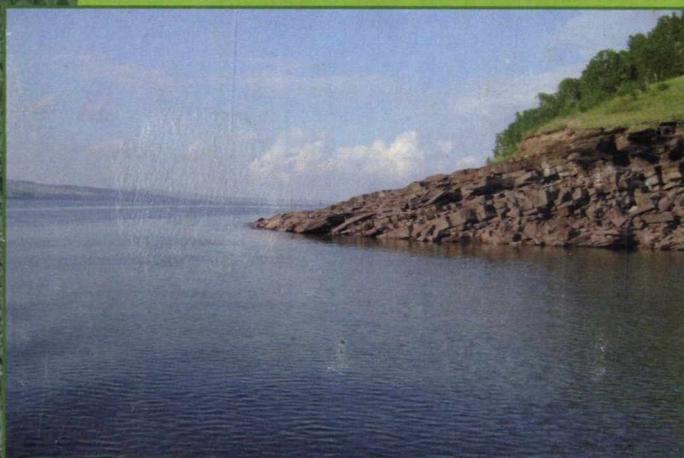




# Красноярское водохранилище: мониторинг, биота, качество вод



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Красноярское водохранилище:  
мониторинг, биота, качество вод**

Красноярск  
СФУ  
2008

УДК Т-2547.572.539

ББК 28.082.3

К 78

Коллектив авторов: А.В. Агеев, И.А. Гаевский, М.И. Гладышев, Л.А. Глушенко, З.Г. Гольд, В.М. Гольд, Г.А. Еникеев, И.Г. Еникеева, Е.А. Иванова, Н.А. Кожевникова, И.И. Морозова, И.М. Попельницкая, В.Е. Распопов, Г.Н. Скопцова, В.А. Сапожников, Б.В. Олейников, С.М. Чупров, С.П. Шулепина, А.В. Шапошников

Рецензент – доктор биологических наук, проф. Д.И. Стом

**К 78** Красноярское водохранилище: мониторинг, биота, качество вод: монография / под ред. акад. А.Ф. Алимова, д-ра биол. наук М.Б. Ивановой; отв. за вып.. проф. З.Г. Гольд. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2008. – 538 с.

ISBN 978-5-7638-1237-4

В коллективной монографии обобщены результаты экологического мониторинга, проведенного сотрудниками, аспирантами и студентами Красноярского государственного университета (в настоящее время это Сибирский федеральный университет) в 1977-2005 гг. на Красноярском водохранилище.

Впервые для Красноярского водохранилища по многолетним мониторинговым рядам наблюдений дан анализ синхронно полученных на водоеме материалов по гидрологическому, гидрохимическому и гидробиологическому режимам; приведены списки видового состава фито-, зоопланктона, зообентоса, перифитона, физиолого-биохимические характеристики рыб. Показана структурно-функциональная организация биоты, динамика ее продукционно-деструкционных показателей. Рассчитаны регрессионные уравнения по количественной связи средневегетационных и августовских величин плотности, продукции и деструкции составляющих биоты. Впервые для Красноярского водохранилища дана комплексная оценка качества воды по химическим и биологическим (биоиндикация, биотестирование) дескрипторам, приведены модифицированные для Красноярского водохранилища: «система сапротоксобного анализа», «система биотического индекса Вудивисса», «Унифицированный классификатор оценки качества воды по химическим и биологическим показателям»; по многолетним мониторинговым рядам наблюдений по фито-, зоопланктону дана оценка состояния экосистемы, определены ее экологические модификации. Впервые для Красноярского водохранилища описаны математические аспекты анализа биоты и качества вод, информационная модель состояния экосистемы водохранилища.

Книга рассчитана на специалистов и студентов-гидроэкологов широкого профиля, работников рыбного хозяйства, специалистов по использованию и охране водных ресурсов.

УДК Т-2547.572.539

ББК 28.082.3

ISBN 978-5-7638-1237-4

© Сибирский федеральный университет, 2008

MINISTRY of EDUCATION and RESEARCH  
Of the RUSSIAN FEDERATION  
FEDERAL AGENCY for EDUCATION

Federal State Education Institution for Higher Education  
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

# **Krasnoyarsk Water Reservoir: Monitoring, Biota, Water Quality**

Krasnoyarsk 2008

УДК Т-2547.572.539  
ББК 28.082.3

Authors: A.V. Ageev, I.A. Gaevskiy, M.I. Gladyshev, L.A. Glushchenko, Z.G. Gold, V.M. Gold, G.A. Enikeev, I.G. Enikeeva, E.A. Ivanova, N.A. Kozhevnikova, I.I. Morozova, I.M. Popelnitskaya, V.E. Raspopov, G.N. Skoptsova, V.A. Sapozhnikov, B.V. Oleynikov, S.M. Chuprov, S.P. Shulepina, A.V. Shaposhnikov.

