

ИССЛЕДОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ БАЙКАЛА

УДК 502 (571.53)

Т. П. КАЛИХМАН

Институт географии СО РАН, г. Иркутск

ЭКОСИСТЕМЫ ЮГА ОЗЕРА БАЙКАЛ В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К АНТРОПОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

Представлен анализ процессов адаптации экосистем юга оз. Байкал с использованием обзора доступных рядов данных и наиболее очевидных индикаторов антропогенных изменений общего состояния отдельных компонентов экосистем, динамики количества и качества загрязнителей. Для рассмотрения наиболее известных факторов, таких как подъем уровня воды после сооружения плотины Иркутской ГЭС (одновременное и равномерное воздействие на всю экосистему озера), воздействие на лесные экосистемы южного побережья при воздушном переносе аэропромвыбросов Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (существенное, но локальное, в виде мозаично проявляющихся нарушений), нарушение гидрохимического режима при сбросе очищенных сточных вод в южной части акватории озера, использована простая модель, позволяющая в первом приближении дать оценки возможных сценариев развития процессов адаптации.

Ключевые слова: дигрессии экосистем, сценарии адаптации, поляризация, метастабильзация.

An analysis is made of the adaptation processes of the ecosystems in the southern part of Lake Baikal, based on using an overview of available data series and the most obvious indicators of anthropogenic changes in the general state of the individual components of ecosystems, and the dynamics of the amount and quality of pollutants. A treatment of the most known factors, such as the water-level rise after the construction of the Irkutsk Hydro dam (a time-coincident, uniform impact on the entire ecosystem of the lake), the influence on the forest ecosystems along the southern shores during the air transport of atmospheric industrial emissions from the Baikalsk paper and pulp mill (substantial but local, in the form of disturbances that manifest themselves mosaically), and a disturbance of the hydrochemical regime due to discharges of effluents in the southern part of the lake's water body, used a simple model to assess, in a first approximation, the possible scenarios of development of the adaptation processes.

Keywords: digression of ecosystems, adaptation scenario, polarization, metastabilization.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение нарушенности экосистем и пространственного соотношения существенно и незначительно измененных участков необходимо для решения задачи сохранения биотического и ландшафтного разнообразия, особенно при анализе эффективности территориальной охраны природы в бассейне оз. Байкал.

Антропогенные воздействия на экосистемы бассейна распределены неравномерно, и к основным территориям их негативного проявления обычно относят центральную и нижнюю части бассейна Селенги, а также районы Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК) и частично Иркутского водохранилища [1]. Подобное расположение участков с экосистемами, испытывающими наиболее значительное антропогенное воздействие, объясняется как природными, так и социально-историческими условиями освоения и промышленного развития территории бассейна. Описание процесса адаптации экосистем и определение его результатов существенно ограничивается полнотой и адекватностью включаемых в рассмотрение составляющих. Другая важная особенность данного описания — его согласование с известными представлениями о кризисах, дестабилизации и стабилизации в биологической эволюции, критическом состоянии экосистем, специфике антропогенного кризиса [2, 3].

Одно из наиболее точно фиксируемых в пространстве и времени преобразований в экосистеме оз. Байкал — произошедший полвека назад подъем уровня воды озера, связанный со строительством плотины Иркутской ГЭС. Вторым значимым фактором антропогенного воздействия на экосистему юга озера принято считать сооружение БЦБК, оценки которого достаточно противоречивы: от изменения качества 2/3 объема вод озера [4], до «состояния экологического благополучия» [5, с. 331]. Тем не менее до настоящего времени отсутствует общепринятая модель эволюционной трансформации экосистем юга оз. Байкал после подъема уровня воды и сооружения БЦБК, а известные описания процессов адаптации [2, 3] не всегда допускают их непосредственное приложение даже с учетом того, что экосистема обладает свойствами непрерывного самовосстановления и способна активно противостоять дестабилизирующему воздействию [6].

