



ОЗЕРО

Авторы: К. К. Эдельштейн

ОЗЕРО, природный водоём в углублении суши (котловине), заполненном континентальными водными массами с замедленным водообменом, не имеющий прямой связи с морем (океаном).

Общие сведения

О. повсеместно распространены на территории суши, их распределение крайне неравномерно. Всего на Земле 8,45 млн. О. с пл. более 0,01 км², их общая пл. 2,7 млн км², рассчитанный суммарный объём воды 179,6 тыс. км³ (рос. исследователь С. В. Рянжин, 2005); из них св. 30% находится в России (2,7 млн.), общая пл. ок. 400 тыс. км², объём воды св. 24,5 тыс. км³. Наибольшая озёрность (отношение площади озёр к общей площади суши) характерна для районов с повышенным увлажнением: сев. районы Евразии (Карелия, Зап. Сибирь севернее 56° с. ш., Северо-Сибирская, Центральнаякутская, Яно-Индибирская и Колымская низменности; Балтийское поозерье, включающее Сев. Германию, Прибалтику, юж. районы Швеции и Финляндии, *Мазурские озёра* в Польше) и Сев. Америки (широкая дуга вокруг Гудзонова зал. в Канаде и США). Озёрность Финляндии составляет 9,4%, Швеции – 8,6%, России – 2,1%.

Типы озёр по происхождению котловин

Котловины О. возникают в результате рельефообразующих процессов и по происхождению делятся на тектонические (в тектонич. прогибах, впадинах, разломах), вулканические (кратерные и лавово-подпорные), завальные (в горах), ледниковые (приледниковые, троговые, каровые, эрозионные, моренные, остаточные – сохранившиеся со времён таяния покровного оледенения), провальные



Термокарстовые озёра на севере
Республики Коми.

Фото Д. В. Соловьёва

(карстовые, суффузионные, термокарстовые в многолетнемёрзлых грунтах), речные (старицы, дельтовые), морские (отчленённые от моря или О. грядой наносов – пересыпью, косой), некоторые из них называют лагунами или лиманами и считают мор. заливами. Возраст древнейших О. составляет миллионы лет, величайшее из них [Каспийское море](#), самые глубокие – [Байкал](#) и [Танганьика](#). Большинство ледниковых О. возникло ок. 10 тыс. лет назад. Котловины др. типов О. имеют возраст неск. сотен лет и продолжают возникать. Многие О., соединённые короткими и многоводными в течение всего года озёрными реками, образуют озёрные системы: [Великие озёра](#) на границе

Канады и США; в верховьях Нила – [Виктория](#), [Кьога](#), [Альберт](#) и [Эдуард](#), Великие озёра Европы (по С. В. Калеснику, 1968, состоящие из [Сайма](#), [Онежского озера](#), [Ладожского озера](#), [Ильмень](#)) и др.

Крупнейшие озёра мира

Озеро	Площадь, тыс. км ²	Максимальная глубина, м	Объем, км ³	Тип водообмена
Евразия				
Каспийское море*	392,6	1025	78840	Бессточный
Байкал	31,7	1642	23600	Сток в р. Ангара

Аральское море**	18,8	16	128	Бессточный
Балхаш***	18,2	26,5	105	Бессточный
Ладожское	17,9	230	838	Сток в р. Нева
Тонлесап***	16,0	12	65	Сток в р. Меконг

Африка

Виктория	68,9	92	2700	Сток в р. Нил
Танганьика	34,0	1470	18500	Сток по р. Лукуга в р. Конго
Ньяса (Малави)	28,8	706	8400	Сток по р. Шире в р. Замбези
Чад***	25,9	11	72	Бессточный

Северная Америка

Верхнее	82,4	406	12221	Сток по р. Сент-Мэрис в оз. Гурон
Гурон	59,6	228	3535	Сток по р. Сент-Клэр и р. Детройт в оз. Эри
Мичиган	58,0	281	4871	Сток в оз. Гурон
Большое Медвежье	31,2	446	2236	Сток по р. Большая Медвежья в р. Маккензи
Большое Неольничье	28,6	625	2088	Сток в р. Маккензи
Эри	25,8	64	458	Сток в р. Ниагара
Виннипег	24,5	18	371	Сток в р. Нельсон
Онтарио	19,0	244	1638	Сток в р. Святого Лаврентия

Южная Америка

Маракакайбо	13,01	60	279	Сток в Крабиское море
Патус***	10,14	5	19	Сток в Атлантический океан

Примечания. * При уровне –27 м (2004) (российский исследователь В. Н. Михайлов и др., 2005); ** при уровне 31 м в Большом море и 39,5 м в Малом море (2002) (российский исследователь В. Н. Михайлов и др., 2005); *** размеры сильно изменяются; остальные озёра – по базе данных World Lake (российский исследователь С. В. Рянжин, 2005).