Reviewer professor D. I. Stom, Doctor of Sciences in Biology

**Krasnoyarsk Water Reservoir: monitoring, biota, water quality**

ISBN 978-5-7638-1237-4

This joint work generalizes the results of the Krasnoyarsk water reservoir ecological monitoring held by the faculty, researchers and students of Krasnoyarsk State University (at the moment Siberian Federal University) in 1977-2005.

For the first time during the existence of the Krasnoyarsk water reservoir the many years monitoring survey resulted in the analysis of synchronously gained hydrological, hydro-chemical and hydro-biological materials; species compositions of phyto-, zooplankton, zoobenthos, periphyton have been listed; fish physiological biochemical characteristics have been given. Biota structural functioning organization, its productive-destructive dynamics have been shown. Regression equations have been calculated by quantitative link between average-vegetation and august values of the biota components' density, production and destruction. The complex evaluation of the water quality by its chemical and biological (bio-indication, bio-testing) descriptors has been done for the first time; the following systems modified for the Krasnoyarsk water reservoir have been developed: «system of saprotaxob analysis», «Woodiviss biotic index system», «Unified classifier of water quality assessment by chemical and biological values»; the ecosystem condition has been evaluated by many-year monitoring survey of phyto-, and zooplankton has been done and its ecological modifications have been determined. The mathematical aspects of the biota and water quality analysis and the computer model of the water reservoir ecosystem condition have been described for the first time.

The monograph is aimed at professionals and students majoring in hydro-ecology, fish breeding industry, experts in environmental protection and use of water resources.

Edited by Academician A. F. Alimov and Doctor of Sciences in Biology M. B. Ivanova.

Person in charge of the issue professor Z. Gold

УДК Т-2547.572.539  
ББК 28.082.3

ISBN 978-5-7638-1237-4

© Siberian Federal University, 2008.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> (З.Г. Гольд) .....	7
<b>Глава 1. Стратегия и тактика организации экологического мониторинга на Красноярском водохранилище</b> (З.Г. Гольд, А.В. Шапошников, В.М. Гольд).....	11
<b>Глава 2. Основные характеристики гидрологического, гидрофизического и гидрохимического режимов Красноярского водохранилища</b> (З.Г. Гольд).....	33
2.1. Морфометрические и гидрологические характеристики .....	34
2.2. Гидрохимическая характеристика .....	62
<b>Глава 3. Структурные характеристики водных сообществ Красноярского водохранилища</b> .....	87
3.1. Высшая водная растительность (З.Г. Гольд, Е.А. Иванова).....	88
3.2. Фитопланктон (Е.А. Иванова, Н.А. Кожевникова, Л.А. Глуценко).....	95
3.3. Зоопланктон (И.И. Морозова, Г.А. Еникеев, И.Г. Еникеева).....	137
3.4. Бактериопланктон (Е.Л. Мучкина).....	163
3.5. Макрозообентос Красноярского водохранилища (З.Г. Гольд, Г.Н. Скоцова, С.П. Шулепина, А.В. Агеев).....	189
3.6. Нейстон (М.И. Гладышев) .....	231
3.7. Ихтиофауна (С.М. Чупров) .....	247
3.7.1. Таксономическое разнообразие, биолого-экологические характеристики.....	247
3.7.2. Анализ гематологических показателей рыб.....	278
3.7.3. Паразитофауна рыб.....	281
3.8. Перифитон (Л.А. Глуценко, И.И. Морозова) .....	291
3.8.1. Фитоперифитон.....	291
3.8.2. Зооперифитон.....	302
<b>Глава 4. Функционирование водных сообществ Красноярского водохранилища</b> .....	319
4.1. Определение структурно-функциональных показателей альгоценоза на основе данных флуоресцентного анализа (И.А. Гаевский) .....	320
4.2. Вклад составляющих планктона Красноярского водохранилища в деструкцию органического вещества (И.М. Попельницкая) .....	339
4.3. Продукционно-деструкционные характеристики планктонных и донных сообществ Красноярского водохранилища (З.Г. Гольд) .....	361
4.3.1. Первичная продукция и деструкция органического вещества планктона ...	361
4.3.2. Продукция и деструкция органического вещества гетеротрофного звена сообществ экосистемы .....	376
4.3.3. Взаимосвязь продукционно-деструкционных характеристик биоты.....	413
<b>Глава 5. Качество воды и трофический статус Красноярского водохранилища</b> (З.Г. Гольд).....	425
5.1. Качество воды по химическим показателям .....	427
5.2. Токсичность вод .....	431
5.3. Оценка качества воды по структуре природных сообществ .....	438
5.4. Анализ итоговых оценок качества воды .....	459