В качестве первого приближения может быть использована относительно простая модель, предназначенная для анализа динамики антропогенного воздействия на природные сообщества, в частности деградацию лесной растительности при урбаногенном влиянии [7]. Авторы модели декларируют концепцию устойчивого существования дестабилизируемых дендроэкосистем в условиях определенного уровня утраты исходного видового состава. Для этого вводится три основных понятия, или триада модели процессов дигрессии и стабилизации: упрощение (или «вульгаризация») видового состава, метастабиллизация при адаптации экосистемы к условиям антропогенной среды, поляризация (по [8]) в смысле сохранения островов возрождения утраченного биоразнообразия.

В модели выделяется четыре критических уровня в процессе распада лесной экосистемы: потеря естественной полночленной разновозрастной структуры; потеря нативного условно-коренного типа экосистемы и формирование метастабиллизированного — антропогенно-производного; полный распад типа экосистемы (зонального) и формирование аazonального или экстразонального типа растительности; полный распад конкретной локальной экосистемы в связи с глубокой антропогенной трансформацией экотопа, не способного воспринимать новую растительность.

Ниже с использованием приведенных определений критических уровней рассматриваются три принципиально различных вида антропогенного воздействия на экосистемы и выделены соответствующие типы их адаптации.

ПОДЪЕМ УРОВНЯ БАЙКАЛА ПОСЛЕ СООРУЖЕНИЯ ПЛОТИНЫ ИРКУТСКОЙ ГЭС

Сооружение плотины Иркутской ГЭС в связи с началом строительства каскада ГЭС на Ангаре привело к подъему среднего многолетнего уровня оз. Байкал и к изменению статистических характеристик естественного колебания уровня и стока (рис. 1, а). Достаточно быстрое заполнение Иркутского водохранилища в 1958–1962 гг. вызвало заметное размывание его берегов и побережья озера, смещение кормовых баз на более высокие уровни стояния воды и изменение нерестилищ, в том числе и на юге Байкала [9, 10].

В монографии «Гидроэнергетика и состояние экосистемы озера Байкал» выделяются несколько взаимосвязанных с зарегулированием стока факторов, влияющих на экосистему Байкала [11]: собственно поднятие уровня воды и увеличение площади прибрежно-соровой зоны, изменения годового хода уровня воды Байкала, температурного режима в прибрежно-соровой зоне, кормовой базы и смещение мест кормежки и нерестилищ. В период 1965–1975 гг. произошло измельчание омуля, т. е. средний вес рыб снизился от 300 до 100 г [12].

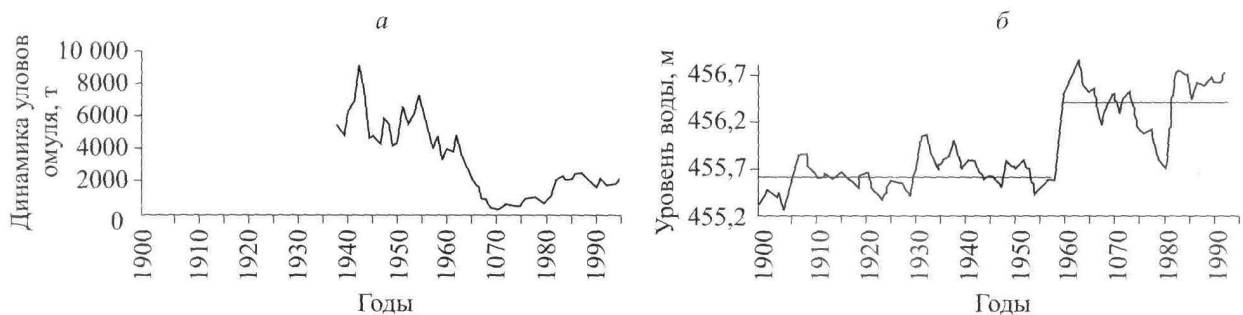


Рис. 1. Изменения уровня оз. Байкал и уловов омуля (по [11]).

а — динамика уловов омуля в оз. Байкал; б — среднегодовой уровень воды в оз. Байкал в периоды до (1899–1958 гг.) и после (1959–1994 гг.) зарегулирования. Прямые горизонталы — 455,611 и 456,356 м над ур. Тихого океана, соответственно.