Важнейшие внутриозёрные процессы

О. представляет собой не только скопление воды в котловине, но и место обитания гидробионтов (водных организмов): бактерий, растений и животных планктона и бентоса, рыб. Поэтому в озероведении О. рассматривается как водная экосистема, в которой вода, минер. и органич. вещества, растворённые и взвешенные в ней, тесно взаимосвязаны с живыми организмами, внутриводоёмными процессами обмена веществ и энергии. Совокупность этих процессов определяет формирование химич. состава водных масс и донных отложений, качество воды и биологич. продуктивность О. Всем О. (в широком смысле – водоёмам суши) свойственны 5 групп важнейших процессов.



Фото Д. В. Соловьёва
Озеро Байкал.

Динамика вод О., в отличие от рек, зависит от вертикального и горизонтального распределения плотности воды. В О. уклоны водной поверхности в сотни раз меньше, чем в реках, поэтому скорость течений измеряется не в м/с, а в см/с. Вследствие ослабленной

турбулентности течений в О. возникает различие плотности воды между её слоями, называемое стратификацией (слоистостью) водной толщи. Поэтому в О. наибольшую роль в перемешивании играет конвекция, возникающая, когда плотность воды верхнего слоя становится больше плотности подстилающего слоя. Из-за больших размеров акваторий О., в сравнении с речным руслом, на них в ветреную погоду возникают волнение и ветровые течения, ещё более интенсифицирующие перемешивание воды в поверхностном слое.

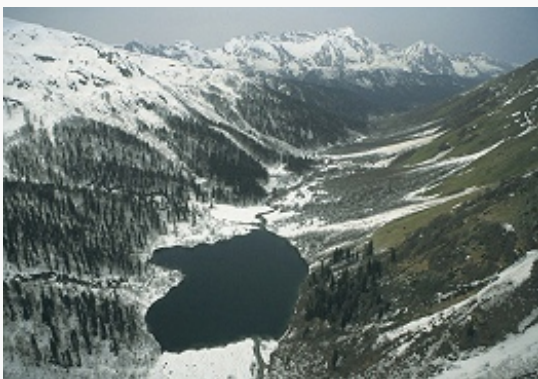
Биологическая продуктивность О., то есть способность их экосистемы из растворённых в воде минер. веществ создавать органич. вещество в виде клеток живых водных организмов, сходна с продуктивностью почв. Ср. продуктивность всех О. составляет примерно $1,4 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$, в 3 раза выше, чем в Мировом ок., и сопоставима с продуктивностью с.-х. полевых культур, но в 2 раза меньше, чем в ср. для всей суши Земли. На участках, заросших высшей водной растительностью (макрофитами), продуктивность достигает $14 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$, в 1,5 раза выше, чем в экваториальных лесах. Громадные биологич. ресурсы О. определяют способность водной экосистемы самоочищаться от загрязняющих веществ и, следовательно, формировать высокие питьевые качества воды. В реках масса реофильных организмов ничтожно мала в сравнении с массой лимнофильных организмов в озёрах.

Гидробионтов в О. по местообитанию делят на организмы [бентоса](#), [планктона](#), [нейстона](#) и рыб. По биологич. продуктивности О. разделяются на олиготрофные (малопродуктивные, бедные биогенными веществами), эвтрофные (высокопродуктивные) и гипертрофные (чрезмерно обогащённые биогенными веществами), экосистема которых деградирует из-за антропогенного химич. загрязнения. Важнейшей составляющей биологич. продуктивности О. является естеств. рыбопродуктивность – способность обеспечивать в течение года (одного вегетационного периода) определённый прирост массы рыб с единицы площади за счёт естеств. кормовых ресурсов (при питании естеств. пищей). Обычно рыбопродуктивность О. выражают в килограммах с гектара (кг/га). В некоторых О. осуществляется подавление развития тугорослых, малоценных видов рыб и формирование ихтиофауны, представленной ценными и быстрорастущими видами: плотва, окунь, карп, лещ, толстолобик, сазан, белый амур, судак, сиговые (сиг, чир, муксун, нельма, омуль, пелядь, ряпушка). Эти цели достигаются за счёт улучшения условий размножения, нагула и выживания имеющихся в О. особей ценных видов рыб и путём регулярного выпуска в водоём их молоди, выращенной на рыбоводных предприятиях, что позволяет увеличить уловы до 100 кг/га и более.

