственный (территориальный), региональный (бассейновый) и местный*. На государственном уровне управление водными ресурсами осуществляет

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды (Минприроды) и государственные комитеты в его структуре. Министерство несет ответственность за управление водными ресурсами в стране, разрабатывает законодательные акты, стандарты и меры в области использования и охраны водных ресурсов, регламентирует использование воды в сферах экономики, координирует водопользование в масштабах республики. Политику государства в управлении водными ресурсами на региональном уровне выполняют областные комитеты, а на местном – районные исполнительные комитеты и структуры Минприроды.

Территориальное управление водными ресурсами озер республики, природно-хозяйственных регионов, наиболее крупных и хозяйственно значимых озер и озерно-речных систем входит в компетенцию органов на государственном уровне. На региональном и бассейновом уровне строится система управления водными ресурсами озерных групп, крупных и средних озер, координируются планы управления местного уровня. На местном уровне разрабатываются и реализуются планы управления отдельными объектами водопользования.

Управление водными ресурсами включает в себя определение направления и путей использования водных объектов, субъектов водопользования, регулирование водного режима, мероприятия по предотвращению загрязнения и улучшению качества вод (мероприятия на водоемах и на водосборе).

Водоохранные и водосберегающие мероприятия на водосборе озер подразделяются на организационно-хозяйственные, агротехнические и гидротехнические.

Организационно-хозяйственные: соблюдение природоохранных требований и правил транспортировки, хранения и внесения удобрений и пестицидов; размещение и строительство на берегах озер объектов вредного влияния на качество вод (ферм, производственных территорий, складов для хранения ГСМ, удобрений и пестицидов).

Агротехнические: организация на сельскохозяйственных угодьях севооборотов с высоким удельным весом трав, применение оптимальных доз удобрений на прилегающих к озеру сельскохозяйственных угодьях (с учетом вида планируемого урожая, возделываемой культуры, содержания питательных веществ в почве), использование современных передовых технологий внесения удобрений.

Гидротехнические: выделение и организация по берегам водотоков и водоемов водоохранных зон и прибрежных полос со специальным режимом хозяйственного использования земель в их границах; строительство биоинженерных сооружений на впадающих водотоках с использо-

ванием высшей водной растительности для очистки вод; выполнение комплекса противоэрозионных мероприятий на территории эродированных земель.

К мероприятиям на водоеме относятся: снижение внешней антропогенной нагрузки; снижение внутренней биогенной нагрузки; восстановление экосистемы или ее отдельных звеньев, утративших природно-экологический потенциал. Выбор комплекса мероприятий должен быть обоснован технико-экономическими расчетами и специальными проектными разработками.

Восстановлением принято считать комплекс мероприятий, направленных на искусственное изменение экосистемы озер и ее звеньев с целью формирования устойчивого режима, максимально отвечающего природному состоянию водоемов. Термины «рекультивация», «оптимизация», «управление экосистемами» в данном случае носят синонимичный характер и служат обозначением частных случаев понятия «восстановление». Объектами служат водоемы, утратившие высокий природный потенциал в результате длительной эволюции или интенсивного антропогенного воздействия. В первую очередь к ним относятся заиленные, заросшие озера, водоемы, затронутые гидромелиорацией на их водосборах, а также гипертрофные, водоемы, загрязненные сточными водами городов, населенных пунктов, животноводческих ферм и пахотных угодий. Особое место занимают озера, расположенные в зонах максимального загрязнения атмосферы промышленными комплексами.

Предметом восстановления служат морфоэдафические параметры водоемов, гидрологический и гидрохимический режимы, состав и уровень развития гидробионтов. Пути восстановления предполагают комплексный характер, выбор методов продиктован экологической и экономической целесообразностью и эффективностью.

На основании изучения современного состояния, истории озер и их антропогенного изменения предлагается несколько основополагающих мероприятий.

* Увеличение объема водной массы, поднятие уровня озер. Положительный результат отмечается для озер с ложбинным типом котловин в пределах моренных возвышенностей. Отрицательный результат наблюдается в плоских котловинах при поднятии уровня в пределах годовой амплитуды колебания вследствие возрастающего поступления органических и биогенных веществ за счет разрушения поймы.

* Увеличение скорости водообмена и проточности. Целесообразно для озер в пределах крупных речных систем, исключаящих перераспределение стока гидрологической сети и озер-стариц, что органиче-

ски связано с их природной функциональностью. Создание промывного режима способствует улучшению газового режима, исчезновению стратификации, интенсификации процессов самоочищения. Положительный эффект может быть получен только при условии поступления более высокого, чем в озере, качества природных вод.

* Изъятие донных отложений. Наиболее эффективно проводить в мелководных заиленных дистрофных озерах. Достигается положительный результат увеличения объема водной массы, стабилизация температурного и газового режима, а для дистрофных водоемов – повышение уровня трофности. К отрицательным последствиям следует отнести увеличение минерализации (в 2–3 раза) в эвтрофных водоемах, загрязнение нефтепродуктами и др. При гидромеханизированном способе добычи (грейферный и шнековый способы), связанном с высокой скоростью и объемом добычи (до 5 %), не превышающей приходную часть водного баланса, резких изменений в экосистеме практически не отмечается.

* Аэрация гипolimниона. Целесообразна в стратифицированных водоемах с глубиной более 10 м, с локальными источниками загрязнения тяжелыми металлами, органическими соединениями, а также находящихся на начальной стадии гипертрофирования при постоянном дефиците кислорода в природных слоях. Все разнообразие методов принципиально сводится к аэрации или дестратификации (перемешиванию). Положительные результаты метода: увеличивается концентрация растворенного кислорода, улучшаются окислительные условия, происходит окисление сероводорода и сульфидов и комплексобразование нетоксических соединений металлов, а также замедляется процесс их десорбции. Затруднение представляют разработка и изготовление технических средств, а также технология процесса, требующая конкретных решений.

* Метод экранирования донных осадков. Относится к эффективным методам предотвращения поступления в природные слои воды накопившихся в донных отложениях металлов, сульфидов, биогенных веществ и других соединений. Приемлем для глубоководных, стратифицированных высокоэвтрофных, гипертрофных и загрязняемых озер, расположенных вблизи промышленных центров (Новополоцк, Витебск, Гродно). В литературе приводится опыт использования для этих целей пластмассовых пленок, зольной пыли, глины. Мероприятиям по кольматации должно предшествовать создание окислительных условий в придонных слоях гипolimниона.

* Химический метод регулирования буферности вод и концентрации фосфора. Первый направлен на снижение процесса ацидофикации. В условиях Беларуси при слабом проявлении закисления вследствие высокой буферности почво-грунтов водоемов ацидофикация носит локальный характер и появляется в озерах, расположенных вблизи крупных промышленных центров. Применение обломочного и порошкового известняка предполагает положительный результат. В случае высоких концентраций в воде ортофосфата возможно осаждение его слоями алюминия. Эти меры имеют краткосрочный эффект, положительный результат достигается только при устранении внутреннего и внешнего источников биогенов.

* Биологические методы. Направлены на снижение содержания биогенных и загрязняющих веществ в воде водоемов и водотоков, регулирование и улучшение состава гидробионтов. Методы высокоэффективные и экологически чистые. К ним относятся: строительство биоинженерных сооружений, использующих очистные свойства сообществ макрофитов, и их культивирование с последующим удалением, вселение и акклиматизация хозяйственно полезных видов животных, зарыбление продуктивными видами рыб и растительноядными рыбами, восстановление и улучшение видового состава ихтиофауны и других гидробионтов, а также другие мероприятия, широко используемые в отечественной и зарубежной практике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эволюция озерных водоемов со времени освобождения территории Белоруссии от ледника служит отражением глобальных и локальных природно-климатических изменений территории. Развитие озерных экосистем определялось совокупным воздействием зональных и азональных факторов и отражает характер связи внутреннего состояния экосистемы с внешними условиями окружающего пространства. Накопление питательных веществ в экосистемах в процессе эволюции формировало определенный тип и уровень трофности водоема, который определялся количеством поступления веществ, их аккумуляцией и внутриводоемным преобразованием.

Озера Беларуси имеют большое природоохранное и народнохозяйственное значение, им принадлежит ведущая роль в формировании и регулировании стока рек, процессов самоочищения воды, накоплении вещества. В них сосредоточены запасы водных, биологических, растительных, животных, минеральных, ресурсов, озера служат источником информации о природе. Акватория и берега служат местами обитания и произрастания богатой и разнообразной фауны и флоры, включая редкие и охраняемые виды. Побережья озер используются в качестве мест отдыха, размещения населенных пунктов, объектов промышленного и сельскохозяйственного производства, что приводит к загрязнению водоемов.