В монографии И. Б. Волермана и В. В. Конторина [13] при расчете годового рациона омулей всех экологических групп в 1973–1975 гг. в сравнении с 1966–1967 гг. отмечены уменьшение доли рыбной пищи (а у прибрежного омуля — макрогектопуса) и возрастание количества эпишуры и макрогектопуса в рационе пелагического омуля, макрогектопуса — придонно-глубоководного, донных бокоплавов и кладоцер — в рационе прибрежного. О степени обеспеченности омуля пищей приводятся данные: «Для одновозрастных рыб этот показатель снизился на 42 %, таким образом, обеспеченность омуля пищей в 1974–1975 гг. по сравнению с 1966–1967 гг. составляла 58 %, а по сравнению с 1950-ми гг. по косвенным данным снижение обеспеченности пищей еще значительнее» [13, с. 128].

Замедление роста массы в большей степени наблюдалось среди 4–11-годовалых особей, чем среди рыб младших возрастов [12]. Поэтому резко изменившиеся кормовые условия на мелководьях Байкала в 1960-е гг. привели к общему снижению численности и размеров пелагических рыб, в том числе и омуля, что, в свою очередь, не позволило перейти им на полноценное питание рыбой, свойственное возрасту 4–11 лет, и повлекло снижение уловов омуля (см. рис. 1, б).

Экосистема Байкала на протяжении последних 50 лет находится в процессе адаптации к новому уровневому режиму, но очевидно также необходимость сохранения амплитуды колебаний уровня озера, не превышающей таковую до 1958 г., и возврата внутригодового (сезонного) хода уровня воды к его природной динамике (минимум в апреле, максимум в сентябре) до зарегулирования стока [14]. Остается только предположить, что наличие аквальных особо охраняемых природных территорий (ООПТ) на Байкале до подъема уровня воды в озере и запрет на изменение гидрологических условий, могли бы предотвратить последствия самого сильного в современной истории ущерба, нанесенного экосистеме озера, особенно ихтиофауне и прибрежным биотопам.

Таким образом, поднятие уровня озера привело к равномерному и продолжительному воздействию на всю его экосистему. Постепенная адаптация к новому антропогенному фактору привела к формированию некоторой метастабильной экосистемы с потерей ее нативного условно-коренного типа, особенно в характеристиках численности, размеров и качества кормовых организмов на мелководьях Байкала, а также к созданию антропогенно-производного типа, приспособившегося к новым условиям.

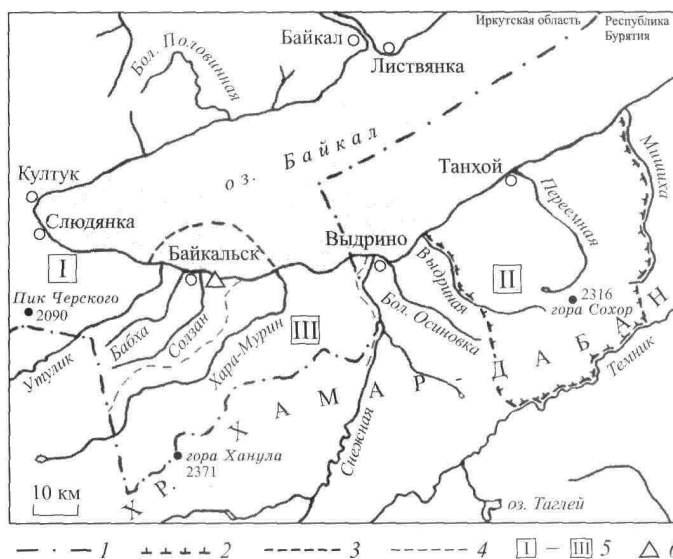
ВОЗДЕЙСТВИЕ АЭРОПРОМВЫБРОСОВ БЦБК НА ЛЕСА

Воздействие воздушных выбросов БЦБК на наземные экосистемы считается хорошо исследованным для лесов северного макросклона хр. Хамар-Дабан, обращенного к южной части озера. Здесь во всех высотных поясах господствует темнохвойная горная тайга — пихтовая и пихтово-кедровая — различных вариаций. Набор горнотаежных экосистем этого района уникален для бассейна Байкала, а растительные сообщества названы М. Г. Поповым «холодными субтропиками» [15, 16].

