



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Гидрологический факультет

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Деградация озёр Большого
Кавказа на современном этапе**

Исполнитель _____ Бурова Юлия Сергеевна _____

Руководитель _____ кандидат физико-математических наук, доцент _____

_____ Бородина Вероника Викторовна _____

**«К защите допускаю»
Декан гидрологического факультета**

_____ (подпись)

к.г.н., доцент

Сакович В.М.

«__» _____ 20__ г.

Санкт-Петербург
2016

Оглавление

Введение.....	4
1 Краткая физико-географическая характеристика Большого Кавказа	7
1.1 Рельеф.....	7
1.2 Геологическое строение	9
1.3 Климат.....	10
1.4 Растительный и почвенный покров.....	12
2 Гидрология озер.....	14
2.1 Типы озер	14
2.2 Морфология и морфометрия озер.....	17
2.3 Водный баланс озер	19
2.4 Тепловой баланс озер.....	20
2.5 Ледовые явления на озерах	22
2.6 Гидрохимические и гидробиологические характеристики озер.....	24
3 Общая характеристика озёр Кавказа	28
3.1 Гидрография озёр Кавказа	28
3.2 Гидрологический режим озёр Кавказа	31
4 Эволюция озёр Большого Кавказа в XIX-XX столетиях.....	37
4.1 Особенности деградации равнинных озёр	37
4.2 Особенности деградации горных озёр.....	38
4.3 Основные процессы деградации горных озёр.....	40
4.3.1 Флювиальный процесс	41
4.3.2 Нивально-гравитационные и гравитационные процессы.....	44

4.3.3 Процесс осушения озёр в результате уничтожения порога стока	46
4.3.4 Биогенный процесс (зарастание).....	47
4.3.5 Антропогенное воздействие	50
4.4 Возможное изменение озёр в первой половине XXI столетия	54
Заключение	60
Список использованной литературы	62
Приложения	66

Введение

На территории Большого Кавказа широко распространены разнообразные озёра. Их экологическое, экономическое, рекреационное и валеологическое значение общеизвестно. Изучение озёр Большого Кавказа началось в середине XIX столетия, но продвигалось медленно из-за их труднодоступности и ограниченного использования в экономике. В основном обращалось внимание на расположение озёр, их доступность и размеры, а интересовали они, прежде всего, как объекты туризма.

В настоящее время высокогорные озера Большого Кавказа вызывают интерес не только как туристско-экскурсионные объекты. Они являются природными водохранилищами исключительно чистой пресной воды. Многие горные озера являются регуляторами стока горных рек, предотвращающими катастрофические паводки после ливней и бурного таяния снега и льда. Кроме этого высокогорные озера и искусственно созданные горные водохранилища могут служить основой для строительства специальных деривационных гидроэлектростанций. Некоторые горные озера Большого Кавказа содержат лечебные грязи. Их образование связано со сложными геологическими, биологическими и химическими процессами. Некоторые продукты биохимических процессов, протекающих в озерах, например, сероводород, имеют терапевтическое значение.

Уровни озёр и их площади подвержены значительным колебаниям по годам и сезонам, а некоторые озера зимой пересыхают. Однако помимо многолетней, годовой и сезонной изменчивости имеет место эволюция озёр. Это закономерное природное явление, которое проявляется в последовательном изменении морфометрических и морфологических характеристик озёр при воздействии современных геоморфологических, антропогенных и других процессов. Изменения могут происходить постепенно, в прямом смысле эволюционным путем, а иногда очень быстро - катастрофическим. В развитии озёр можно выделить трансгрессивные и регрессивные фазы. У отдельных озёр

в последнее столетие отмечаются как трансгрессия, так и регрессия, но в целом озёрные системы Большого Кавказа находятся в регрессивной фазе, то есть озёра уменьшаются по числу, площади и объёму водной массы. Эти крайне неблагоприятные тенденции вызваны целым комплексом как природных, так и антропогенных факторов. Исследование и систематизация этих факторов может послужить преодолению негативных тенденций эволюции озёр и сохранению этих уникальных водных объектов.

Вследствие вышеизложенного, тема моей бакалаврской работы «Деградация озёр Большого Кавказа на современном этапе» является актуальной.

Объектом исследования являются озёра Большого Кавказа, а предметом исследования – особенности их развития.

Цель дипломной работы – выявление основных процессов, вызывающих деградацию горных озёр Большого Кавказа на современном этапе.

Задачи дипломной работы –

- рассмотреть физико-географические особенности региона, геологию и рельеф, климатические условия, почвы и растительность;
- проанализировать современное состояние водных ресурсов озёр Большого Кавказа;
- изучить современные тенденции эволюции озёрных систем Большого Кавказа;
- обобщить материалы опубликованных работ по заявленной теме.

В данной бакалаврской работе обобщаются материалы исследований и анализируются современные литературные источники по заявленной теме. Результаты могут быть использованы для дальнейшего изучения динамики озёр Кавказа. Это определяет практическую значимость данных исследований. Автором бакалаврской работы был собран материал для исследований, проведена большая работа с литературой и аналитическая работа, самостоятельно разработаны и составлены схемы, оптимизирующие изложение

освоенного материала, использовались такие методы, как анализ, обобщение, синтез, прогнозирование.

Работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и приложения. Работа изложена на 64 страницах текста, включая 13 рисунков и 2 таблицы; список литературы содержит 37 наименований, приложение содержит 9 тематических материалов.

1 Краткая физико-географическая характеристика Большого Кавказа

1.1 Рельеф

Большой Кавказ — грандиозное горное поднятие, состоящее из многочисленных хребтов и отрогов длиной около 1500 км и площадью около 145 тыс. км (приложение 1). Он тянется с северо-запада на юго-восток, от Таманского полуострова на Черном море до Апшеронского полуострова на Каспийском море. С севера хребты Большого Кавказа граничат с кубанскими степными равнинами и с прикаспийскими полупустынями, а с юга — с Кура-Рионской впадиной. Сравнительно невысокий (до 1926 м над уровнем моря) Сурамский хребет, являющийся водоразделом между бассейнами рек Куры и Риони, соединяет Большой Кавказ с краевыми хребтами Малого Кавказа.