5.5. Трофический статус Красноярского водохранилища .....	463
<b>Глава 6. Развитие автоматизации информационно-математического обеспечения гидробиологических исследований Красноярского водохранилища (Б.В. Олейников) .....</b>	<b>473</b>
6.1. Создание диалоговой информационно-обрабатывающей системы для гидробиологических исследований .....	474
6.2. Разработка мобильной информационно-графической системы .....	477
6.3. Разработка табличного процессора экспресс-подготовки исходных гидробиологических данных для последующего математико-статистического анализа.....	480
6.4. Ошибки исходных гидробиологических данных и проблема восстановления пропущенных значений в гидробиологических базах данных .....	486
6.5. Обобщенный коэффициент подобия для биоценологических исследований .....	492
<b>Глава 7. Математическая модель экосистемы Красноярского водохранилища (В.Е. Распопов, В.А. Сапожников).....</b>	<b>507</b>
7.1. Построение и обсуждение математической модели общего вида .....	508
7.2. Вычислительный эксперимент по точечной модели .....	511
7.3. Вычислительный эксперимент с учетом диффузионных процессов .....	517
7.4. Идентификация параметров модели с помощью решения обратных задач .....	520
<b>Заключение (З. Г. Гольд) .....</b>	<b>529</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ



Красноярское водохранилище – второе каскадное водохранилище (первое в каскаде – Саяно-Шушенское) в верхнем течении р. Енисей. Заполнение было осуществлено за четыре года (1967-1970). С 1971 г. Красноярское водохранилище функционирует как самостоятельный искусственный водный объект. Год издания данной монографии (2008) приходится на возраст водохранилища 38 лет. Это предгорное водохранилище, очень глубокое (у плотины 105 м), с большой степенью сработки (колебания) уровня (6-18 м) воды.

Красноярское море, так зовут его сегодня вопреки гидрологическим принципам, служит (по определению Б.А. Растоскуева, 1992) главным резервуаром энергии Красноярской ГЭС со среднемноголетней выработкой электроэнергии 20,4 млрд кВт•ч. Все трудности и радости в процессе проектирования, строительства Красноярской ГЭС и водохранилища, мужество, высокий профессионализм специалистов и строителей хорошо описаны Б.А. Растоскуевым (1992) в книге «Красноярская ГЭС: люди и свершения».

Серьезные, профессиональные исследования с первых лет заполнения и формирования экосистемы Красноярского водохранилища провели сотрудники Сибирского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института (СибрыбНИИпроект), Центрального сибирского ботанического сада АН СССР, Сибирского научно-исследовательского института энергетики (СибНИИЭ), Красноярского отделения государственного института «Гидропроект», Сибирского филиала Всесоюзного научно-исследовательского института гидрогеологии им. Б.Е. Веденеева. Ответственной «хозяйкой», выполняющей работы по гидрометеорологии и гидрохимии с первых дней и по настоящее время, является Дивногорская гидрометеорологическая обсерватория.

Значимо возросло число исследователей Красноярского водохранилища с открытием Красноярского государственного университета. Сотрудники и студенты университета во главе с кандидатом биологических наук И.И. Смольяновым с первых дней заполнения водохранилища выполняли обширные рыбоводно-

акклиматизационные разработки, изучали размножение рыб, развитие, питание, систематику и т.д. Надежным помощником и преемником работ И.И. Смольянова стал Е.А. Штейнберг, они заложили основы ихтиологических исследований в Красноярском университете. С 1974 г. расширился круг гидробиологического цикла работ, переросший с 1977 г. в полнопрограммный экологический мониторинг Красноярского водохранилища. В 1981 г. совместным постановлением научного совета Красноярского краевого комитета КПСС и президиума Красноярского филиала Сибирского отделения АН СССР была утверждена комплексная научно-техническая программа «Чистый Енисей». Функции головной организации по разработке и реализации программы были возложены на Институт биофизики СО АН СССР (Дегерменджи, 1983; Абросов, 1986\*). За Красноярским государственным университетом по данной программе были закреплены верхнеенисейские водохранилища (Красноярское и Саянское). Одним из важных итогов комплекса работ по экологическому мониторингу Красноярского водохранилища можно считать формирование базы «Биота» и ее государственную регистрацию [Свид. №202003620149]. Универсальная база экологической информации «Биота» Красноярского водохранилища, сформированная под руководством и авторством З.Г. Гольд, является первым в Сибири примером формирования «хранилища» первичных экологических данных за 29 лет (1977-2005) (см. гл. 1 настоящей монографии).