Кроме сезонных циклов развития гидробионтов и их продуктивности, О. свойственны многолетние циклы и прохождение последовательных состояний олиготрофии,

мезотрофии и эвтрофии на пути к исчезновению. В процессе эволюции многие О. заполняются наносами, зарастают и превращаются в условиях влажного климата в болота или озёрные равнины, прорезанные руслами рек, в сухом климате – в солончаки.

Аккумуляция веществ и энергии. Благодаря замедленности водообмена озёрные экосистемы обладают важнейшим экологич. свойством накапливать вещество и энергию. Поглощение солнечной радиации при фотосинтезе органич. вещества водными растениями обеспечивает энергией биологич. продуктивность и активную жизнедеятельность водных организмов, участвующих в утилизации аллохтонных (т. е. поступающих в О.) загрязняющих веществ и способствующих самоочищению воды. Осаждение (седиментация) взвешенных аллохтонных и автохтонных (образовавшихся в О.) веществ обеспечивает формирование на дне органич. и минер. озёрных ресурсов (см. [Озёрные отложения](#)). Накопление донных отложений ведёт к уменьшению глубины и сокращению продолжительности существования озёр.



Проточное озеро Кардывач на Кавказе.

Фото В. В. Горбатовского



Озеро Джугское на Кавказе.

Фото В. В. Горбатовского

Взаимодействие внутриводоёмных процессов с водосбором. Все процессы формирования водного, термич., химич. и биологич. режимов в О., в отличие от океанов, зависят не только от их географич. положения, но также от размера и природных условий их водосборов. Сток с водосбора определяет объём и состав речных водных масс, из которых образуется осн. водная масса, поэтому О. делят на два географич. класса – интразональные (водосбор целиком расположен в той же географич. зоне, что и само О.) и полизональные (водосбор находится в нескольких географич. зонах или высотных поясах). Влияние процессов формирования стока на водосборе О. на его экосистему настолько сильно, что в озероведении введено понятие «водосбор –

водоём – единая природная система». В свою очередь, в каждом О. происходит сильнейшая трансформация водного режима питающей его реки (или рек) и состава речной воды. Поэтому вытекающие из О. реки называют озёрными со сглаженными половодьем и паводками (или с полным их отсутствием) и с полноводными руслами в меженные периоды.

Озёрные котловины и их взаимодействие с водными массами. На каждом О. происходит преобразование берегов и дна, динамика вод в них зависит от размеров и формы озёрной чаши (подводная часть котловины). Чаша любого О. делится на литораль – ложе мелководной прибрежной зоны, в ней солнечный свет и волновое перемешивание воды достигают дна, и профундаль – ложе пелагиали (глубоководной зоны). По морфологич. признакам литораль делят на две подзоны: абразионную отмель (пляж, при нагонах заливаемый водой полностью или частично), сложенную гравием, галькой с валунами и крупнозернистым песком или глинистыми и/или щебнистыми микротеррасами, и аккумулятивную отмель, которая формируется перемытыми волнением грунтами абразионного берегового обрыва, состоящими преим. из разнозернистого песка с уменьшающимся с глубиной преобладающим размером частиц. Участки закрытой (защищённой от штормового волнения мелями или островами) литорали обычно зарастают макрофитами. В приурезовой полосе они покрываются надводной (воздушно-водной) жёсткой растительностью, дальше от берега до глубины 2–3 м – преим. полупогружёнными растениями с плавающими листьями, на ещё больших глубинах (до 5–7 м при прозрачной воде) – погружённой, т. е. мягкой растительностью фитобентоса, образующего местами сплошной покров участков дна – подводные луга. В малых лесных О. нередко от берега распространяется по водной поверхности растущая на плаву масса живых и отмерших макрофитов – сплавина (зыбун), иногда с покровом сфагнового мха, кустиками клюквы и багульника, карликовой берёзой. Под спловиной может быть достаточно глубокая вода или жидкий ил. Такие болотные О. (дистрофные) быстро заиливаются и зарастают, превращаясь в торфяные болота.