Рельеф Большого Кавказа сложен и своеобразен. Ширина Большого Кавказа наибольшая в центральной части, в районе Эльбруса (до 150—160 км), и в Дагестане. На меридиане Военно-Грузинской дороги он характеризуется резко выраженным асимметричным строением: узким северным склоном и более широким южным. Высоты хребтов возрастают от предгорий в направлении к Главному хребту, а также с северо-запада на юго-восток, достигая максимальной величины в Приэльбрусском районе (г. Эльбрус — 5642 м), а затем постепенно снижаются в направлении к Каспийскому морю.

По распределению высот и по другим физико-географическим особенностям Большой Кавказ подразделяют на три части: Западный, Центральный и Восточный. Между вулканическими массивами Эльбруса и Казбека располагается наиболее высокий Центральный Кавказ (высоты 5000—5500 м). Пятнадцать его вершин, покрытые вечными снегами и ледниками, превышают высшую точку Альп и всей Западной Европы — Монблан (4807 м). Самые высокие из них — вулканические конуса Эльбруса и Казбека, а также ряд пятитысячников находятся в верховьях истоков Терека, в Безенгийском районе.

Западный Кавказ уступает Центральному как по своим высотам, так и по размерам современного оледенения. Его высоты не превышают 4000 м (г. Домбай-Ульген — 4046 м). По характеру рельефа и геологическому строению Западный Кавказ распадается на два участка: Северо-Западный, простирающийся от начала Большого Кавказа (станция Гостагаевская) до г. Фишт, и собственно Западный — от г. Фишт до г. Эльбрус. Разделяет их меридиональный Пшехско-Адлерский разлом.

Для Северо-Западного Кавказа характерен низкогорно-среднегорный рельеф с высотами, не превышающими 2000 м (г. Аутль — 1848 м). Здесь все хребты (за редким исключением) имеют мягкие очертания и покрыты густым лесом. При этом на южном склоне встречаются крутосклонные глубокие и практически непроходимые ущелья. Западный Кавказ начинается от горного массива Фишт, который является форпостом альпийского рельефа и современного оледенения. На Западном Кавказе наряду с повсеместно распространенными альпийскими формами рельефа (острыми скалистыми вершинами, цирками и карами, узкими и глубокими ущельями) встречаются высокогорные сравнительно слабо расчлененные плато (древние поверхности выравнивания), в пределах которых широко развиты карстовые формы рельефа (например, плато Лагонаки). На Западном Кавказе сочетаются самые различные горные ландшафты.

Восточный Кавказ выше Западного, но ниже Центрального. Высоты здесь достигают 4000—4500 м. Высшая точка Восточного Кавказа — г. Тебулосмта (4493 м) на Боковом хребте. Восточный Кавказ, так же, как и Западный, подразделяется на два участка: Восточный, простирающийся от Терека до Самура, и Юго-Восточный (его отрезок, лежащий к юго-востоку от г. Бабадаг, называется Каспийской цепью). На северном склоне Восточного Кавказа в пределах Дагестана располагается горный массив со сложным рельефом, почти замкнутый хребтами Андийским и Салатау с севера и северо-запада и Гимринским с северо-востока. Это так называемый Внутренний горный Дагестан, который пересекают долины рек Койсу — истоков Судака. Здесь

расположена система известняковых хребтов и плато, выработанных в своеобразных складчатых структурах с уплощенными сводами. За дугой Андийского и Гимринского хребтов, прорванных Сулакским каньоном, находится так называемый Внешний Дагестан. Юго-Восточный Кавказ характеризуется средними высотами гребневой зоны 2200—3500 м. Он заканчивается на востоке системой среднегорных и низкогорных хребтов, разделенных небольшими впадинами, а на юге переходит в низкогорный район Кобустана.

1.2 Геологическое строение

Большой Кавказ имеет сложное геологическое строение. Для него характерно радиальное распределение горных пород разного возраста и состава. Так, в его осевой части выходят на поверхность самые древние — докембрийские и нижнепалеозойские кристаллические породы. Их последовательно окаймляют юрские, меловые и палеогеновые толщи известняков, песчаников и глинистых сланцев. На периферии, в предгорной части Большого Кавказа, развиты самые молодые рыхлые четвертичные отложения.

Большой Кавказ возник в результате взаимодействия Аравийской и Восточно-Европейской литосферных плит. Сотни миллионов лет назад на месте Кавказа существовал залив древнего океана Тетис, объединявший Каспийское, Черное и Азовское моря. На дне этого древнего бассейна происходили подводные извержения, и раскаленные массы горных пород внедрялись в толщу земной коры. Неоднократные горообразовательные движения приводили к возникновению более или менее значительных горных массивов, поднимавшихся над уровнем моря. Позже эти острова разрушались внешними силами, и вновь на их месте гуляли морские волны. Начиная с середины мезозойской эры отдельные острова и островные архипелаги уже не исчезали под морскими водами. Устойчивые поднятия в осевой части современного

Большого Кавказа привели к увеличению размеров островов и к усиленному отложению в геосинклинальных прогибах морского дна песчано-глинистых осадков, сносимых с суши. В открытом море отлагались известняки. Общая мощность накопленных в геосинклинальных прогибах осадков достигала нескольких километров. Вследствие продолжавшегося колебательного поднятия дна моря на рубеже палеогена и неогена ранее разобщенные острова объединились в один большой остров, находившийся там, где сейчас расположена центральная часть Большого Кавказа. Он представлял собой зародыш современной горной страны.

В четвертичном периоде преобладало общее колебательное поднятие горной зоны, на фоне которого происходили местные воздымания раздробленных разломами глыб. По этим разломам реки выработали глубокие долины, тем самым расчленив основные хребты на отдельные сегменты.