На различных этапах развития общества изученность озер отличалась шириной охвата территории, степенью детализации и глубиной исследований. Анализ и обобщение многолетних комплексных исследований более шестисот озер, проведенные лабораторией озероведения БГУ, позволили выполнить учет, выявить особенности и характер распространения озер Беларуси по территории республики.

Антропогенное воздействие на озерные экосистемы в последние десятилетия стало ведущим фактором формирования состояния гидрологического, гидрохимического, гидрофизического режимов, видового состава и уровня развития гидробионтов. В этой связи становятся актуальными задачи оценки природных ресурсов озер и их распространения по территории республики, определение запасов и качества ресурсов. На основе критериев и показателей природно-ресурсного потенциала озер, ресурсной и хозяйственной классификации разработана природно-хозяйственная классификация озер. Согласно классификации наибольшую ценность имеют озера с характеристикой природно-ресурсного потенциала как сложного по структуре, большого по объему, имеющего многоцелевое (полифункциональное) использование. Такие озера имеют

ограниченное распространение, но в них заключен основной объем ресурсов.

Ведущими по значимости хозяйственного использования озер являются рыболовство и рыборазведение, водопользование и водопотребление, рекреация, гидромелиорация, в меньшей степени – добыча сапропелей.

Детальное изучение последствий вмешательства человека в естественный процесс развития озер и реакция экосистем на изменения гидрологических параметров, морфометрических характеристик, физико-химического состава вод, видового состава и продукции гидробионтов позволило выделить основные закономерности изменения озер. Изменения озер различаются как скоростью протекания процессов, так и их направленностью. Наиболее распространенными источниками, негативно влияющими на качество вод, являются сосредоточенные стоки животноводческих ферм и с территорий сельскохозяйственных угодий, стоки мелиоративных систем, промышленных предприятий и предприятий по переработке сельскохозяйственного сырья, бытовые и коммунальные стоки населенных пунктов и объектов рекреации, пылегазовые выбросы крупных промышленно-городских агломераций. Не последняя роль в изменении озер принадлежит нерегламентированному или экологически не обоснованному изъятию природных ресурсов.

Широко распространенными последствиями воздействия человека на водоемы являются: антропогенное эвтрофирование озер, изменение видового состава и продукции гидробионтов в результате избыточного поступления питательных веществ, загрязнение воды и донных отложений соединениями химических и органических веществ, солями тяжелых металлов, нефтепродуктами под влиянием поступления промышленных, сельскохозяйственных и хозяйственно-бытовых стоков, тепловое загрязнение, нерегламентированный лов рыбы. Широкомасштабное изменение озер произошло в результате создания водохранилищ с целью их использования для гидроэнергетики, рыболовства, водообеспечения и гидромелиорации.

На сегодняшний день загрязнение и истощение поверхностных вод, снижение их качества делают актуальной задачу управления водными ресурсами озер, которое надо рассматривать в более широком аспекте как управление природными ресурсами озер. Основными составляющими частями управления служат экспертная оценка состояния ресурсов, факторов формирования их качества, управление потреблением ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Антонов И.П., Кашицкий Э.С., Сикорская И.С. Основные итоги и перспективные вопросы лечебного использования сапропелевых грязей // Проблемы использования сапропелей в народном хозяйстве. Тез. докл. III республиканской научной конференции. Мн., 1981. С.146 –148.
- 2 Блакітная кніга Беларусі. Энцыклапедыя. Мн., 1994. 415 с.
- 3 Бобровский П.О. Гродненская губерния: Материалы для географии и статистики России, собранные офицерами генерального штаба / Под ред. генер.-лейтен. Князя Голицына. Ч. 1. СПб., 1863. С. 163 – 165, 344.
- 4 Богдель И.И., Власов Б.П., Ильвес Э.О., Климанов В.А. Разрез Судобле – стратотип реконструкции палеогеографических условий голоцена Центральной Белоруссии // История озер СССР. Тезисы докладов VI Всесоюзного совещания. Т. 1. Таллинн, 1983. С. 30 – 32.
- 5 Богдель И.И. Развитие природы Белоруссии в голоцене. Автореферат дисс. канд. геогр. наук. Мн., 1984. 18 с.
- 6 Богдель И.И., Власов Б.П. Палеогеография оз. Колдычевского по данным спорово-пыльцевого и диатомового анализов // Вестник БГУ. 1983. Сер. 2. № 2. С. 53 – 56.
- 7 Богословский Б.Б. Общая гидрология. Л., 1984. 422 с.
- 8 Боровик Е. А. Озера Белорусской ССР. Мн., 1964. 380 с.
- 9 Будыко М.И. Винников К.Я. Проблема обнаружения антропогенного изменения глобального климата // Метеорология и гидрология. 1983. № 9. С. 25 – 34.
- 10 Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино (1999 год). Мн., 2003. 96 с.
- 11 Васильев Ю.С., Кукушкин В.А. Использование водоемов и рек в целях рекреации. Л., 1988. С. 67 – 69.
- 12 Власов Б.П. Изменение диатомовой флоры эвтрофных озер Беларуси, подверженных хозяйственной деятельности: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Л., 1987. 15 с.
- 13 Власов Б.П. Диатомовая флора разнотипных озер Беларуси поздне-последледникового времени // История озер. Рациональное использование и охраны озерных водоемов. Тез. докл. Всесоюз. симп. Мн., 1989. С. 27 – 28.
- 14 Власов Б.П. Изменение диатомовых комплексов разнотипных озер в конце среднего и в позднем голоцене // Экология и география диатомовых водорослей. Тез. докл. 6 школы по диатомовым водорослям (Совещание диатомологов стран СНГ). Мн., 1995. С. 16 – 17.
- 15 Власов Б.П., Курзо В.В. Динамика альгоценозов разнотипных озер Белоруссии // История современных озер. Тез. докл. VII Всесоюзного симпозиума по истории озер. Ленинград–Таллинн, 1986. С. 79 – 80.
- 16 Власов Б.П. Хозяйственное использование и антропогенные изменения озер Беларуси // Naturalne i antropogenne przemiany jezior. Warszawa, 1999. P. 277 – 284.
- 17 Власов Б.П. Иконников В.Ф., Ясько А.О. Форма котловин озер Белоруссии и ее трансформация в процессе осадконакопления // Вестник БГУ. 1992. Сер.2. № 2. С. 73 – 77.

- 18 Власов Б.П. Природно - хозяйственная классификация озер Беларуси // Выбранные научные работы Белорусского государственного университета. Мн., 2001. С. 314 – 332.
- 19 Власов Б.П., Архипенко Т.В. Террасовый комплекс озер Белорусского Поозерья. // Озера Белорусского Поозерья: современное состояние, проблемы использования и охраны. Материалы международной научной конференции. Витебск, 1999. С. 18 – 20.
- 20 Власов Б.П., Гигевич Г.С., Карташевич З.К. Добыча сапропелей и грунта из озер // Восстановление экосистем малых озер. СПб., 1994. С. 30 – 35.
- 21 Власов Б.П., Гигевич Г.С., Карташевич З.К. Изменение озерных экосистем в результате добычи сапропеля // Прикладные вопросы лимнологии Беларуси. Мн., 1992. С. 24 – 35.
- 22 Власов Б.П. Еловичева Я.К., Жуховицкая А.Л. Разрез озера Олтушского – стратотип голоценовой истории Полесья // Вестник БГУ. 1990. Сер. 2. № 2. С. 52 – 55.
- 23 Власов Б.П., Шевцов Н.В. Мелиорация водосборов и ее влияние на гидрология озер Полесья // Природные регионы. Пинск, 2003. С. 54 – 62.
- 24 Власов Б.П., Лопух П.С. Влияние инженерно-технических мероприятий на водные экосистемы в условиях Полесья // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды. Труды международной научно-практической конференции по проблемам водохозяйственного, промышленного и гражданского строительства и экономико-социальных преобразований в условиях рыночных отношений. Биберах–Брест–Ноттингем, 1998. С. 60 – 64.
- 25 Власов Б.П., Емельянов Ю.Н., Чернейко А.М. Карта озерности Беларуси по бассейнам рек, Карта озерности Беларуси по административным районам // Национальный атлас Беларуси. Мн., 2002. С. 92.
- 26 Власов Б.П. Палеоэкологическая оценка процессов эвтрофирования озер по диатомовой флоре // Тез. докладов международного симпозиума. Методы исследования озерных отложений в палеоэкологическом и палеоклиматическом аспектах. Вильнюс, 1986. С. 20 – 21.
- 27 Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля за качеством воды. ГОСТ Р 51232–98.
- 28 Гельтман В.С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии. Мн., 1982. С. 35 – 62.
- 29 Гигевич Г.С., Власов Б.П., Вынаев Г.В. Высшие водные растения Беларуси. Эколого-биологическая характеристика, использование и охрана. Мн., 2001. 231 с.
- 30 Гигевич Г.С., Власов Б.П., Вынаев Г.В. Ресурсы высших водных растений Беларуси // Веснік ВДУ. 1999. № 3 (13). С. 66 – 80.
- 31 Голицын Г.С. Изменения климата в XX и XXI столетиях (обзор) // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1986. Т.2. № 121. С. 125 - 138.
- 32 ГОСТ 17.1.5.02.–08. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов. М., 1981. 5 с.
- 33 Груза Г.В. Ранькова Э.Я., Рочева Э.В. Анализ глобальных данных об изменении приземной температуры воздуха за период инструментальных наблюдений // Метеорология и гидрология. 1989. № 1. С. 15 – 25.
- 34 Гунова В.С. К голоценовой истории озера Неро // Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек. М., 1976. № 6. С. 106 – 115.