Водный баланс

Главные составляющие приходной части водного баланса О. – поверхностный и

подземный приток с водосбора и атмосферные осадки на акваторию, расходной части – поверхностный сток, фильтрация воды в дно и испарение с водной поверхности. По структуре водного баланса и типу водообмена О. делят на сточные, сбрасывающие часть стока вниз по течению (Байкал, Онежское оз. и Ладожское оз. и др.), и проточные, через которые осуществляется транзитный сток [реки: Великая через Чудско-Псковское оз. в р. Нарва; Рейн через Боденское оз.; Мургаб (см. [Бартанг](#)) через оз. Сарезское, и др.], бессточные, расходующие сток на испарение, инфильтрацию и искусств. водозабор (Каспийское м., Аральское м., озёра Балхаш, Иссык-Куль, Чад и др.). В водном балансе и гидрологич. режиме О. выделяется азональный гидрографич. фактор – соотношение площади водосбора и акватории (величина удельного водосбора). Географич. зональность и высотная поясность определяют объём и режим притока воды и водообмен О. с атмосферой, характеризуемый величиной «видимого» испарения, т. е. превышением испарения с акватории над количеством выпадающих на неё атмосферных осадков. В увлажнённых районах как приход, так и расход воды происходят в осн. за счёт речного стока, здесь преобладают сточные и проточные О.; вода О. аридных районов тратится на испарение, и здесь распространены б. ч. бессточные озёра.

Озёра как регуляторы речного стока

Накапливая воды, стекающие с их водосборов и постепенно расходуя их в вытекающие озёрные реки, О. регулируют речной сток. В связи с интенсивным использованием ежегодно возобновляющихся на водосборах водных и гидроэнергетич. ресурсов речного стока во многих странах возрастает число зарегулированных гидроузлами О. Для этого, сооружая плотину ниже истока озёрной реки, поднимают уровень воды в обширной озёрной котловине на неск. метров, создавая очень большой полезный объём озёрного водохранилища, напр. Иркутское водохранилище с Байкалом, Верхнесвирское водохранилище с Онежским оз., Бухтарминское водохранилище с оз. Зайсан, Виннипег с гидроузлом на р. Нельсон, Онтарио с гидроузлом Ирокуэй на р. Св. Лаврентия, Виктория с гидроузлом Оуэн-Фолс на р. Виктория-Нил, имеющее самый большой в мире полезный объём (204,8 км³).

Колебания уровня воды в озёрах



Горное озеро Сан-Мартин
на границе Аргентины и Чили.

Снимок из космоса.

NASA

При половодье и крупных паводках на притоках О. уровень воды в них повышается, а в меженные периоды, когда приток воды становится меньше стока из О., уровень медленно понижается. Эти внутригодовые колебания уровня редко превышают 1 м. Многолетние колебания среднегодовых значений уровня, как правило, больше, достигают 3–7 м. В озёрной котловине сток притоков может накапливаться в течение серии многоводных лет, в наступающие затем маловодные годы водные ресурсы расходуются

на испарение и сток озёрной реки. В засушливых районах О. часто пересыхают, временно превращаясь в солончаки и такыры.

Ветер вызывает в О. волны, высотой при штормах на небольших акваториях до 1 м, а на крупнейших – до 6–7 м. Течения в О. возникают преим. вследствие ветров. При устойчивом ветре появляется в поверхностном слое дрейфовое течение, приводящее к повышению водной поверхности у наветренного берега в зоне нагона и даунвеллинга (погружения) воды из-за её оттока в глубинные слои с компенсационным течением к зоне сгона у подветренного берега. Сгонно-нагонная циркуляция замыкается [апвеллингом](#), выносящим к поверхности О. глубинные воды в зоне сгона. На обширных и мелководных О. (Аральское м., оз. Ханка) повышение поверхности воды у нагонного берега достигает 1–1,5 м, в глубоких О. нагоны меньше. При смене ветреной погоды на штиль на О. формируются [сейши](#).

Термический режим

Для нагрева воды в О. наибольшее значение имеет прямая и рассеянная солнечная радиация, поглощаемая водой в фотическом слое, где затухает солнечный свет.

Толщина этого слоя очень изменчива (от дециметров до десятков метров), зависит от



Озеро Вьедма в Аргентине.