Вблизи БЦБК проходит геоботаническая граница, разделяющая лесные экосистемы северо-западного макросклона Хамар-Дабана на два геоботанических района — Снежинский (восточнее БЦБК) и Быстринский (западнее БЦБК и р. Солзан), а Пограничный — участок полидоминантного леса из кедра, ели и пихты в междуречье рек Снежная и Хара-Мурин (рис. 2). Снежинский геоботанический район характеризуется повышенной увлажненностью и абсолютным доминированием лесов с преобладанием пихты, а Быстринский — с преобладанием кедра с мощным пологом из пихты во втором ярусе и подлеском из кедрового стланика [17].

Рис. 2. Зоны влияния Байкальского ЦБК.

Границы: 1 — субъектов РФ, 2 — государственного природного биосферного заповедника «Байкальский», 3 — зоны гидрохимического воздействия очищенных стоков, 4 — геоботанических районов; 5 — геоботанические районы: I — Быстринский, II — Снежинский, III — Пограничный; 6 — местоположение Байкальского ЦБК.



— · — 1 + + + + 2 - - - - 3 - - - - 4 □ - ▢ 5 △ 6

Повреждение хвои. Первые сведения о локальных проявлениях пожелтения хвои пихты в Хамар-Дабане относятся к 1975 г. На усыхающих деревьях отмечалась высокая численность черного пихтового усача. В целом на северо-западном макросклоне Хамар-Дабана его численность к 1974–1976 гг. достигла пика развития и с этого времени приобрела самостоятельное значение как фактор усыхания пихтовых лесов [18]. Куртинное и рассеянное усыхание деревьев связано с периодом засухи (1974–1983 гг.), когда количество осадков по сравнению со среднемноголетним уменьшилось на 40 % [19], которое завершилось к 1984 г. Кроме того, на период 1976–1978 гг. пришлось массовая вспышка численности черного пихтового усача [19, 20].

Таким образом, появление ослабленных и сильно ослабленных лесов в центральной части Хамар-Дабана (Снежинский и Пограничный геоботанические районы) можно объяснить комбинированным действием засухи и энтомофагов. Выбросы БЦБК, ослабляя деревья, могли усугубить неблагоприятное воздействие факторов снижения увлажненности и вспышки численности черного пихтового усача, но прямой зависимости с повреждением хвои пихты зафиксировано не было.

Радиальный прирост деревьев. Другой показатель состояния лесных экосистем района — радиальный прирост деревьев. Пуск БЦБК и его выбросы в атмосферу должны были существенно изменить условия произрастания древостоев в зоне их непосредственного воздействия, особенно на высоте 500–550 м над ур. моря и в первые пять лет [20]. Однако только на трансекте Солзан, в зоне интенсивного влияния выбросов (БЦБК приурочен к устью этой реки) в 1971–1975, 1975–1980 и 1981–1985 гг. отмечен прирост ниже, чем в фоновых районах на той же высоте. На высоте 700–750 м над ур. моря в зоне влияния выбросов прирост в эти же периоды был либо выше, либо не отличался по интенсивности от прироста в фоновых районах [20]. Противоречивы данные по радиальному приросту пихт в высотных поясах 900–950, 1100–1150 и 1300–1400 м над ур. моря [9]. Остается предположить, что атмосферные выбросы БЦБК или не влияют на интенсивность радиального прироста пихты, или это влияние незначительно и не может проявиться на фоне природных факторов, определяющих прирост.

Доля ослабленных и усыхающих деревьев. Увеличение их числа отмечалось в высотных поясах 900–950 и 1100–1150 м над ур. моря на трансектах со значениями кислотности осадков и туманов средними и ниже средних. На трансекте Бол. Осиновка (Снежинский район, 5 км восточнее БЦБК), лежащей на высоте 900–950 м над ур. моря, в период вегетации растений значения pH колебалась от 4,4 до 4,7. Доля сильно ослабленных деревьев здесь составляла 12 %, доля усыхающих — 6, свежего и старого сухостоя — соответственно 6 и 14 %. При тех же значениях pH на трансекте Харлахта (Быстринский район, 5 км западнее БЦБК) сильно ослабленные деревья составляли 39,3 %, усыхающие — 3 и свежий сухостой — 6 %, а на трансекте Солзан сильно ослабленных деревьев было 31,3 % [9, 20]. Видно, что в зоне влияния воздушных выбросов БЦБК доли сильно ослабленных и усыхающих деревьев заметно выше, чем в фоновом районе.