- 35 Гурьянова Л.В. Гидрологический режим водоемов– охладителей тепловых электростанций (на примере Белоруссии) // Гидрографическая сеть Беларуси и регулирование речного стока. Мн., 1992. С. 26 – 31.
- 36 Гурьянова Л.В. Изменение термики малого озера в результате использования его в качестве водоема-охладителя ТЭС // Биология внутренних вод. Информационный бюллетень. 1988. № 80. С. 72 – 75.
- 37 Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л., 1985. 244 с.
- 38 Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли в донных отложениях озер Юго-Восточной Латвии // Изменения в системе водосбор-озеро под "влиянием антропогенного фактора. Л., 1983. С. 201 – 228.
- 39 Дембовецкий А. С. Опыт описания Могилевской губернии. Могилевъ. Кн. 1. 1882. Кн. 2. 1884. С. 215 – 225.
- 40 Десятик И.И., Костюченко А.А. и др. Современное состояние и прогноз развития кормовой базы эвтрофного озера в связи с его углублением // Тезисы докл. IV съезда Всесоюзного гидробиологического общества. Киев, 1981. Ч. 4. С. 112 – 113.
- 41 Доброжанская Ж.В. Гидрологические последствия сброса подогретых вод в озерах Белое и Лукомльское (БССР) // Влияние тепловых электростанций на гидрологию и биологию водоемов: Материалы 2-го симпоз., Борок, 1974. Борок, 1974. С. 46 – 49.
- 42 Еловичева Я.К., Богдель И.И., Зерницкая В.П., Климанов В.А. Климатические реконструкции голоцена Белоруссии по палинологическим данным // Палеоклиматы голоцена Европейской территории СССР. М., 1988. с 86 – 103.
- 43 Елина Г.А. Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. Л., 1981. 215 с.
- 44 Живописная Россия. Отечество наше в его земельном, историческом, племенном, экономическом и бытовом значении. Литовское и Белорусское полесье / Под общей ред. П.П. Семенова вице-председателя Императорского Русского географического общества, Т. 3, СПб–М, 1882. Репринтное воспроизведение. Мн., 1994. 550 с.
- 45 Жилинский И.И. Очерк работ западной экспедиции по осушению болот (1873 – 1898 гг.). СПб., 1899. 942 с.
- 46 Жуков П.И. Динамика вылова рыбы из водоемов Беларуси за 1945 – 1995 годы // Вопр. рыбного хозяйства Беларуси, 1997. Вып. 15. С. 105 – 118.
- 47 Жуховицкая А.Л., Власов Б.П., Курзо Б.В. Кузнецов В.А. Озерный седиментогенез в голоцене Беларуси. Геохимические и биологические аспекты. Мн., 1998. 277 с.
- 48 Загорульский Э.М. Древняя история Белоруссии. Мн., 1977. 134 с.
- 49 Захаренков И.С. Мурашко М.Г., Мигаль Е.Д. Водные ресурсы, их состояние, использование и охрана природы // Развитие производительных сил и охрана природы. Мн., 1981. С. 65 – 70.
- 50 Захаренков И.С. К гидрохимии озер Белоруссии // Труды Белорусского научно-исследовательского института рыбного хозяйства. Мн., 1966. С. 147 – 155.
- 51 Зелинский И. Материалы для географии и статистики России. Минская губерния. Ч. 1. СПб., 1864. 672 с.

- 52 Землеведение. Издания географического общества. Москва, 1904. Т. X. 1905. Т. XI. 1906. Т. XII.
- 53 Зерницкая В.П., Жуховицкая А.Л., Власов Б.П., Курзо Б.В. Озеро Долгое (седиментогенез, стратиграфия донных отложений и этапы развития). Мн., 2001. 84 с.
- 54 Зерницкая В.П., Власов Б.П., Махнач Н.А. Колебания уровней озер и влажности климата в позднеледниковье и голоцене на территории Беларуси // Палеоклиматы и эволюция палеогеографических обстановок в геологической истории земли. Тез. докл. Международного симпозиума. Петрозаводск, 1998. С. 36 – 38
- 55 Зерницкая В. П., Михайлов Н. Д., Симакова Г. И., Колковский В. М., Лучина Г. И. Радиоуглеродное датирование и палиностратиграфия осадков позднеледниковья и голоцена Беларуси.
- 56 Изменение климата и использование климатических ресурсов / Под ред. П.А. Ковриго. Мн., 2001. 263 с.
- 57 Изменения в системе водосбор-озеро под влиянием антропогенного фактора. Л., 1983. С. 56 – 62.
- 58 Изменения климата и Беларуси и их последствия / Под ред. В.Ф.Логинова. Мн., 2003. 330 с.
- 59 Исаенко В.Ф. Археологическая карта Белоруссии. Памятники каменного века. Мн., 1968. Вып. 1. 126 с.
- 60 Исаенко В.Ф. Первые земледельцы и скотоводы Белоруссии. Из истории крестьянства Белоруссии. Мн., 1978. С. 5 – 16.
- 61 Кабайлене М.В. Некоторые вопросы стратиграфии и палеогеографии голоцена // Стратиграфия четвертичных отложений и палеогеография антропогена Юго-Восточной Литвы. Вильнюс, 1965. Вып.2. С. 302 – 335.
- 62 Кабайлене М.В. Формирование пыльцевых спектров и методы восстановления палеораотительности. Вильнюс, 1969. 145 с.
- 63 Кабайлене М.В. Стратиграфия донных отложений озер Литвы // История озер Северо-запада. Л., 1967. С. 269 – 276.
- 64 Кабайлене М.В., Гарункштис А.А., Раукас А.В., Саарсе Л.А., Томашайтис Ю.С. История озер прибалтики. // История озер Восточно-Европейской равнины (История озер), СПб.: Наука, 1992. 262 с.
- 65 Кабайлене М.В. Озерные и морские диатомеи в голоцене на территории Литвы // Ископаемые диатомовые водоросли СССР. М., 1968. С. 102 – 107.
- 66 Кабайлене М.В. Возраст и развитие некоторых озер Литвы // Природа и хозяйственное использование озер Псковской и прилегающих областей. Псков, 1971. С. 96 – 97
- 67 Кабайлене М.В. Некоторые особенности формирования диатомовых комплексов в малых озерах // История озер в голоцене. Л., 1975. С. 3 – 13.
- 68 Кабайлене М.В. Некоторые вопросы применения данных диатомового анализа при изучении истории развития водоемов на территории Литвы в голоцене // Систематика, эволюция, экология водорослей и их значение в практике геологических исследований. Тез. докл. II Всесоюзн. палеоальгологического совещания. К., 1981. С. 118 – 119.
- 69 Кабайлене М.В. Флора диатомеи в разных озерных фациях голоцена Литвы // Научн. тр. высших учебн. заведений Лит.ССР. Геология. Вильнюс, 1983. Т. 4. С. 106 – 118.