Фото Н. В. Копя-Овдиенко

высоты Солнца над горизонтом, облачности и концентрации взвесей в воде. Охлаждение О. происходит при испарении, теплоотдаче в менее нагретый воздух тем интенсивнее, чем выше темп-ра водной поверхности. Перенос теплоты в глубину осуществляется ветроволновым перемешиванием, даунвеллингом и течениями.

Летом в глубоких и пресных О., расположенных в природных зонах умеренного климата, темп-ра воды понижается от поверхности ко дну (прямая температурная стратификация). Между нагретым верхним слоем менее плотной воды (эпилимнионом) и холодным глубинным слоем (гиполимнионом) имеется слой температурного скачка (металимнион), в котором темп-ра резко падает (от 1 до 10 °С на 1 м глубины), а плотность возрастает, что ограничивает перемешивание слоёв воды. Зимой в этих О. наблюдается обратная температурная стратификация – повышение темп-ры от нижней поверхности ледяного покрова ко дну (от 0 до 4 °С – темп-ры наибольшей плотности пресной воды). Весной и осенью наблюдается гомотермия – одинаковая темп-ра и соответственно плотность по всей толще воды, что благоприятствует перемешиванию. В крупнейших пресных О. (Ладожское оз., Онежское оз., Байкал, Великие озёра) весеннее нагревание воды до 4 °С и более в литорали происходит быстрее, чем в пелагиали. На границе этих зон появляется полоса воды наибольшей плотности (термический бар, или термобар), в которой возникает даунвеллинг. Кольцеобразный термобар образует динамич. раздел О. между прибрежной теплоактивной областью с прямой температурной стратификацией и плотностным течением, направленным против хода часовой стрелки, и теплоинертной центр. областью с обратной стратификацией и более медленным противоположно направленным течением. По мере весенне-летнего нагревания О. теплоактивная область расширяется и кольцо термобара сжимается тем быстрее, чем солнечнее погода и круче береговые склоны. Так, в Байкале термобар существует неск. дней, а в Ладожском оз. – более 2 месяцев. К концу осеннего охлаждения таких О. в них снова возникает термобар. Экологич. значимость термобара исключительно велика в круговороте химич. веществ, в насыщении воды глубинных и придонных слоёв кислородом. В О. обоих тропич. поясов почти весь год

наблюдается прямая стратификация, сменяющаяся конвективным перемешиванием до дна лишь зимой при темп-ре наибольшей плотности озёрной воды (4 °С). В полярных О. обратная стратификация сменяется полным перемешиванием водной толщи в короткое лето при той же темп-ре. Лёд О., достигающий большой толщины, слоистый, б. ч. неровный, торосистый. Крупные О. из-за большого запаса теплоты в эпилимнионе, толщина которого осенью увеличивается из-за конвекции вследствие охлаждения поверхностного слоя, и учащающегося волнения замерзают позднее рек. Весной вскрываются они тоже позднее, т. к. лёд медленнее тает в самих О. и только малая его часть выносится в реки. Соляные О. зимой могут не замерзать при отрицательной темп-ре рапы, а летом нагреваться под поверхностным слоем пресной воды до 65 °С и более.

Химический состав озёрных вод

В состав водных масс О. входят ионы, диссоциированные молекулы, газы, минер. и органич. частицы – от коллоидных до крупных, водные организмы и их остатки (детрит). Минерализация (солёность) воды, определяющаяся суммарной концентрацией главных ионов (HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), изменяется от 0,1‰ в высокогорных О. до 300‰ и более в сильно минерализованных. Для разных географич. зон свойственны воды типичных гидрохимич. фаций. В тундре в них преобладают

HCO_3^- и

SiO_2 , в лесной зоне –

HCO_3^- – и

Ca^{2+} , в степной –

SO_4^{2-} и

HCO_3^- – или

Na^+ , в полупустынной и пустынной –

Cl^- и

Na^+ . Для развития гидробионтов очень важны и нередко дефицитны вещества, содержащие биогенные элементы:

Ca , N , K , P , Mg , S , Cl , Si , Na , Fe и др.

По минерализации вод О. подразделяют на пресные (с солёностью менее 1‰) – Байкал, Онежское оз., Ладожское оз. в России и др.; солоноватые, или слабоминерализованные (от 1 до 25‰), – Каспийское м., Балхаш в Казахстане, Иссык-Куль в Киргизии и др.; солёные (до 35‰, иногда 50‰); сильно минерализованные (св. 35‰, иногда 50‰); – Мёртвое море в Израиле и Иордании; оз. Баскунчак в России и др. При высоких концентрациях солей воды О. представляют собой растворы, близкие к насыщению или полностью насыщенные, в которых происходит кристаллизация солей и их выпадение в осадок на дно.