В это же время по мере роста гор и похолодания климата началось оледенение, которое первоначально достигало огромных размеров, так что слаборасчлененные горы были покрыты сплошным ледяным панцирем. Деятельность льдов и активно протекавшее морозное выветривание способствовали созданию в высокогорье сильно расчлененного горно-ледникового рельефа со свойственными ему заостренными вершинами (карлингами), острыми гребнями, карами и моренными грядами. Кары и морены являются наиболее характерным элементом ледникового высокогорного рельефа Большого Кавказа.

1.3 Климат

Современный климат Большого Кавказа очень разнообразен. Это можно объяснить совокупным воздействием ряда факторов. Кавказ расположен на границе умеренного и субтропического поясов и находится под влиянием, с одной стороны, влажных воздушных масс Атлантики и Средиземноморья, а с другой — континентальных воздушных масс Сибири, Средней Азии и

Иранского нагорья. Сильно влияют на климат Кавказа Черное и Каспийское моря, повышая зимние температуры и понижая летние. Особенно сильное влияние оказывает Черное море на термический режим Закавказья.

Именно с горным рельефом Кавказа связана высотная зональность климата. Она выражается в понижении температуры воздуха с ростом высоты над уровнем моря. Это понижение температуры на каждые 100 м высоты неодинаково в разных частях Кавказа. Так, на склонах западной части Большого Кавказа, находящихся под увлажняющим влиянием Черного моря, оно не превышает 0,5 °С, а для горных хребтов, расположенных в районах с сухим континентальным климатом — на юго-востоке этой горной системы, оно достигает 0,7—0,8 °С.

Количество осадков с высотой также увеличивается. Так, например, годовая сумма осадков на северном склоне Большого Кавказа в Псебае (623 м над уровнем моря) составляет 747 мм, а на перевале Аишха (2400 м) — 2319 мм. Увеличение количества осадков происходит до определенной, критической, высоты, а затем оно начинает уменьшаться. В разных частях Главного хребта критическая высота неодинакова: она колеблется от 2500 м на Западном до 3000—3100 м на Центральном и Восточном Кавказе.

Рельеф оказывает большое влияние на климат отдельных частей Большого Кавказа, многие хребты являются границами климатических районов. Главный хребет препятствует переносу холодных воздушных масс с севера на юг в Закавказье, и поэтому предгорья Кавказа характеризуются умеренным климатом, а низменности Закавказья — субтропическим. Так, например, средняя температура января, приведенная к уровню моря, для Северного Кавказа равна —5 °С, а для Закавказья +5 °С. Кроме того, Главный хребет, простирающийся с северо-запада на юго-восток, заметно влияет на направление движения воздушных масс. Это приводит к тому, что на юго-западных склонах, обращенных к Черному морю, выпадает особенно много осадков, и преимущественно в зимний период, когда здесь преобладают юго-западные ветры, несущие много влаги. На Центральном же и Восточном

Кавказе в это время влагосодержание воздушных масс значительно меньше, поскольку в холодный период года эти районы находятся под преимущественным влиянием довольно сухих континентальных и арктических воздушных масс. Максимум осадков отмечается здесь в теплый период, когда активизируются атмосферные процессы перед горными хребтами при прохождении атлантических циклонов. Осадки выпадают в основном при западных, юго-западных и северо-западных ветрах.

1.4 Растительный и почвенный покров

В растительности и почвах Большого Кавказа наиболее ярко проявляется высотная поясность. На сравнительно небольшой территории здесь можно встретить влажные субтропические, широколиственные, смешанные и хвойные леса. Выше они сменяются субальпийскими, а затем и альпийскими лугами, простирающимися до вечных снегов. Для предгорий Северного Кавказа характерны лесостепные ландшафты с островными широколиственными лесами, состоящими из дуба, липы, граба, клена с примесью диких плодовых — яблони и груши. Здесь распространены черноземные плодородные почвы, большая часть которых уже распахана. Островные широколиственные леса предгорных равнин сливаются с густыми лесами, покрывающими Лесистый и следующий за ним Пастбищный хребты. В этих лесах растут рядом такие деревья, как дуб, бук, ольха, граб, клен, ясень, липа, тополь и карагач, много диких плодовых и ягодных кустарников, особенно ежевики.

У подножия юго-западного склона Большого Кавказа в условиях субтропического климата развиты широколиственные леса из дуба, граба, каштана и других пород с вечнозеленым подлеском из реликтовых растений (падуба, лавровишни, самшита, понтийского рододендрона). Деревья перебиты лианами. В широколиственных лесах Закавказья в основном развиты субтропические подзолистые почвы (красноземы и желтоземы).

Выше 1200—1400 м начинаются пихтово-еловые леса. В верхней части лесной зоны на каменистых южных склонах произрастает горная сосна. Для лесной зоны характерны слабоподзоленные бурые горно-лесные почвы; значительные площади здесь занимают перегнойно-карбонатные почвы, образующиеся на мергелях и известняках.

К востоку увеличивается сухость климата, одновременно уменьшается густота лесов. Исчезает ель и пихта, их замещают крючковатая сосна, ксерофильные кустарники и горно-степная растительность. Пояс хвойных лесов сменяется криволесьем, а с высоты примерно 2000 м начинаются субальпийские луга, для которых характерно преобладание высокой травянистой и кустарниковой растительности. На высоте 2300—2500 м кустарники исчезают, начинается царство альпийских лугов. Здесь, на влажных горно-луговых почвах, среди густой низкой травы растут яркие цветы — анемоны, лютики, примулы, кавказские рододендроны, эдельвейсы. У подножия ледников можно видеть лишь отдельные фрагменты травянистой растительности на грубых, так называемых скелетных, почвах.