- 70 Кадастр сапропелевых отложений озер Белорусской ССР. Мн., 1981. 615 с.
- 71 Калечиц Е.Г. Первоначальное заселение территории Белоруссии. Мн., 1984. 159 с.
- 72 Каратаев А.Ю. К вопросу о создании информационной системы «Лимнофауна–лимнофлора Беларуси // Итоги и перспективы гидроэкологических исследований. Мн., 1999. С. 86 – 89.
- 73 Козыренко Т.Ф. Диатомовая флора голоценовых отложений озера Сомино // Вопросы голоцена. Вильнюс, 1961. С. 311 – 325.
- 74 Коляда В.В. Роль подсечного земледелия в преобразовании ландшафтов Витебской области в раннем железном веке // Географические аспекты рационального природопользования. Мн., 1985. С. 35 – 40.
- 75 Корева А. Виленская губерния: Материалы для географии и статистики России, собранные офицерами генерального штаба / Под ред. генер.-лейтен. Князя Голицына. Ч. 1. СПб., 1861. С. 137 – 146, 275 – 277.
- 76 Коробушкина Т.Н. Земледелие на территории Белоруссии в X – XIII в.в. Мн., 1979. 120 с.
- 77 Косаревич И.В. Структура образования в дисперсиях сапропелей. Минск, Наука и Техника, 1990, 248 С.
- 78 Костоусов В.Г. Система рыбохозяйственной классификации водоемов и критерии, ее определяющие // Вопр. рыбн. хозяйства Беларуси. 2002. Вып. 18. С. 164 – 172.
- 79 Костоусов В.Г. Современное состояние и пути повышения эффективности рыболовства на естественных водоемах // Современное состояние и перспективы развития аквакультуры. Матер. международной научн.-практ. конф. Горки, 1999. С. 35 – 37.
- 80 Костоусов В.Г., Федоров В.А. и др. Система рационального рыбохозяйственного использования водоемов Беларуси предусматривающих оптимальный промысел и любительское рыболовство: справочное пособие. Мн., 1997. 122 с.
- 81 Кузнецов В.В., Жуховицкая А.Л., Еловичева Е.К., Власов Б.П. Стратиграфия и седиментогинез голоценовых отложений оз. Богдановское // Литосфера. № 3. Мн., 1995. С. 30 – 42.
- 82 Курзо Б.В., Карташевич З.К., Самойленко В.М. Экологические аспекты трансформации озер при добыче сапропелей // Прикладная лимнология. Мн., 1999. Вып. 2. С.103 – 107.
- 83 Курзо Б.В. Руководящие биологические остатки в отложениях озер разного трофического уровня // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды. Тезисы докладов конференции 20 – 25 сентября 1999 г., Минск–Нарочь. Мн., 1999. С. 56.
- 84 Курзо Б.В., Гордобуцкая О.М., Будаи Т.К. Характеристика фонового накопления некоторых микроэлементов в сапропелях озер Белоруссии // Геохимия. 2000. № 9, С. 1018 – 1024.
- 85 Курзо Б.В. Сапропель. // Полезные ископаемые Беларуси. Мн., 2002. С.303–316.
- 86 Курзо Б.В., Богданов С.В. Генезис и ресурсы сапропелей Белоруссии / Под ред. Н.Н. Бамбалова. Мн., 1989. 176 с.
- 87 Курзо Б.В., Власов Б.П., Карташевич З.К., Харина Н.Ю., Самойленко В.М. // Проблемы охраны геологической среды. Тезисы докладов 1 научно-практической

- конференции, посвященные 90-летию со дня рождения Г.В.Богомолова. Мн., 1995. С. 116 – 117.
- 88 Курзо Б.В. Реконструкция условий формирования сапропелей по биологическим данным // Методы комплексного исследования торфяных и сапропелевых отложений: межвузовский сборник научных трудов. Мн., 1983. С. 24 – 34.
 - 89 Курлович Н. Н., Серафимович А. А. Озерные ресурсы Белоруссии // Вестник БГУ. 1981. Сер 2. №1. С. 68 – 72.
 - 90 Левкевич В.Е., Макрицкий А.М. Условия и принципы нарушения устойчивости берегов естественных озер, находящихся в подпоре // Вестник БГУ. 1991. Сер. 11. № 2. С. 59 – 63.
 - 91 Лиштван И.И., Лопотко М.З. Использование сапропелей в народном хозяйстве. // Проблемы использования сапропелей в народном хозяйстве. Мн., 1976. с. 5 – 13.
 - 92 Логинов В.Ф. Основы экологии и природопользования. Мн., 1998. 323 с.
 - 93 Логинов В.Ф. Причины и следствия климатических изменения. Мн., 1992. 320 с.
 - 94 Лопотко М.З., Евдокимова Г.А., Кузмицкий П.Л. Сапропели в сельском хозяйстве. Мн., 1992, 216 с.
 - 95 Лопух П.С. Закономерности развития природы водоемов замедленного водообмена их использование и охрана. Мн., 2000. 332 с.
 - 96 Лопух П.С. Типология озер Белоруссии по режиму уровней воды // Вестник БГУ. 1988. Сер. 11. № 2. С. 46 – 51.
 - 97 Ляхнович В.П. др. Продуктивность и перспективы использования экосистемы озера Лукомское – водоема-охладителя. // Экология. 1987. № 5. С. 43 – 48.
 - 98 Материалы по истории и географии Дисненского и Вилейского уездов Виленской губернии. Витебск, 1896. 125 с.
 - 99 Махнач Н.А., Якушко О.Ф., Калечиц В.А. Палинологическая оценка озерных отложений севера Беларуси в поздне- и послеледниковое время // Палинологические исследования в Беларуси и других районах СССР. Мн., 1971. С. 113 – 121.
 - 100 Митрахович П.А., Ляхнович В.П. Некоторые факторы формирования зоопланктона оз. Лукомское – водоема охладителя ТЭС // Вестник БГУ. 1989. Сер. 2. № 3. С. 150 – 156.
 - 101 Митрофанов А.Г. Бронзовый век. Хозяйство племен Бронзового века // Очерки по археологии Белоруссии. Мн., 1970. С. 109 – 115.
 - 102 Михеева Т.М. Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог. Мн., 1999. 396 с.
 - 103 Мур Д.В., Рамамури С. Тяжелые металлы в природных водах. М., 1987. 285 с.
 - 104 Якушко О.Ф., Мысливец И.А., Рачевский А.Н., Богдель И.И., Власов Б.П. и др. Озера Белоруссии. Мн., 1988, 216 с.
 - 105 Озера Белоруссии. Справочник. Т. 1,2,3 под редакцией О. Ф. Якушко (1983 – 1985 гг.).
 - 106 Осушительные работы в Полесье и Рязанской губернии. СПб, 1880. 77с.
 - 107 Очерки по археологии Белоруссии. Мн., 1970. Ч.1. С. 67 – 220.
 - 108 Павловский М.А. Дрисвятское озеро, Ковенской губернии, в гидрогеографическом отношении // Записки Северо-Западного Императорского русского географического общества. Кн. 1. Вильно, 1910. С. 48 – 58.
 - 109 Палеогеография кайнозоя / Под ред. А.В. Матвеева. Мн., 2002. 263 с.

- 110 Пирожник И.И., Власов Б.П., Федорова С.Л. Методические подходы бонитировки озер для рекреационно-туристических целей // *Zagrozenia degradacyjne a ohrona jezior. Bad. Limnol. 1. Gdansk*, 1998. P. 85 – 92.
- 111 Пирожник И.И., Власов Б.П., Федорова С.Л. Рекреационно-озерные ландшафты и методические подходы к их бонитировке // Развитие идей В.А.Дементьева в современных геоморфологических и ландшафтных исследованиях. Материалы Республиканской научно-методической конференции 25–27 ноября 1998 г. Мн., 1998. С. 109 – 114.
- 112 Пирожник И.И., Власов Б.П., Федорова С.Л. Рекреационное использование озер. Природопользование и охрана окружающей среды // Результаты выполнения заданий по Государственной научно-технической программе. Мн., 1998. С. 28.
- 113 Прырода Беларусі. Энціклапедыя. В 5 т. БелСЭ, Мн. 1983 – 1986.
- 114 Пуннинг Я.-М.К., Раукас А.В. Палеогеография позднечетвертичного времени Северной Европы // Итоги науки и техники. Т.2. Сер. палеогеография. М., 1985. С. 17 – 25.
- 115 Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь справочник. М., 1990. 637 с.
- 116 Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 5. Белоруссия и верхнее Поднепровье. Ч. 1. Л., Гидрометеиздат, 1966. 718 с.
- 117 Россолимо Л.Л. Изменение лимнических систем под влиянием антропогенного фактора. М., 1997. 144 с.
- 118 Рыболовство и рыбоводство в Северо-Западном крае (Ковенская, Виленская и Гродненская губернии) / Под ред. Зографа Н.Ю. // Труды Отдела Императорского Русского Общества Акклиматизации Животных и Растений. Т. 5. М., 1907. 318 с.
- 119 Савина И.О. Рыбные ресурсы озер Белорусской ССР и перспективы их улучшения / Тр. Белорусского отд. ВНИОРХ, 1957. Т.1. С. 71 – 103.
- 120 Савукинене Н.П., Сейбутис А.А. Влияние субатлантического ухудшения климата на развитие земледелия в Литве в свете палинологических исследований // Первобытный человек и природная среда. М. 1971. 251 с.
- 121 Савукинене Н.П., Сейбутис А.А., Основные фазы развития земледелия в Литве по палинологическим данным // Палинология в континентальных и морских геологических исследованиях. Рига, 1976. С.91–101.
- 122 Савченко В.В. Литофациальная дифференциация химических элементов в отложениях речных долин в природных и техногенных условиях. Водные ресурсы. 1996, Т.23. №6, С.690 – 698.
- 123 Савченко В.В. Донный наилок рек: результаты геохимического изучения возможности техногеохимической индикации. // Весці Акад. Навук Беларусі. 1992. Сер.хім. навук. № 3 – 4. С. 109 – 115.
- 124 Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. СанПин 4630–88. М., 1988. 69 с.
- 125 СанПин 4060–85 “Лечебные пляжи, санитарные правила устройства, оборудования и эксплуатации”.
- 126 Сапропели БССР. Классификация промышленно–генетическая ОСТ БССР 838–91
- 127 Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень 2001 г. Мн., 2002, 232 с.