Атмосферные газы

N_2 , O_2 и CO_2 проникают в О. сквозь поверхностный микрослой воды и переносятся водными массами, образуются и утилизируются в них, а их избыток выделяется в атмосферу. От соотношения недиссоциированной и диссоциированной (см. Диссоциация) углекислоты, её бикарбонатных и карбонатных солей зависит кислотность или щёлочность воды. Содержание кислорода, с одной стороны, сероводорода, метана и водорода, образующихся в донных илах, – с другой, характеризует окислит. и восстановит. процессы в водной толще и грунтах. Дефицит кислорода приводит к летним и зимним заморам рыб в гипolimнионе, гибели беспозвоночных. Используя газы и биогенные элементы, водные растения (фотосинтетики) при фотосинтезе выделяют кислород, создают автохтонное органич. вещество, а микроорганизмы (хемосинтетики) разлагают его и органич. аллохтонные вещества, очищая воды от их избытка. От количества минер. и органич. взвесей в водных массах зависят цвет и прозрачность воды. Голубой цвет и высокая прозрачность (до 40 м в Байкале и Иссык-Куле) характерны для О. с чистой водой, по большей части крупных. С увеличением мутности цвет воды становится зелёным, бурым, коричневым, прозрачность снижается до 1 м и менее. От прозрачности воды зависит толщина трофогенного слоя, в котором фотосинтетич. продуцирование органич. вещества преобладает над его деструкцией (разложением на воду и минер. биогенные вещества) гидробионтами, использующими растворённый в воде кислород. Под трофогенным слоем находится трофолитич. толща воды, где из-за недостатка освещённости деструкция интенсивнее фотосинтеза, что при недостаточном перемешивании воды ведёт к возникновению дефицита O_2 .

Хозяйственное значение озёр

В О. находится более 90 тыс. км³ высококачественной пресной воды. Водные ресурсы О. используются для водоснабжения, в целях гидро- и теплоэнергетики, для орошения, рекреации, в рыбном хозяйстве, водном транспорте, разл. отраслях промышленности. Из О. добывают мн. соли (сода, мирабилит, поваренная соль и др.), сапропелевые илы (применяются как удобрение), лечебные грязи – пелоиды (широко используются в медицине).

В промышленно развитых и густонаселённых странах происходит вызванное загрязнением и эвтрофированием ухудшение качества воды в О., снижается их рыбопродуктивность, исчезают ценные породы рыб. Принятые в кон. 20 в. в США и Канаде законы об охране Великих озёр, в СССР – о рациональном использовании Ладожского оз. предотвратили развитие эвтрофирования крупнейших в мире озёрных экосистем.

Литература

Лит.: Калесник С. В. Ладожское озеро. Л., 1968; Кузнецов С. И. Микрофлора озёр и ее геохимическая деятельность. Л., 1970; Доманицкий А. П., Дубровина Р. Г., Исаева А. И. Реки и озера Советского Союза: (справочные данные). Л., 1971; Драбкова В. Г., Сорокин И. Н. Озеро и его водосбор – единая природная система. Л., 1979; Тихомиров А. И. Термика крупных озёр. Л., 1982; Адаменко В. Н. Климат и озера. Л., 1985; Guidelines of lake management. Shiga; Nairobi, 1988–1999–. Vol. 1–9; Хендерсон-Селлерс Б., Марклэнд Х. Р. Умирающие озера. Л., 1990; Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Л., 1990; Филатов Н. Н. Гидродинамика озёр. СПб., 1991; Байкал: Атлас. М., 1993; Meybeck M. Global distribution of lakes // Physics and chemistry of lakes / Ed. A. Lerman, D. Imboden, J. Gat. В.; Л., 1995; Каталог озёр и рек Карелии. Петрозаводск, 2001; Ладожское озеро – прошлое, настоящее, будущее. СПб., 2002; Рянжин С. В. Много ли на Земле озёр? // Природа. 2005. № 4; Эдельштейн К. К. Структурная гидрология суши. М., 2005; Михайлов В. Н., Добровольский А. Д., Добролюбов С. А. Гидрология. 3-е изд. М., 2008; Мартынова М. В. Донные отложения как составляющая лимнических экосистем. М., 2010; Онежское озеро: Атлас.

Петрозаводск, 2010.