2 Гидрология озёр

2.1 Типы озёр

На рисунках 1 и 2 в виде диаграмм представлены основные признаки, по которым озёра делятся на типы. В основе построенных диаграмм общепринятая классификация озёр, представленная В.Н.Михайловым и А.Д. Добровольским в [2]:



Рис. 1. Основа классификации озёр (составлено автором согласно [2])

а)

Классификация озёр по размеру

очень большие — с площадью свыше 1000 км ²	большие — с площадью от 101 до 1000 км ²	средние — с площадью от 10 до 100 км ²	малые — с площадью менее 10 км ²
---	---	---	---

б)

Классификация озёр по степени постоянства

постоянные	временные (заполненные во влажные сезоны года)
------------	---

в)

Классификация озёр по происхождению озерных котловин



г)

Классификация озёр по характеру водообмена	
сточные	бессточные

Рис. 2. Классификация озёр по размеру (а), степени постоянства (б), происхождению озёрных котловин (в) и характеру водообмена (г) (составлено автором согласно [2]).

Тектонические котловины располагаются в крупных тектонических прогибах. На Большом Кавказе они распространены довольно редко, в основном, на южном склоне.

Вулканические процессы играют незначительную роль в образовании озёрных котловин Большого Кавказа. В основном они также встречаются на южном склоне.

Ледниковые котловины образовались в результате деятельности ледников. Ледниковые (или гляциально-нивальные озёра) – самые распространённые на исследуемой территории.

Котловины речного происхождения связаны с эрозионной и аккумулятивной деятельностью рек. Это так называемые гравитационные озёра, которые формируются в результате смещения и обрушения склоновых отложений на дно речной долины: обвальное-запрудные, конусов выноса, оползневые, осыпные запрудные. Широко распространены, особенно в верховьях рек.

Карстовые котловины образуются в результате химического растворения известняков, доломитов и гипсов поверхностными и подземными водами. Широко распространены на северном склоне Большого Кавказа, в области развития карбонатных пород.

Термокарстовые котловины образуются в результате протаивания многолетней мерзлоты и сопутствующей просадки грунта. На рассмотренной территории не встречаются. То же можно сказать и об органогенных

котловинах, которые образуются в болотах, котловинах морского происхождения и эловых котловинах, образующихся в понижениях между песчаными дюнами [2].

Суффозионные котловины возникают в результате просадок, вызванных вымыванием подземными водами из грунта мелких частиц и цементирующих веществ. Котловины таких озёр невелики, они встречаются в межгорных депрессиях и на южном склоне Большого Кавказа.

2.2 Морфология и морфометрия озёр

Во всех озерах более или менее четко выделяют основные морфологические элементы: котловину, то есть естественное понижение земной поверхности, в пределах которого и расположено озеро; ложе (или чашу) озера, непосредственно занятое водой (рис. 3.а). Важным элементом озерной котловины является береговая область (рис. 3.б).

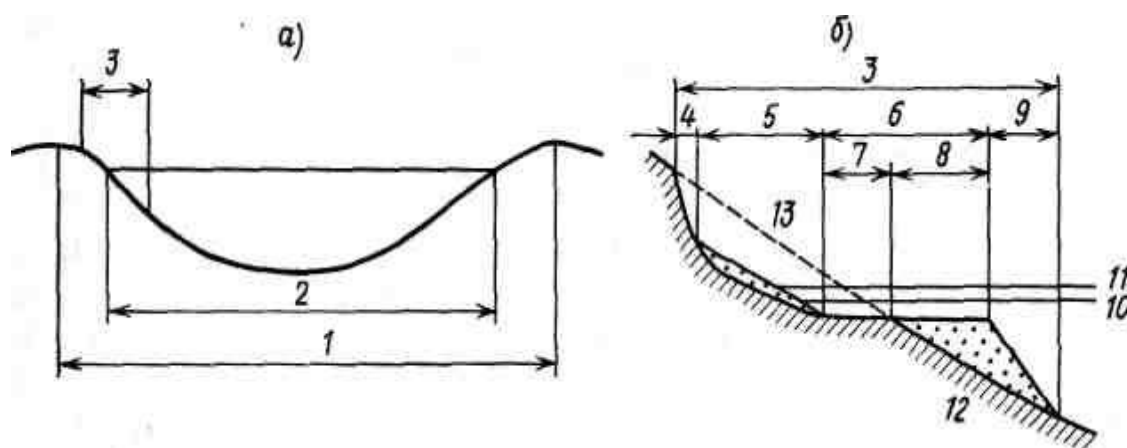


Рис. 3 Схема озерной котловины (а) и ее береговой области (б) [2]

1 — котловина, 2 — ложе (чаша), 3 — береговая область, 4 — береговой уступ, 5 — побережье, 6 — береговая отмель, 7 и 8 — абразионная и аккумулятивная части береговой отмели, 9 — подводный откос, 10 и 11 — низший и высший уровни воды, 12 — коренные породы, 13 — начальный профиль берега.

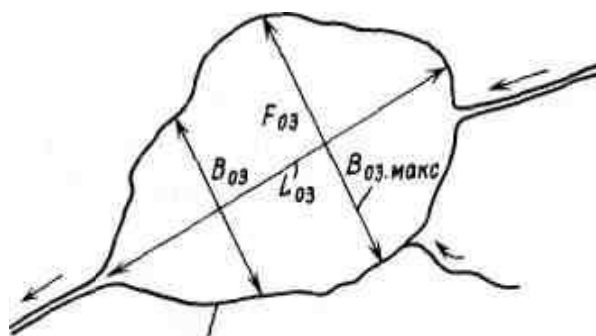


Рис. 4 Морфометрические характеристики озера [2]

Основными морфометрическими характеристиками озера служат (рис. 4): площадь озера (иначе, площадь его поверхности, или зеркала) $F_{оз}$; объем воды в озере $V_{оз}$; длина береговой линии $L_{бер.л}$, проведенной по урезу воды; длина озера $L_{оз}$ — кратчайшее расстояние по поверхности воды вдоль оси озера между наиболее удаленными точками береговой линии; ширина озера $B_{оз}$ — расстояние между противоположными берегами озера, проведенное перпендикулярно оси озера в любой его части. Наибольшее значение последней величины называют максимальной шириной озера $B_{оз.макс}$. Среднее значение ширины называют средней шириной озера и вычисляют по формуле:

$$B_{оз.ср} = F_{оз} / L_{оз} \quad (1)$$

Важными морфометрическими характеристиками озера являются его глубина $h_{оз}$ (в разных частях озера она различна), максимальная глубина $h_{оз.макс}$, средняя глубина $h_{оз.ср}$, определяемая по формуле:

$$h_{оз.ср} = V_{оз} / F_{оз} \quad (2)$$

Форма озёрной котловины играет важную роль в динамике развития озера: определяет его площади и конфигурацию, максимальную и среднюю глубину, объём водной массы. Вот процессы, на которые влияет форма озёра: распределение температуры, минеральных и органических веществ,

амплитуда и характер колебания уровня, гидрологический и термический режим, условия жизни в озере.