- 128 Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень 2002 г. Мн., 2003, 232 с.
- 129 Труды комплексной экспедиции по изучению водоемов Полесья, БГУ, Минск, 1954. 245 с.
- 130 Тюльпанов А.И. Краткий справочник рек и водоемов БССР. Мн., 1949. 420 с.
- 131 Тютюнов Ф.И. Геохимия техногенеза. М., 1987. 335 с.
- 132 Хват В.М., Симкин В.А., Мостовенко В.П., Поверхностный сток городов и пути ликвидации его вредного влияния на водные источники // Разработка и организация комплекса водоохраных мероприятий. Тез. сообщ. Всесоюзного науч. техн. совещания. Харьков, 1973. С. 231 – 236.
- 133 Химия окружающей среды. М., 1982. 530 с.
- 134 Хотинский Н.А. Голоцен северной Евразии. М., 1977. 315 с.
- 135 Хотинский Н.А. Голоценовые хроносрезы: дискуссионные проблемы палеогеографии голоцена // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. М., 1982. С. 142 – 147.
- 136 Хурсевич Г.К. История развития диатомовой флоры Нарочанского бассейна. Мн.: Наука и техника, 1976; 159 с.
- 137 Цимбаленко Л.И. Указатель внутренних водных путей, исследованных МПС в 1874 – 1916гг. Т. 2. Петроград, 1918. 742 с.
- 138 Шевцова Н. С., Власов Б. П., Зайцев В. М. Рекреационная оценка акватории озер республики Беларусь на основе целевых показателей // Природные ресурсы. 2001. № 3. С. 134 – 137.
- 139 Шилькрот Г.С. Изменение химизма природных вод культурных ландшафтов // Изв.АН СССР. Сер. геогр. 1973. № 3. С.42–50.
- 140 Широков В.М., Лопух П.С. Формирование малых водохранилищ гидроэлектростанций. М., Энергоатомиздат, 1986. С. 144.
- 141 Широков В.М., Лопух П.С., Левкевич В.Е. Формирование берегов малых водохранилищ лесной зоны. Л., 1990. 160 с.
- 142 Широков В.М., Лопух П.С. Особенности развития природы малых водохранилищ (на примере искусственных водоемов Белоруссии) // География и природные ресурсы. 1985. № 1. С. 40 – 49.
- 143 Широков В.М., Лопух П.С. Формирование малых водохранилищ гидроэлектростанций. М., 1986. 144 с.
- 144 Широков В.М., Макрицкий А.М. Изменение озерных экосистем Беларуси под влиянием водорегулирующих мероприятий // Прикладные вопросы лимнологии Беларуси. Мн., 1992. С. 114 – 122.
- 145 Широков В.М., Макрицкий А.М., Лопух П.С. Изменения в процессе седиментации при регулировании озер // Методы исследования озерных отложений в палеоэкологических и палеоклиматических аспектах: Тез. докл. Международного симпозиума. Вильнюс, 1986. С. 94 – 95.
- 146 Широков В.М., Макрицкий А.М., Рачевский А.Н. Гидрологические особенности озерных водохранилищ Беларуси // Гидрографическая сеть Белоруссии и регулирование речного стока. Мн., 1992. С. 127 – 138.
- 147 Эвтрофирование мезотрофного озера. Л., 1980. С.230 – 241.
- 148 Экологическая система Нарочанских озер. Мн., 1985. 115 с.
- 149 Якушко О. Ф. География озер Белоруссии. Мн., 1967. 202 с.

- 150 Якушко О.Ф. Белорусское Поозерье. История развития и современное состояние озера Северной Белоруссии. Мн., 1971. 335 с.
- 151 Якушко О.Ф. Озероведение. География озер Беларуси. Мн., 1983. 223 с.
- 152 Якушко О.Ф., Власов Б.П., Гигевич Г.С., Лешкович Л.Е. Природные ресурсы озер Беларуси. Состояние и использование. // Природные ресурсы. 1999. № 1. С. 22 – 30.
- 153 Якушко О.Ф., Гаврилов С.И., Шаблинская З.К. Влияние теплового загрязнения на режим эвтрофного озера // Вестник БГУ. 1976. Сер. 2. № 3. С. 56 – 61.
- 154 Якушко О.Ф., Власов Б.П., Богданов С.В., Бракович И.С., Фащевский Б.В., Ильяшенко З.Н., Шевцова Н.С. Природно-хозяйственная классификация озер Беларуси. Рекомендации по хозяйственному использованию озер. Мн., 1995. 136 с.
- 155 Якушко О.Ф., Махнач Н.А., Основные этапы позднеледниковья и голоцена Беларуси // Проблемы палеогеографии антропогена Беларуси. Мн., 1973. С. 76 – 94.
- 156 Digerfeldt G. Reconstruction and regional correlation of Holocene lake-level fluctuations in Lake Bysjon, South Sweden // *Boreas*. 1986. V. 17. № 2. P. 165 – 182.
- 157 Dillon P. The phosphorus budget of Cameron Lake Ontario: the importance of flushing rate to the degree of eutrophy of lake. *Limnol.a.Oceanogr.*, 1975, Vol.20, №1. P. 28–30.
- 158 Dybowski W. Dwie Swietzie Ziemia, 1911. 328 с.
- 159 Dybowski W., *Isoetes lacustris* i *Zannichellia palustris* L. *Wszechswiat*. Warszawa, 1898. S. 330 – 331.
- 160 Dybowski W., Switez // *Kosmos*. 1898. V. 23. S. 25 – 34.
- 161 Gutwinski R. Algae in lacu Switez a claris prof. D.B. Dybowski collectae. // *La Nuova notarisia*. 1897. P. 1 – 7.
- 162 Harrison S.P., Digerfeldt G. European lakes as palaeohydrological and palaeoclimatic indicators // *Quatern. Sc. Reviews*. 1993. V. 12. P. 233 – 248.
- 163 Kabailiene M., Raukas A. Stratigraphy of lake and bog deposits and climatic changes in the late-glacial and Holocene in the Soviet Baltic Republics // *Boreas*. 1987. № 16. P. 125 – 131.
- 164 Kalicki T. Phases of increased river activity during the last 3 500 years // *Evolution of the Vistula river valley during the east 15 000 years*. Part VI. Wroclaw, 1996. P. 94 – 101.
- 165 Kolodziejczyk I. Osobliwosci przyrody Switezi Nowogrodzkiej // *Ochrona Przyrody*. 1926. R. 6. S. 17 – 23.
- 166 Kolodziejczyk I. Stosunki florystyczne jeziora Switezi // *Prace Towarz. Nauk*. Warszawa, 1916. S. 1 – 62.
- 167 Kolodziejczyk I. Z nad brzegow Switezi // *Ziemia*. 1913. 315 с.
- 168 Lencenwicz St. Kilka wiekszy ch jezior, polnocnego Polesia // *Przeglad Geograficzny*. 1936. V. XVI. Warszawa, 1937. S. 210 – 212.
- 169 Lencewicz S. Studia nad morfologia I hydrografia Pojezierza Braslawskiego // *Przeglad geograficzny*. 1937. V. XVII. Warszawa, 1938. 216 s.
- 170 Mackiewicz-Gutowska R. Przyczynek do znajomosci jetek polnocno-wschodniej Polski // *Prace Towarzystwa przyjaciol nauk w Winie*. Wilno, 1935. S. 287 – 306.
- 171 Magny M. Correlation of the lake-level fluctuation with atmospheric ¹⁴C variations: a climate – sun relation // *C.R. Acad. Sci. Paris*, 1993. V. 317. Ser. II. P. 1349 – 1356.