Наземные горнотаежные экосистемы северо-западного макросклона Хамар-Дабана, как следует из приведенных данных, испытывают воздействие аэропромвыбросов БЦБК, причем оно сказывается на состоянии экосистем неравномерно. Путем наложения нескольких показателей (сохранность хвои, радиальный прирост, доля ослабленных и усыхающих деревьев) и учета связанных с природными условиями факторов (засушливые периоды, вспышки численности черного пихтового усача) выявляются участки нарушения лесных экосистем, не являющихся сплошными даже вблизи БЦБК.

ПОСЛЕДСТВИЯ НАРУШЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА В РАЙОНЕ БЦБК

В отличие от достоверных данных по результатам воздействия подъема уровня воды в озере и аэропромвыбросов БЦБК на леса Хамар-Дабана, последствия сброса очищенных стоков рассматриваются в основном с точки зрения произошедших обратимых или необратимых изменений экосистемы озера в целом, а также динамики количества и качества загрязнителей [1].

Деятельность БЦБК на юге озера уже в первое десятилетие после пуска и сброс очищенных стоков в Байкал привели к формированию зоны (около 30 км²) с нарушенным гидрохимическим режимом и загрязнением донных отложений, а также к изменениям гидробиологических и микробиологических характеристик вод (см. рис. 2). В докладах о состоянии озера в районе БЦБК за последние четыре года по-прежнему отмечается, что комбинат по объемам сбрасываемых сточных вод вносит значительный вклад в общее антропогенное воздействие на прибрежную акваторию, однако химический состав его сточных вод близок к комплексу веществ, образующихся в процессе естественного разрушения древесины, а уровни содержания в стоках некоторых химических компонентов сопоставимы с их содержанием в природных пресных водах [1].

Фоновыми показателями загрязнений Южного Байкала можно считать данные палеолимнологического изучения керн осадков с неповрежденным верхним слоем примерно за последние 100 лет [21]. Результаты анализа отразили начало периода индустриализации с середины прошлого века в виде роста концентрации углеродистых частиц, практически неизменное сохранение видового состава байкальских диатомовых водорослей и отсутствие свидетельств начала антропогенной эвтрофикации вод Байкала.

Известные, но спорные результаты гидробиологического контроля, свидетельствующие о неизменности трофической структуры экосистемы в зоне сброса очищенных сточных вод БЦБК, а также о «состоянии экологического благополучия» при сильном разбавлении стоков [5, с. 331], дополняемые заключениями об отсутствии существенных изменений состава фитопланктона и зоопланктона под воздействием антропогенных нагрузок [21], не позволяют составить представление о модели адаптации экосистем к загрязнениям.

Повышенное внимание исследователей обращалось также на присутствие в воде Байкала хлорорганических соединений, в частности диоксинов промышленного происхождения, связанных с деятельностью БЦБК. Результаты ряда международных экспедиционных и лабораторных исследований позволили определиться с порядками величин хлорорганических веществ, вероятными их источниками, показать «несостоятельность предварительных завышенных оценок поступления диоксинов в озеро за период работы комбината и неопределенность вклада различных источников поступления диоксинов в экосистему Байкала» [21, с. 62].

Исследования гидрохимических загрязнений дают возможность судить о достаточно высокой способности экосистемы озера к самоочищению, и, кроме того, не позволяют пока делать однозначные заключения о фиксации необратимых воздействий на экосистему [1, 5, 21]. Сброс комбинатом очищенных сточных вод формирует заметные нарушения на локальном участке экосистемы, при этом остальная — неизменная ее часть позволяет компенсировать утраченное биотическое разнообразие на поврежденном участке. Остановка варки целлюлозы на БЦБК и прекращение сбросов в ноябре 2008 г. могли стать исходными в задаче изучения адаптационного процесса восстановления нарушенного участка экосистемы, однако возобновление работы комбината в январе 2010 г. отодвигает решение задачи.