2.3 Водный баланс озер

Составляющими приходной части водного баланса любого озера служат атмосферные осадки X , поверхностный приток $U_{\text{пов.пр}}$, конденсация водяного пара на зеркало озера $Z_{\text{конд}}$, подземный приток $W_{\text{пр}}$. Поверхностный приток может быть как естественным (речной сток $U_{\text{пр}}$), так и антропогенным (сброс отработанных вод, например возвратных вод орошения, а также промышленных, коммунальных и сточных вод, $U_{\text{сбр}}$).

Составляющие расходной части уравнения водного баланса сточного озера — это поверхностный отток из озера $U_{\text{пов.ст}}$, подземный отток (фильтрация) из озера $W_{\text{ст}}$, испарение с поверхности озера $Z_{\text{исп}}$. Поверхностный отток складывается из стока вытекающей из озера реки $U_{\text{ст}}$ и искусственного водозабора на хозяйственные нужды $U_{\text{вдзб}}$ (на орошение, водоснабжение и т. д.). Изменение запасов воды в озере обозначается через $\pm \Delta U$.

Исходя из общего уравнения водного баланса любого водного объекта и учитывая принятые обозначения, уравнение водного баланса сточного озера представим в следующем виде [2]:

$$X + U_{\text{пр}} + U_{\text{сбр}} + Z_{\text{конд}} + W_{\text{пр}} = U_{\text{ст}} + U_{\text{вдзб}} + Z_{\text{исп}} + W_{\text{ст}} \pm \Delta U \quad (3)$$

Для бессточного озера уравнение водного баланса будет таким же, но только без члена $U_{\text{ст}}$ в расходной части.

Как и для других водных объектов, члены уравнения (3) относят к некоторому интервалу времени Δt (месяц, год, в среднем за несколько лет и т. д.) и выражают либо в величинах слоя (м, см, мм), либо в объемных единицах (км^3 , м^3).

Для удобства при расчетах и анализе в случае представления членов уравнения (3) в объемных единицах применяют заглавные буквы (X, Y, Z и т. д.), в случае же использования величин слоя - строчные буквы (x, y, z и т. д.).

Если члены уравнения (3) представлены в объемных единицах, то $\pm \Delta U$ в (3) — это не что иное, как изменение объема вод в озере (т. е. $\pm \Delta V$) за интервал времени Δt . Если же члены уравнения (3) заданы в величинах слоя, то $\pm \Delta u$ — это не что иное, как изменение уровня воды в озере (т. е. $\pm \Delta H$) за тот же интервал времени Δt .

Когда сумма приходных членов уравнения превышает сумму расходных, то $\Delta u > 0$, и объем вод в озере увеличивается, а его уровень повышается; когда же приходная часть уравнения меньше расходной, то $\Delta u < 0$, и объем вод в озере уменьшается, а уровень воды в нем понижается.

Рассмотренные составляющие водного баланса подвержены изменчивости во времени, которая определяется изменением внешних факторов и в конечном итоге отражает динамику развития озёр, в том числе, их деградацию. То же можно сказать и о составляющих теплового баланса, который будет рассмотрен ниже.

2.4 Тепловой баланс озер

Для большинства озер главными приходными составляющими теплового баланса являются солнечная радиация Θ_s , поступление тепла из атмосферы при турбулентном теплообмене $\Theta_{\text{атм}}^+$, от донных грунтов $\Theta_{\text{гр}}^+$, с речным стоком $\Theta_{\text{реч}}^+$ и подземными водами $\Theta_{\text{подз}}^+$, выделение теплоты при конденсации водяного пара $\Theta_{\text{конд}}$ и при ледообразовании $\Theta_{\text{лед}}$. Теплота расходуется в озерах на эффективное излучение I , при передаче в процессе турбулентного теплообмена в атмосферу $\Theta_{\text{атм}}^-$ при поступлении в грунты дна $\Theta_{\text{грунт}}^-$, на испарение $\Theta_{\text{исп}}^-$ и таяние льда $\Theta_{\text{пл}}^-$. Часть теплоты $\Theta_{\text{реч}}^-$ уносится из озера с вытекающими из него речными водами (для сточных озер) и с подземным оттоком $\Theta_{\text{подз}}^-$. В результате сочетания прихода и расхода теплоты изменяется теплосодержание вод в озере $\Delta \Theta$.

С учетом сказанного, общее уравнение теплового баланса водного объекта применительно к озеру можно представить в следующем виде:

$$\Theta_c + \Theta_{\text{атм}}^+ + \Theta_{\text{реч}}^+ + \Theta_{\text{подз}}^+ + \Theta_{\text{лед}} = I + \Theta_{\text{атм}}^- + \Theta_{\text{грунт}}^- + \Theta_{\text{подз}}^- + \Theta_{\text{исп}}^- + \Theta_{\text{пл}} \pm \Delta\Theta \quad (4)$$

Солнечная радиация

$$\Theta_c = (Q + q) \{I - r\} \quad (5)$$

где Q и q - прямая и рассеянная солнечная радиация

r — альbedo поверхности озера.

Разность Θ_c и I составляет так называемый радиационный баланс. Члены уравнения теплового баланса озер выражают либо в единицах теплоты, Дж, либо (чаще) относят к единице площади озера ($\text{Дж}/\text{м}^2$).