По результатам исследований на Красноярском водохранилище за период заполнения и его самостоятельного функционирования материалы обобщены и опубликованы в следующих сборниках и цитированы в настоящей монографии:

- Биологические исследования Красноярского водохранилища. – Новосибирск: Наука, 1975.
- Формирование берегов Красноярского водохранилища /В.С. Кусковский, Ю.И. Подлипский, В.И. Савкин, В.И. Широков. – Новосибирск: Наука, 1974.
- Биологические процессы и самоочищение Красноярского водохранилища / под ред. З.Г. Гольд. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1980.
- Экологические исследования водоемов Красноярского края /отв. ред. И.М. Гительзон. – Красноярск: Ин-т биофизики СО АН СССР, 1983.
- Комплексные исследования экосистем бассейна реки Енисей /отв. ред. И.И. Гительзон, отв. за вып. З.Г. Гольд. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1985.
- Водохранилища Сибири: Ангаро-Енисейский бассейн: Справочник. – Красноярск: Сиб. НИИ гидротехники и мелиорации, 1987.

---

\* Дегерменджи А.Г. Задачи и цели научно-технической программы «Чистый Енисей» /А.Г. Дегерменджи, Ю.В. Межвикина, В.В. Адамович, О.Г. Морозова //Экологические исследования водосмов Красноярского края. – Красноярск: Ин-т биофизики СО РАН, 1983. – С. 3-11.

Абросов Н.С. Программа «Чистый Енисей»: задачи и пути исследований //Методологические проблемы целевой ориентации научно-технического прогресса региона. – Новосибирск: Наука, 1986. – С. 143-153.

- Формирование берегов Ангаро-Енисейских водохранилищ /под ред. Ю.И. Подлипского. – Новосибирск: Наука, 1988.
- Космаков И.В. Термический и ледовый режим в верхних и нижних бьефах высоконапорных гидроэлектростанций на Енисее. – Красноярск, 2001.

В настоящей работе не использована биологическая информация из монографии «Красноярское водохранилище» (авторы: А.А. Вышегородцев, И.В. Космаков, Т.Н. Ануфриева, О.А. Кузнецова. Новосибирск: Наука, 2005.), так как в нее включены данные некоторых исследователей в искаженном виде и контрафактные материалы.

Большой объем организационно-контрольных работ за состоянием, благоустройством акватории и берегов Красноярского водохранилища выполняет Федеральное государственное учреждение «Управление эксплуатации Красноярского водохранилища».

В настоящей монографии авторы, работавшие на Красноярском водохранилище в разные периоды, обобщили результаты экологического мониторинга по синхронно полученным материалам по гидрологии, гидрохимическому и гидробиологическому режимам и провели анализ:

- пространственно-временной динамики уровня воды, прозрачности и температуры;
- динамики химических ингредиентов, баланса органического вещества;
- структурно-функциональной организации биоты, динамики ее видового разнообразия;
- продукционно-деструкционных показателей средневегетационных и августовских величин различных биотических характеристик;
- качества воды по комплексу химических и биологических (биоиндикация, биотестирование) дескрипторов.

Для Красноярского водохранилища разработаны и адаптированы:

- система биотического индекса Вудивисса;
- унифицированный классификатор качества воды по химическим и биологическим показателям;
- информационная модель состояния экосистемы;
- автоматизированная система информационно-математического обеспечения гидробиологических исследований.

Настоящая монография является первой частью обобщений материалов 29-летнего экологического мониторинга Красноярского водохранилища; во вторую часть планируется поместить результаты разработок на региональной основе по связям биотических и абиотических показателей, оценкам степени влияния различных факторов окружающей среды на динамику биотических характеристик сообществ, методам нормирования порогов в экологическом контроле и т.д.

За период 29-летнего экологического мониторинга Красноярского водохранилища в маршрутных съемках, стационарных работах, камеральных обработках, токсикологических экспериментах, статистических расчетах и других работах