ПУТИ АДАПТАЦИИ ЭКОСИСТЕМ

Доступные ряды наблюдений за последнее столетие пока не дают однозначных свидетельств количественных и качественных изменений состояния популяций биоты юга Байкала, указывающих на очевидные и закономерно протекающие процессы адаптации экосистем к известным антропогенным воздействиям.

Рассмотрение трех принципиально различных видов антропогенного воздействия на экосистемы позволяет различить соответствующие типы их адаптации. В первом случае произошло одновременное и равномерное воздействие на всю экосистему Байкала при подъеме уровня воды после сооружения плотины Иркутской ГЭС; во втором наблюдались мозаично расположенные измененные участки лесных экосистем при доминирующем северо-западном воздушном переносе аэропромвыбросов БЦБК; в третьем — существенное, но локальное нарушение гидрохимического режима сбросами очищенных сточных вод в южной части акватории озера. С точки зрения используемой для анализа упрощенной модели адаптации можно предположить, что перечисленные процессы дигрессивной метастабильности экосистем адаптируют ее к определенному уровню деструктивного воздействия при сохранении стабильности коренных экосистем и отсутствии заметных потерь естественного видового разнообразия.

В условиях анализируемого продолжительного антропогенного воздействия в соответствии с моделью [7] возможна реализация двух сценариев. По первому из них на всей акватории озера вероятно равномерное развитие состояния полураспада, промежуточного между вторым и третьим критическими уровнями при значительной общей сохранности видового состава экосистемы, что следует из рассмотрения процессов адаптации при новом повышенном уровне воды в озере на примере популяции омуля.

Согласно второму сценарию, подверженная воздействию часть акватории затронута распадом весьма значительно, примерно между третьим и четвертым критическими уровнями, притом что соседние участки остаются практически неприкосновенными (между первым и вторым уровнями). Подобная ситуация следует из рассмотрения последствий нарушения гидрохимического режима сбросами очищенных сточных вод БЦБК.

Усложненный вариант второго сценария в виде мозаично расположенных нарушенных и ненарушенных участков может быть отнесен к ситуации воздействия аэропромвыбросов БЦБК на леса северо-западного макросклона Хамар-Дабана. Очевидно, что подобное очаговое расположение изме-

нений лесных экосистем, как и положение с загрязнением Байкала промышленными стоками БЦБК, согласуется с известной концепцией экологической поляризации ландшафтов Б. Б. Родомана [8] как основного стабилизирующего механизма в стрессовой ситуации. Кроме того, не является очевидным заключение, что при развитии ситуации по второму сценарию возможны более серьезные нарушения, ведущие к заметному снижению общей устойчивости территориальной экосистемы, в то время как в первом сценарии общий уровень нарушенности как будто не выходит за пределы катастрофических (необратимых) показателей.

Тем не менее следует учитывать, что в случае, связанном с подъемом уровня воды в озере, общий состав биотического разнообразия может сократиться за счет вычленения неустойчивых (но консортивно необходимых) видов из существовавшей совокупности. При локальном загрязнении биоразнообразие сохранится практически полностью, так как в пределах территории (акватории) наряду с глубоко импактными экологическими сообществами присутствуют и нетронутые (интактные).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экосистемы юга оз. Байкал в процессе адаптации к антропогенным воздействиям с большой вероятностью будут следовать путем поляризации. Кроме активного использования в хозяйственных и особенно промышленных целях участков территории, где отмечается существенный распад биотопов и вычленение некоторых видов (нижнее течение Селенги, Транссиб), сохраняется значительная и практически первозданная часть.

При этом испытывающий антропогенное воздействие участок экосистемы будет трансформироваться по пути выпадения нестойких и появления антропотолерантных видов, а интактные типы экосистем станут выполнять функцию буферной или компенсаторной зоны, обеспечивающей импактные экосистемы недостающими консортами. Малоизмененные участки территорий выполняют функцию своеобразных островов возрождения утраченного биоразнообразия.