- 172 Makhnach N.A., Zernitskaya V.P., Demeneva O.V., Kalicki T. Stable isotopes of carbon and oxygen in calcite of freshwater carbonate tufa (Ptich river valley, Belarus) // VI Konferencja stratygrafii plejstocenu Polski, Czudec, 31 sierpnia – 4 wrzesnia 1999. Krakow, 1999. S. 40 – 43.
- 173 Ralska-Jasiewiczowa M. Palaeohydrological changes in the temperate zone in the last 15000 years // Project Catalogue for Europe. 1986. LUNBDS (NBGK-3010). P. 1 – 161.
- 174 Ralska-Jasiewiczowa M., Starkel L. Record of the hydrological changes during the Holocene in the lake, mire and fluvial deposits of Poland // Folia Quater. 1988. S. 7. P. 91 – 127.
- 175 Raukas A. Yoldia stage – the least clear interval in the Baltic Sea // Baltica. 1994. N 8. P. 5 – 14.
- 176 Rehmann A. Jezioro Switez i Koldyczewskie // Wszechswiat. 1891. № 10. S. 705 – 707, 722 – 724.
- 177 Rydzewski, Kolodziejczyk I., Karpowicz K. Switez nowogrodzka jako rezerwat przyrody // Ochrona Przyrody. V. 6. Krakow, 1926. S. 50 – 67.
- 178 Saarse L. An outline of water-level changes in small Estonian lakes // Palaeohydrology of the temperate zone II. Lakes. Tallinn, 1987. P. 137 – 147.
- 179 Sonstegaard E., Mangerud J. Stratigraphy and dating of Holocene gully sediments in Os, Western Norway // Norsk Geol. Tidsskr. 1977. V. 57. № 4. P. 330 – 346.
- 180 Starkel L. The upper Vistula catchment on the background of the changes in the fluvial systems in Europe and in the temperate zone // Evolution of the Vistula river valley during the east 15000 years. Part VI. Wroclaw, 1996. p. 102 – 128.
- 181 Strategies of GHG emission reduction and adaptation of the Polish economy to the changed climate // Synthesis. Sadowski. Warsaw, 1996. S. 14 – 18.
- 182 Tarasov P.E., Pushenko M.Ya., Harrison S.P. et al. Lake Status Records from the Former Soviet Union and Mongolia: Documentation of the Second Version of the Database // NOAA Paleoclimatology Program, Boulder, Colorado USA, 1996. P. 224.
- 183 Tarasov P.E., Harrison S.P., Saarse L. et al. Lake Status Records from the Former Soviet Union and Mongolia: Data Base Documentation // NOAA Paleoclimatology Program, Boulder, Colorado USA, 1994. P. 274.
- 184 Veski S. Vegetation history, human impact and palaeogeography of West Estonia // Pollen analytical studies of lake and bog sediments. Striat. 1998. V. 38. P. 21.
- 185 Vlasov B., Khursevich G. Diatom section as an indicator of limnic conditions in late and post-glacial time // Palaeohydrology of the temperate zone III. Mires and lakes. Tallinn, Valgus, 1987. P. 167 – 179.
- 186 Vollenweider R.A. Input – output model with special reference to the phosphorus loading concept in limnology // Schweiz Z. Hydrologie. 1975. V. 37. №1. P. 53 – 84.
- 187 Weibl S.R., Anderson R.L., Woodward R.L. Urban land Runoff as a Factor in Stream Pollution Control Fed. –1964. vol.36. № 7. Weibl S.R. Urban drainage as a factor in eutrofication // Eutrofication Causes, Consequences, Correctives. Washington D.C., Nat. Acad. Sci, 1963. P. 383 – 403.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Количество и площадь учтенных озер по бассейнам рек Беларуси (по градам площадей)

Градации площадей, км ²	Западная Двина		Днепр		Припять		Неман		Западный Буг		Дюналь	
	Количество озер	Площадь, км ²	Количество озер	Площадь, км ²	Количество озер	Площадь, км ²	Количество озер	Площадь, км ²	Количество озер	Площадь, км ²	Количество озер	Площадь, км ²
До 0,05	177	4,64	-	-	-	-	3	0,07	-	-	3	0,05
0,05-0,10	100	7,08	-	-	-	-	3	0,20	-	-	1	0,06
0,11-0,25	300	47,27	30	4,82	23	3,75	31	4,68	6	0,99	-	-
0,26-0,50	191	66,91	24	8,12	7	2,46	17	6,49	2	0,75	1	0,32
0,51-1,00	132	89,74	8	5,60	7	4,83	15	10,29	2	1,00	2	1,56
1,01-5,00	131	272,55	10	27,14	8	15,48	8	13,25	3	8,62	4	7,96
5,01-10,00	15	112,26	1	7,68	1	5,06	5	42,36	1	5,20	-	-
10,01-15,00	5	60,63	-	-	1	11,50	1	13,10	-	-	-	-
15,01-10,00	4	62,3	-	-	1	17,30	-	-	-	-	-	-
Свыше 20,00	6	219,5	-	-	2	69,79	2	101,88	-	-	-	-
Итого	1061	942,28	73	53,36	50	130,17	85	192,31	14	16,56	11	9,95

**Количество и площадь учтенных озер
по административным районам Беларуси**

Область/район	Всего	Общая площадь, км ²	Площадь < 0,10 км ²		Площадь 0,10-0,25 км ²		Площадь 0,26-0,50 км ²		Площадь 0,51-1,0 км ²		Площадь 1,01-5,00 км ²		Площадь более 5,00 км ²	
			всего	площадь	всего	площадь	всего	площадь	всего	площадь	всего	площадь	всего	площадь
Витебская	1522	972,55	691	21,894	327	51,156	195	68,3	137	93,72	143	304,43	29	433,05
Бещенковичский	35	18,549	3	0,089	19	3,09	4	1,54	5	3,67	3	4,85	1	5,31
Браславский	181	225,963	83	2,614	38	6,229	20	7,09	11	8,17	22	50,4	7	151,46
Верхнедвинский	41	87,397	23	0,882	6	0,945	3	1,2	3	2,51	2	2,31	4	79,55
Витебский	59	16,915	32	0,613	11	1,662	7	2,36	4	2,94	5	9,34	-	-
Глубокский	85	32,892	38	1,176	21	3,266	9	3,48	12	7,77	4	9,55	1	7,65
Городокский	142	88,213	68	1,558	32	5,175	16	5,53	7	4,33	15	32,22	4	39,4
Докшицкий	11	21,486	1	0,016	1	0,16	2	0,74	1	0,67	6	19,9	-	-
Дубровенский	2	0,46	-	-	1	0,18	1	0,28	-	-	-	-	-	-
Лельский	66	50,456	10	0,286	15	2,79	14	4,88	17	10,47	9	21,85	1	10,18
Лидзневский	5	3,67	-	-	-	-	2	0,75	1	0,72	2	2,2	-	-
Мирский	71	44,688	31	1,028	12	1,88	7	2,58	9	6,26	10	17,63	2	15,31
Оршанский	6	4,67	-	-	4	0,56	-	-	-	-	2	4,11	-	-
Полоцкий	302	89,378	160	5,84	50	7,558	49	17,43	23	16,26	19	34,59	1	7,7
Поставский	101	37,081	45	1,75	24	3,851	17	5,73	8	6,43	6	9,76	1	9,56
Россоновский	145	81,841	82	2,49	26	3,861	10	3,34	11	8,28	15	36,47	1	27,4
Сенненский	26	16,73	-	-	14	1,94	2	0,82	4	2,36	6	11,61	-	-
Толочинский	3	1,25	-	-	-	-	2	0,71	1	0,54	-	-	-	-
Ушачский	133	76,232	56	1,833	34	5,149	18	6,25	11	6,98	10	21,93	4	34,09
Чашникский	25	57,72	1	0,09	12	1,82	3	0,94	4	2,09	3	7,34	2	45,44
Шарковичский	14	3,049	8	0,209	2	0,37	2	0,53	1	0,5	1	1,44	-	-
Шумяцкий	55	13,603	36	1,113	5	0,67	7	2,12	4	2,77	3	6,93	-	-