Изменение теплосодержания вод в озере

$$\Delta\Theta = C_p \rho V \Delta T \quad (6)$$

где V — объем озера (или рассматриваемого его слоя)

ΔT — изменение температуры воды.

Если приходная часть уравнения теплового баланса больше расходной, то $\Delta\Theta > 0$, и вода в озере нагревается ($\Delta T > 0$). В противоположном случае $\Delta\Theta < 0$, и вода в озере охлаждается ($T < 0$).

Увеличение температуры воды от дна к поверхности называется прямой температурной стратификацией; уменьшение температуры воды от дна к поверхности носит название обратной температурной стратификации; наконец, равномерное распределение температуры воды по глубине называется гомотермией.

На рис.5 представлена классификация всех пресноводных озёр мира по термическому режиму, предложенная швейцарским озероведом Ф. А. Форелем [2].

В формировании термического режима озёр рассматриваемой территории значительную роль играют климатические особенности, высота над уровнем моря, морфологические особенности (глубина, площадь водного зеркала). Изменение составляющих теплового баланса приводит к изменению динамики озёр как непосредственно, так и посредством изменения характера протекания биогенных процессов.

Классификация озёр по термическому режиму (классификация Ф.А.Фореля)		
<p>полярные (или холодные) с температурой в течение всего года ниже 4° С и преобладанием обратной температурной стратификации</p>	<p>тропические (или теплые), с температурой в течение всего года выше 4° С с преобладанием прямой температурной стратификации</p>	<p>озера в условиях умеренного климата с температурой выше 4° С и прямой температурной стратификацией летом и температурой ниже 4° С и обратной температурной стратификацией зимой</p>

Рис. 5. Классификация озёр по термическому режиму (составлено автором согласно [2])

2.5 Ледовые явления на озерах

На рисунке 6 представлена классификация озер по характеру ледового режима.

Классификация озёр по характеру ледового режима (в зависимости от климатических условий)

не имеющие ледовых явлений	с неустойчивым ледоставом	с устойчивым ледоставом зимой	с ледоставом в течение всего года
----------------------------	---------------------------	-------------------------------	-----------------------------------

Рис. 6. Классификация озёр по характеру ледового режима (составлено автором согласно [2])

У озёр третьей группы, так же как и у аналогичных рек, выделяют три характерных периода ледового режима: замерзания (осенних ледовых явлений), ледостава, вскрытия (весенних ледовых явлений).

Ледовые явления начинаются после того, как температура поверхностного слоя достигнет точки замерзания (0°C для пресноводных озёр). Этот момент, в свою очередь, наступает несколько позже перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C . Ледостав устанавливается позже начала ледовых явлений.

В той же последовательности наступают характерные моменты ледового режима в весенний период: сначала среднесуточная температура воздуха переходит через 0°C , затем начинает повышаться температура воды в поверхностном слое озера (точка а) и, наконец, с некоторым запозданием озеро освобождается от льда.

Осенние ледовые явления начинаются в наиболее быстро охлаждающихся прибрежных районах озера. На отмелях у берегов возникают забереги. На крупных озерах эти ледяные образования (как и на морях) называют припаем. Образованию заберегов препятствует волнение.

Наращение льда в период ледостава происходит тем быстрее, чем суровее зима и меньше слой снега на льду.

Таяние и разрушение льда на озерах происходит под воздействием солнечной радиации, теплообмена льда с атмосферой и с нагревающейся водой

самого озера, тепла, поступающего с талыми снеговыми, дождевыми и речными водами. В ряде случаев заметное влияние оказывают и механические факторы — течения, волнение, ветер.

2.6 Гидрохимические и гидробиологические характеристики озёр

На рисунке 7 представлена классификация озёр по минерализации.

Классификация озёр по минерализации		
пресные (или пресноводные) с соленостью менее 1%	солончатые с соленостью от 1 до 25%	солёные с соленостью более 25%

Рис. 7. Классификация озёр по минерализации (составлено автором согласно [2])

Озера последней группы иногда называют соляными или минеральными. Озера с очень большим содержанием солей называют рапными. Наименьшую минерализацию имеют озера зоны избыточного и достаточного увлажнения. От менее засушливых районов к более засушливым увеличивается минерализация воды озёр, в этом же направлении происходит трансформация основного химического состава вод (содержания анионов и катионов) воды из гидрокарбонатного класса переходят в сульфатный и хлоридный и из кальциевой группы в магниевую и натриевую.

Как и другие водные объекты, озера богаты водными организмами (гидробионтами). Классификация озёр по условиям обитания водных организмов (трофическим условиям) представлена на рисунке 8.

Классификация озёр по условиям питания водных организмов

олиготрофные	евтрофные	дистрофные	мезотрофные
--------------	-----------	------------	-------------

Рис. 8 Классификация озёр по условиям питания водных организмов (составлено автором согласно [2])

Олиготрофными называются глубокие озера с малым количеством питательных веществ и малой продукцией, органического вещества. Евтрофные озера - это озёра с большим поступлением питательных веществ, большим содержанием органического вещества, продуцирование которого ведет к пересыщению кислородом в поверхностном слое воды, а разложение — к недостатку кислорода в гипolimнионе. Дистрофными называются озера, содержащие в воде настолько избыточное количество органического вещества, что продукты его неполного окисления становятся вредными для жизнедеятельности организмов. Мезотрофные озера - это озёра со средними трофическими условиями.