Таким образом, продолжительное равномерное антропогенное воздействие на всю экосистему суммарно может быть более значительным для состояния природных комплексов, чем локальные, но сильные и разовые воздействия. Два относительно независимых направления развития экосистем в условиях антропогенного воздействия — поляризация территории и равномерное изменение всей экосистемы как переход от нормы к норме через неустойчивое состояние [22] — не только ведут к негативным преобразованиям экосистем, но и повышают их адаптивность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Государственный доклад** «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2006 году». — Иркутск: Сиб. филиал ФГУНПП «Росгеолфонд», 2007. — 410 с.
2. **Анатомия кризисов** / Арманд А. Д., Люри Д. И., Жерихин В. В. и др. — М.: Наука, 1999. — 238 с.
3. **Жерихин В. В.** Избранные труды по палеоэкологии и филогенетике. — М.: Т-во науч. изданий КМК, 2003. — 542 с.
4. **Галазий Г. И.** Байкал в вопросах и ответах. — М.: Мысль, 1988. — 221 с.
5. **Кожова О. М., Бейм А. М.** Экологический мониторинг Байкала. — М.: Экология, 1993. — 352 с.
6. **Арманд А. Д.** Самоорганизация и саморегулирование географических систем. — М.: Наука, 1988. — 264 с.
7. **Ибрагимов А. К., Ануфриев Г. А., Петрова А. Н., Темнухин В. Б.** О триаде дигрессивно-стабилизирующих процессов в условиях антропогенного стресса // Вестн. Нижегород. ун-та. Сер. биол. — 2001. — № 1. — С. 60–63.
8. **Родоман Б. Б.** Поляризация ландшафта как средство сохранения биосферы // Ресурсы, среда, расселение. — М.: Наука, 1974. — С. 47–51.
9. **Мониторинг** состояния озера Байкал / Ред. Ю. А. Израэль и Ю. А. Анохин. — Л.: Гидрометеоздат, 1991. — 262 с.
10. **Динамика** берегов озера Байкал при новом уровне режиме / Ред. А. А. Пинигин. — М.: Наука, 1976. — 88 с.
11. **Гидроэнергетика** и состояние экосистемы озера Байкал / Атутов А. А., Пронин Н. М., Тулохонов А. К. и др. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. — 281 с.
12. **Смирнов В. В.** Ресурсы омуля и их прогноз на 1980–1985 гг. // Динамика продукции рыбы на Байкале. — Новосибирск: Наука, 1983. — С. 201–222.
13. **Волерман И. Б., Конторин В. В.** Биологические сообщества рыб и нерпы в Байкале. — Новосибирск, 1983. — 248 с.
14. **Рыбы** озера Байкал и его бассейна / Пронин Н. М., Матвеев А. Н., Самусенок В. П. и др. — Улан-Удэ: Изд-во Бурят. науч. центра СО РАН, 2007. — 284 с.

15. Леса и лесное хозяйство Иркутской области / Вашук Л. Н., Попов Л. В., Красный Н. М. и др. — Иркутск: Иркут. управление лесами, 1997. — 288 с.
16. Попов М. Г., Бусик В. В. Конспект флоры побережий озера Байкал. — М., Л.: Наука, 1966. — 216 с.
17. Епова Н. А. Опыт дробного геоботанического районирования Хамар-Дабана (южная часть Средней Сибири) // Пробл. ботаники. — 1960. — Вып. 5. — С. 47–61.
18. Усыхание горных темнохвойных лесов южного и юго-восточного побережий оз. Байкал / Ред. А. С. Плешанов: Препр. / Сиб. ин-т физиологии и биохимии растений. — Иркутск, 1983. — 61 с.
19. Исаев А. С., Рожков А. С., Киселев В. В. Черный пихтовый усач *Monochemus urussovi* (Fisch). — Новосибирск: Наука, 1988. — 267 с.
20. Павлов Б. К. Мониторинг антропогенных изменений горнотаежных экосистем. — М.: Экология, 1995. — 208 с.
21. Грачев М. А. О современном состоянии экологической системы озера Байкал. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. — 153 с.
22. Раутиан А. С. Палеонтология как источник сведений о закономерностях и факторах эволюции // Современная палеонтология: Методы, направления, проблемы, практическое приложение. — М.: Недра, 1988. — Т. 2. — С. 76–118.

Поступила в редакцию 25 апреля 2011 г.