Гродненская	48	28,66	2	0,05	22	3,09	10	4,13	8	5,62	5	8,67	1	7,1
Гродненский	18	15,75	1	0,05	8	0,97	2	0,8	3	2,08	3	4,75	1	7,1
Дзержинский	1	0,1	1	-	1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Литовский	2	0,3	-	-	2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Мостовский	2	0,59	-	-	3	0,1	1	0,49	-	-	-	-	-	-
Новогрудский	2	2,69	-	-	-	-	1	0,45	-	-	1	2,24	-	-
Островецкий	11	3,72	1	0	4	0,65	4	1,6	2	1,47	-	-	-	-
Слонимский	3	0,87	-	-	2	0,42	1	0,45	-	-	-	-	-	-
Сморгонский	3	1,15	-	-	1	0,14	1	0,34	1	0,65	-	-	-	-
Столбцовский	1	0,92	-	-	-	-	-	-	1	0,92	-	-	-	-
Щучинский	5	2,59	-	-	3	0,41	-	-	1	0,5	1	1,68	-	-
Брестская	48	99,9	1	0,06	18	2,76	8	2,66	8	5,02	7	14,87	6	74,53
Барановичский	5	1,39	-	-	2	0,27	2	0,57	1	0,55	-	-	-	-
Березовский	3	33,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	53,86
Брестский	8	2,19	-	-	5	0,76	1	0,43	2	1	-	-	-	-
Ганцелицкий	3	0,49	-	-	3	0,49	-	-	-	-	-	-	-	-
Дрогичинский	1	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5,2
Ивановский	6	6,89	-	-	1	0,13	-	-	1	0,51	4	6,25	-	-
Ивацелицкий	5	36,49	-	-	1	0,1	1	0,41	1	0,51	-	-	2	55,47
Кобринский	1	1,83	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,83	-	-
Лунинский	3	0,65	-	-	2	0,34	1	0,31	-	-	-	-	-	-
Ляховичский	1	0,06	1	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Медовицкий	3	7,11	-	-	-	-	1	0,32	-	-	2	6,79	-	-
Павловский	4	2,09	-	-	-	-	2	0,62	2	1,47	-	-	-	-
Пелюцкий	1	0,23	-	-	1	0,23	-	-	-	-	-	-	-	-
Созинский	4	1,42	-	-	3	0,44	-	-	1	0,98	-	-	-	-
Гомельская	38	55,2	-	-	24	4,26	9	2,98	3	2,61	1	1,56	1	43,79
Брагинский	1	0,18	-	-	1	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-
Гомельский	2	0,32	-	-	2	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-

Окончание явил. 2

Область-район	Всего	Общая площадь, км²	Площадь < 0,10 км²		Площадь 0,10-0,25 км²		Площадь 0,26-0,50 км²		Площадь 0,51-1,0 км²		Площадь 1,01-5,00 км²		Площадь более 5,00 км²	
			всего	площадь	всего	площадь	всего	площадь	всего	площадь	всего	площадь	всего	площадь
Алтайский	1	0,87	-	-	-	-	-	-	1	0,87	-	-	-	-
Архангельский	3	45,56	-	-	1	0,21	-	-	-	-	1	1,56	1	43,79
Алтайский	4	0,83	-	-	3	0,53	1	0,3	-	-	-	-	-	-
Калужский	5	1,21	-	-	3	0,55	2	0,66	-	-	-	-	-	-
Калужский	1	0,12	-	-	1	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
Костромской	1	0,42	-	-	-	-	1	0,42	-	-	-	-	-	-
Костромской	6	0,99	-	-	6	0,99	-	-	-	-	-	-	-	-
Костромской	1	0,32	-	-	-	-	1	0,32	-	-	-	-	-	-
Костромской	2	1	-	-	1	0,22	-	-	1	0,78	-	-	-	-
Костромской	3	0,81	-	-	2	0,38	1	0,43	-	-	-	-	-	-
Костромской	5	1,95	-	-	1	0,14	3	0,85	1	0,96	-	-	-	-
Костромской	3	0,62	-	-	3	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-
Костромской	55	194,615	5	0,245	18	2,91	10	3,77	8	5,19	6	12,42	8	170,08
Костромской	2	0,3	-	-	2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Костромской	2	7,95	-	-	-	-	1	0,27	-	-	-	-	1	7,68
Костромской	4	11,52	-	-	1	0,16	-	-	2	1,39	-	-	1	9,97
Костромской	4	16,56	-	-	-	-	2	0,72	1	0,64	-	-	1	15
Костромской	3	3,94	-	-	1	0,12	-	-	1	0,58	1	3,24	-	-
Костромской	27	146,055	5	0,245	7	1,13	5	1,93	3	2	2	3,32	5	137,43
Костромской	1	0,19	-	-	1	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-
Костромской	3	3,5	-	-	1	0,17	-	-	1	0,58	1	2,75	-	-
Костромской	3	3,51	-	-	-	-	1	0,4	-	-	2	3,11	-	-
Костромской	4	0,7	-	-	4	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-

Количество и объем водной массы обследованных озер по бассейнам и системам рек Беларуси

Система, бассейн	Всего, шт.	Объем, млн м ³	Объем, < 1 млн м ³		Объем, 1-5 млн м ³		Объем, 5,1-10 млн м ³		Объем, 10,1-20 млн м ³		Объем, 20,1-40 млн м ³		Объем, 40,1-100 млн м ³		Объем, > 100 млн м ³	
			всего	объем	всего	объем	всего	объем	всего	объем	всего	объем	всего	объем	всего	объем
Зап. Двина	468	3476,45	147	78,12	205	489,04	52	354,43	31	437,74	13	342,94	14	863,16	6	911,02
Валюца	2	2,4	1	0,82	1	1,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ветр	17	146,91	8	4,29	4	12,95	2	13,27	1	11,1	-	-	2	105,3	-	-
Дзеса	69	571,19	12	4,81	38	89,77	10	61,17	4	50,23	1	23,62	2	108,1	2	233,49
Дрисса	45	402,87	11	7	19	52,33	8	56,04	4	58,49	-	-	2	125,01	1	104
Друцка	50	631,17	19	8,4	15	27,34	5	37,18	7	102,91	1	30,51	1	94,3	2	330,53
Зап. Двина	23	45,95	8	4,01	13	29,3	2	12,64	-	-	-	-	-	-	-	-
Кавчая	2	16,74	-	-	-	-	1	5,62	1	11,12	-	-	-	-	-	-
Кричица	5	55,17	-	-	2	4,13	1	9,12	1	15,09	1	26,83	-	-	-	-
Дубровица	8	132,98	2	1,05	3	9,95	1	8,52	-	-	1	51,46	1	82	-	-
Дукля	8	33,18	1	0,85	5	16,53	2	15,8	-	-	-	-	-	-	-	-
Мерца	9	29,99	4	2,73	2	5	2	11,24	1	11,02	-	-	-	-	-	-
Нача	11	30,26	3	1,6	6	17,55	2	11,11	-	-	-	-	-	-	-	-
Обоха	25	185,48	7	3,14	10	22,75	2	13,27	4	56,46	1	22,91	1	66,95	-	-
Островица	3	16,98	-	-	2	5,58	-	-	1	11,4	-	-	-	-	-	-
Полога	9	16,08	2	1,39	6	8,66	1	6,03	-	-	-	-	-	-	-	-
Сетра	4	11,57	-	-	4	11,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Соснига	4	12,02	-	-	3	5,56	1	6,46	-	-	-	-	-	-	-	-
Туховица	49	554,06	11	6,78	22	52,5	7	53,43	3	42,52	4	114,09	2	84,74	-	-
Угла	58	516,4	27	14,18	22	44,26	2	11,56	4	67,4	-	-	2	156	1	243
Усвята	8	30,74	5	2,84	2	6,11	-	-	-	-	1	21,79	-	-	-	-