Естественная эволюция небольших по размеру озёр в условиях холодного и умеренного климата идет по следующей схеме (рис. 9):

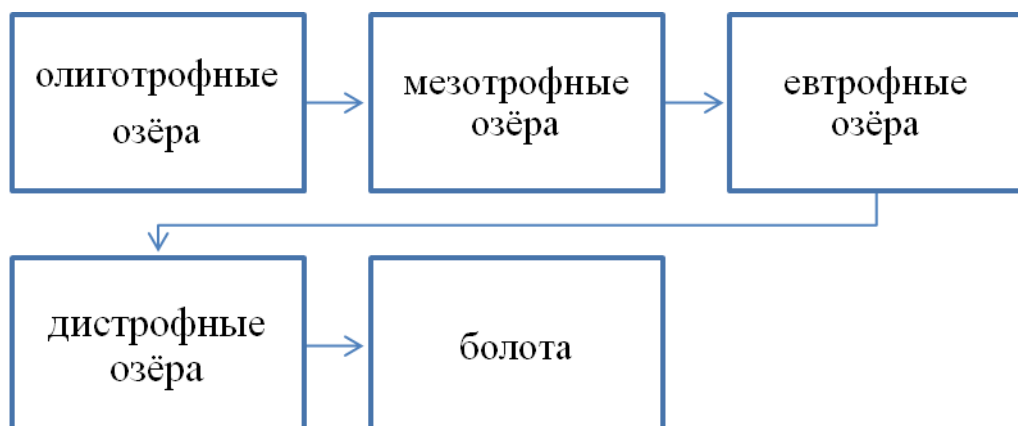


Рис. 9. Естественная эволюция озёр (составлено автором согласно [2])

Существенное влияние на эвтрофирование озер оказывает хозяйственная деятельность — сброс загрязненных вод, богатых соединениями фосфора и азота (коммунальные, сельскохозяйственные и промышленные стоки, возвратные воды орошения и т. д.). Наиболее подвержены антропогенному эвтрофированию малые озера, расположенные в густонаселенных районах.

Наиболее богаты жизнью прибрежные районы озера (за исключением берегов, подверженных сильному воздействию волнения) (рис. 10). Видовой состав бентоса — высших водных растений (макрофитов), моллюсков и др. — изменяется с увеличением глубины вдоль подводного склона.

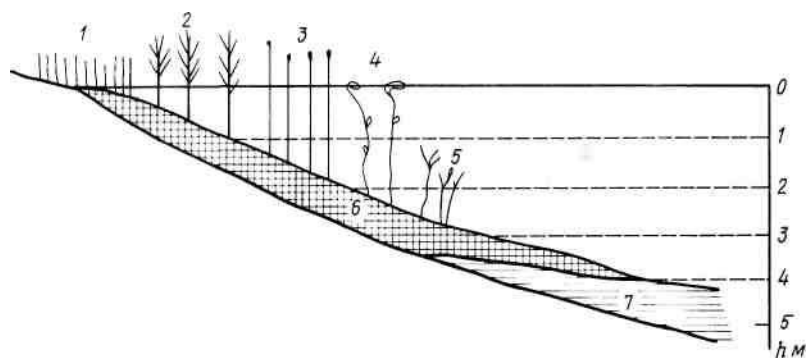


Рис. 10 Схема размещения растительности в прибрежной части озера и зарастания озера: 1 — осока, 2 — тростник, 3 — камыш, 4 — кувшинки, 5 — рдест, 6 — торф, 7 — сапропель

Для озер в условиях умеренного климата характерны также внутригодовые изменения гидробиологических процессов. Повышение температуры воздуха и воды в весенний период приводит к началу вегетации макрофитов, а в водной толще — к развитию фитопланктона (первому «цветению» воды). Во второй половине лета при максимальной температуре воды наступает новый период бурного развития фитопланктона и второе «цветение» воды. Вслед за развитием фитопланктона происходит и увеличение количества зоопланктона. В летнее время активно развивается и бентос. С

понижением температуры воздуха и воды осенью начинают отмирать макрофиты, сокращается биомасса озера. Испытывают сезонный цикл жизнедеятельности и рыбы, у которых нерест происходит обычно весной и летом; зимой многие рыбы впадают в так называемое холодное оцепенение.

3 Общая характеристика озёр Кавказа

3.1 Гидрография озёр Кавказа

На рассматриваемой территории озера встречаются повсеместно, однако изучены они недостаточно и даже их число и площадь, приводимые в различных источниках, весьма значительно отличаются. Это связано с тем, что уровни озёр и их площади значительно меняются по годам и сезонам года. На Кавказе существуют эфемерные озёра, расположенные в ледниках и кратковременно возникающие во время лавинно-селевой деятельности. Количество ледниковых озёр и их площади также могут меняться в зависимости от колебания концов языков ледников.

По топографическим картам с использованием сведений об озерах по справочникам для Кавказа на 2005 год согласно [8] учтено 5357 озеро общей площадью 2861,6 км². Из этого числа 65% озёр приходится на гидрологический подрайон Предкавказье, 27,2% — Северный склон Большого Кавказа и 7,8% — на Южный склон и Рионо-Куринскую депрессию. Площадь озёр соответственно распределяется —96,4; 0,8 и 2,8% (табл. 1)

Таблица 1

Число и площадь озёр Кавказа [8]

Гидрологический район	Число		Площадь		Средний размер озера, км ²
	всего	%	км ²	%	
Предкавказье	3484	65,0	2758	96,4	0,79
Северный склон Большого Кавказа	1457	27,2	22,4	0,8	0,02
Южный склон Большого Кавказа и Рионо-Куринская депрессия	416	8	81,2	2,8	0,20
Итого по Кавказу	5357	100	2861,6	100	0,53

По бассейнам рек озера также распространены весьма неравномерно, изменяясь от 1-10 до 425-1024 озер при площади от 0,04 до 256,47 км². Наибольшее число озер в бассейнах рек Кубани (1024) и Маныча (425), а по площади — в бассейнах рек Маныч, (256,47 км²) и Челбас (186,80 км²). Средние площади озер по бассейнам рек изменяются от 0,01- 0,05 км² у рек подрайона Южный склон Большого Кавказа до 2,16-7,90 км² в Предкавказье и Рионо-Куринском подрайонах (р. Псоу — 0,01 км²; р. Хоби — 0,01; р. Маныч - 2,16; р. Иори - 7,90 км²).

Площадь озер изменяется от 0,001 км² и менее на Большом Кавказе, до 86,1 км² в Предкавказье. Значительных размеров они достигают также в дельте Кубани, бассейнах рек: Иори, Геокчай и некоторых других. Наибольшие по площади озера Ханское, Большое Яшалтинское, Лиман Сладкий и Лиман Лебяжий расположены в Предкавказье и имеют площадь 22,1 — 86,1 км².