ОХОНУЧАІЕ ЛІСЫ 3

Сістэма, дасягненні	Всяго шт.	Аб'ём, млн м ³	Аб'ём, < 1 млн м ³		Аб'ём, 1-5 млн м ³		Аб'ём, 5,1-10 млн м ³		Аб'ём, 10,1-20 млн м ³		Аб'ём, 20,1-40 млн м ³		Аб'ём, 40,1-100 млн м ³		Аб'ём, > 100 млн м ³
			всёго	аб'ём	всёго	аб'ём	всёго	аб'ём	всёго	аб'ём	всёго	аб'ём	всёго	аб'ём	
Улічана	50	131,82	24	12,67	22	55,74	2	14,79	-	-	2	48,62	-	-	-
Чарогастанцыя	4	74,77	-	-	2	6,83	1	7,18	-	-	-	-	1	60,76	-
Шарога	5	27,72	2	1,56	2	3,05	-	-	-	-	1	23,11	-	-	-
Нельва	30	553,87	6	3,81	13	33,16	3	18,53	4	56,71	2	47,3	1	70,1	1
Вару	28	501,1	6	3,81	13	33,16	2	10,76	4	56,71	1	22,3	1	70,1	1
Могиль	1	7,77	-	-	-	-	1	7,77	-	-	-	-	-	-	-
Мухавец	3	17,33	-	-	2	6,5	-	-	1	10,83	-	-	-	-	-
Старожа	2	3,65	-	-	2	3,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Щапа	12	57,1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	57,1	-	-	-
Зал. Буг	6	21,41	1	0,43	4	10,15	-	-	1	10,83	-	-	-	-	-
Зал. Буг	1	0,45	1	0,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Прыпяць	18	155,52	2	0,44	9	21,46	2	13,8	2	28,45	3	91,37	-	-	-
Прыпяць	3	32,04	-	-	2	4,69	-	-	-	-	1	27,35	-	-	-
Дэва	4	16,8	-	-	2	3	2	13,8	-	-	-	-	-	-	-
Пічч	1	3,51	-	-	1	3,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Трышч	1	0,35	1	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ясельца	8	70,72	1	0,09	4	10,26	-	-	2	28,45	1	31,92	-	-	-
Дзвэр	14	50,66	5	2,97	6	21,6	2	13,22	1	12,87	-	-	-	-	-
Берэзавка	1	3,52	-	-	1	3,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Берэзавка	10	42	3	2,17	4	13,74	2	13,22	1	12,87	-	-	-	-	-
Бобр	1	0,66	1	0,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Оршчыц	2	4,48	1	0,14	1	4,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Лявель	6	34,75	1	0,51	3	8,97	1	9,36	1	15,91	-	-	-	-	-

Количество и объем водной массы обследованных озер
по административным районам Беларуси

Область, район	Васто- шт.	Объем, млн м ³	Объем, < 1 млн м ³		Объем, 1-5 млн м ³		Объем, 5,1-10 млн м ³		Объем, 10,1-20 млн м ³		Объем, 20,1-30 млн м ³		Объем, 40,1-100 млн м ³		Объем, > 100 млн м ³	
			всего	объем	всего	объем	всего	объем	всего	объем	всего	объем	всего	объем	всего	объем
Витебская	486	3381,09	153	81,91	215	525,94	53	364,1	53	466,52	14	365,24	13	768,36	5	309,02
Березинский	19	101,42	9	5,1	7	16,98	1	7,18	1	11,4	-	-	1	60,76	-	-
Браславский	76	950,25	26	10,55	27	59,63	7	45,47	9	128,07	1	30,51	3	214	3	462,02
Вельичинский	6	163,45	2	1,59	1	1,8	-	-	1	15,75	-	-	1	40,29	1	104
Витебский	15	61,75	3	2,38	9	19,52	1	5,62	1	11,12	1	23,11	-	-	-	-
Глубокский	20	141,48	1	0,52	13	34,85	2	13,72	2	25,07	1	23,62	1	43,7	-	-
Гордziejский	40	364,5	13	6,75	14	37,18	3	23,09	5	72,37	3	76,16	2	148,95	-	-
Докшицкий	8	35,05	3	2,17	2	6,79	2	13,22	1	12,87	-	-	-	-	-	-
Дзельский	48	196,38	10	5,8	28	63,41	7	49,4	2	36,57	-	-	1	41,2	-	-
Дрожицкий	1	4,46	-	-	1	4,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Мядельский	29	133,86	12	7,02	9	22,77	5	31,95	2	22,12	-	-	1	50	-	-
Оршанский	3	14,21	1	0,14	1	4,34	1	9,73	-	-	-	-	-	-	-	-
Полоцкий	62	212,86	21	11,79	31	70,14	7	46,67	1	19,01	1	23,49	1	41,76	-	-
Росльский	24	78,89	6	3,35	13	29,41	4	23,85	-	-	1	22,3	-	-	-	-
Росомонский	51	215,01	6	3,45	15	43,07	6	41,03	3	42,74	-	-	1	84,72	-	-
Семеновский	12	74,49	3	1,8	5	15,58	2	15,19	1	15,09	1	26,83	-	-	-	-
Ушачский	64	322,56	25	13,81	25	60,02	6	43,02	2	23,51	5	139,22	1	42,98	-	-
Чашницкий	20	293,99	11	5,24	6	12,92	-	-	2	50,83	-	-	-	-	1	243
Щарошицкий	1	4,25	-	-	1	4,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Щучинский	8	19,29	1	0,47	7	18,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Окончание янв. 4

Область, район	Всего шт.	Объем млн м ³	Объем, < 1 млн м ³		Объем, 1-3 млн м ³		Объем, 3,1-10 млн м ³		Объем, 10,1-20 млн м ³		Объем, 20,1-40 млн м ³		Объем, 40,1-100 млн м ³		Объем, > 100 млн м ³	
			всего	объем	всего	объем	всего	объем	всего	объем	всего	объем	всего	объем	всего	объем
Минская	20	465,19	3	1,92	6	16,77	3	18,63	4	56,71	-	-	2	164,9	2	206,26
Витебский	2	24,12	-	-	1	4,33	-	-	1	19,79	-	-	-	-	-	-
Куплянский	1	94,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	94,8	-	-
Лобанский	1	3,51	-	-	1	3,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Могилевский	15	342,1	2	1,26	4	8,93	3	18,63	3	56,92	-	-	1	70,1	2	206,26
Сморгонский	1	0,66	1	0,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Брестская	22	170,72	2	0,52	12	28,1	2	13,8	3	59,28	3	89,02	-	-	-	-
Березовский	3	60,37	-	-	-	-	-	-	2	28,45	1	31,92	-	-	-	-
Брестский	3	4,08	1	0,43	2	3,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ивьевский	4	18,01	-	-	2	4,21	2	13,8	-	-	-	-	-	-	-	-
Игуменский	4	63,16	-	-	2	6,06	-	-	-	-	2	57,1	-	-	-	-
Кобринский	1	10,83	-	-	-	-	-	-	1	10,83	-	-	-	-	-	-
Лядвенский	1	1,75	-	-	1	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Медарский	2	6,5	-	-	2	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Пинский	4	6,02	1	0,09	3	5,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Гродненская	12	27,79	3	1,58	8	18,44	1	7,77	-	-	-	-	-	-	-	-
Новогрудский	1	7,77	-	-	-	-	1	7,77	-	-	-	-	-	-	-	-
Островецкий	10	19,53	2	1,03	8	18,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сморгонский	1	0,49	1	0,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Гомельская	2	27,7	1	0,35	-	-	-	-	-	-	1	27,35	-	-	-	-
Жуковский	1	27,35	-	-	-	-	-	-	-	-	1	27,35	-	-	-	-
Петриковский	1	0,35	1	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Природные особенности озер Беларуси	5
1.1. Анализ озерного фонда республики	5
1.2. Многолетняя изменчивость озер Беларуси под влиянием естественных факторов.....	29
2. Природные ресурсы и хозяйственное использование озер	43
2.1. Запасы и качество ресурсов озер	43
2.2. Использование озер в хозяйственной деятельности.....	73
2.3. Природно-хозяйственная классификация озер.....	101
3. Оценка состояния и изменения озер под влиянием хозяй- ственной деятельности	110
3.1. Воздействие гидротехнического строительства.....	111
3.2. Влияние осушительной мелиорации на озерные водоемы.....	117
3.3. Воздействие сельскохозяйственного производства на озера...	138
3.4. Последствия влияния селитебных территорий и рекреацион- ного использования.....	143
3.5. Изменение озер под влиянием промышленного производства	152
3.6. Трансформация озер под влиянием изъятия ресурсов.....	162
4. Прогноз развития и пути управления лимносистемами	175
Заключение	187
Литература	189
Приложения	199

Научное издание

Власов Борис Павлович

**АНТРОПОГЕННАЯ
ТРАНСФОРМАЦИЯ
ОЗЕР БЕЛАРУСИ:
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ
СОСТОЯНИЕ, ИЗМЕНЕНИЯ
И ПРОГНОЗ**

В авторской редакции

Технический редактор *Г. М. Романчук*
Корректор *Е. И. Бондаренко*
Компьютерная верстка *Г. С. Гигевич*

Ответственный за выпуск *А. Г. Кутцова*

Подписано в печать 15.10.2004. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,09. Уч.-изд. л. 12,78. Тираж 100 экз. Зак. **1055**

Белорусский государственный университет.
Лицензия на осуществление издательской деятельности
№ 02330/0056804 от 02.03.2004.
220050, Минск, проспект Франциска Скорины, 4.

Отпечатано с оригинала-макета заказчика
в Республиканском унитарном предприятии
«Издательский центр Белорусского государственного университета».
Лицензия на осуществление полиграфической деятельности
№ 02330/0056850 от 30.04.2004.
220030, Минск, ул. Красноармейская, 6.



ISBN 985-485-299-7



9 789854 852997