Морфометрические характеристики наиболее крупные озера Большого Кавказа и их принадлежность к бассейнам рек представлены в приложении 2. Информация взята из источника [3].

По происхождению и местоположению озера региона делятся на пойменные, лиманно-лагунные, водораздельно-западинные, гляциально-нивалльные, запрудные, карстовые и тектонические. Пойменные озера располагаются в устьевых частях долин рек Маныч, Кубань, Терек и Кура (озера: Дарья, Платовское, Долгое и др.). Лиманно-лагунные озера приурочены к Манычской впадине, западной части Приазовского, восточной — Кумского, прибрежной полосы Дагестанского, Куринского и Рионского гидрологических секторов. Водораздельно-западинные, или степные озера распространены в основном на Ставропольской возвышенности, реже на Азово-Манычской возвышенности, Сальско-Манычской гряде и Кумско-Терском водоразделе.

Основным источником питания пойменных озер являются воды, поступающие во время половодья или через ерики и протоки в меженный период. У лиманно-лагунных и водораздельно-западинных озер основное питание

осуществляется за счет талых снеговых вод, атмосферных осадков и грунтовых вод.

Гляциально-нивальные озера по числу являются наиболее распространенными озерами на рассматриваемой территории, составляя не менее 70% от их общего количества. Расположены они почти исключительно вдоль осевой зоны Большого Кавказа на его северном и южном склонах. Делятся они на ряд групп: каровые, троговые, ледниково-запрудные и моренные. Первые две группы озер обычно занимают дно цирков и каров, имеют площадь 0,001 — 0,3 км² и глубину от 5 до 65 м. Для них характерна овальная форма и слабая изрезанность берегов. Наиболее типичными из них являются озера Клухорское, Голубое, Муруджинское, Адуэдаадзиши, Сылтранкель. Ледниково-запрудные и моренные озера располагаются в пределах каров или верхних частях долин, занятых ледниками. Как правило, такие озера подпружены мореной и имеют небольшие размеры и глубину. Форма у них преимущественно вытянутая вдоль долины, продолжительность существования небольшая и не превышает нескольких десятков лет.

Запрудные озера образуются в результате скальных обвалов, конусами выносов, лавовыми потоками и встречаются на Большом Кавказе повсеместно. К этой группе озер относятся наиболее значительные озера горной зоны, такие как Большая Рица, Малая Рица, Казенойам, Кели, Цетелихатское, имеющие площадь до 2,0 км² и глубину до 102 м (Кели — 63 м, Казенойам — 72 м, Малая Рица — 76 м, Большая Рица — 102 м). Преобладает вытянутая форма озер, вдоль долины реки. Озера этого типа интенсивно заносятся наносами рек, впадающими в них. Некоторые из запрудных озер существуют 3-5 лет, другие 30-50, а отдельные, такие, как Большая Рица, Абрау, Казенойам образовались несколько столетий назад и будут жить еще 200-300 лет.

Менее развиты на Кавказе карстовые озера. Встречаются исключительно в пределах Большого Кавказа в районах развития известняков как на северном, так и южном склонах. Занимают они коррозионные воронки и котловины, размеры которых 20-100, реже 150 м и более при глубине до 15-30 м. Площадь озер не

превышает 1,0 км². К этой же группе относятся и озера, занимающие глубокие котловины — колодцы (шахты) провального образования. Это широко известные в Кабардино-Балкарии озера: Цериккель (Нижнее Голубое), Шамхурей, Провал — в районе г. Пятигорска, Голубое - в бассейне р. Бзыбь. Наиболее значительное из них Цериккель, расположенное в долине р. Черек Балкарский на высоте 809 м. Площадь его 0,04 км², наибольшая длина 235 м, ширина 120-180 м, наибольшая глубина 368 м. Это одно из самых глубоких озер России. Котловина озера представляет колодец эллиптической формы в известняках. Образовался колодец в результате обрушения свода глубокой подземной карстовой полости. Питание карстовых озер осуществляется за счет атмосферных осадков, а также подземных вод, нередко напорного типа со дна колодца (озеро Цериккель).

Тектонические озера встречаются только на Большом Кавказе и число их незначительное. Делятся они на две группы: озера, занимающие синклинальные понижения, и озера, котловины которых расположены вдоль тектонических разрывов. Примером озер первой группы являются Базалети, Карцахи, Джандари, а второй группы — Хуко, Сагамо, Абали, Авчальское. Характерным для тектонических озер является небольшая их глубина, что связано с молодыми тектоническими движениями земной коры и поэтому самое глубокое из них Хуко имеет глубину всего 10 м. Площадь озер этого типа изменяется от 0,3 (Авчальское) до 26,3 км² (Карцахи).

Озера Кавказа делятся на проточные и бессточные. Проточные озера расположены преимущественно в горной зоне Большого Кавказа, на Колхидской и Кура-Араксинской низменностях и небольшое число — в Предкавказье. Бессточные озера расположены в предгорьях Большого Кавказа и в Предкавказье.

3.2 Гидрологический режим озёр Кавказа

Уровеньный режим озер имеет сезонный характер. Повышение уровня начинается весной, в конце марта — начале апреля и обычно совпадает с началом

половодья. Максимумы уровни на большинстве озер достигают в мае — июне, а Черноморского побережья — в июле, после чего начинается постепенное понижение уровня, достигающее минимума на равнинных и среднегорных озерах в октябре — ноябре, а на высокогорных даже в феврале. Снижение уровня в летние месяцы нередко нарушается притоком поверхностных вод после сильных дождей. Исключение составляют лагунно-лиманские озера Каспийского побережья, где максимум уровня приходится на февраль, а минимум на конец лета — начало осени.

Для проточных озер характерна большая годовая амплитуда колебания уровня воды 100-200 см, а у отдельных — 200-250 см (Базалети и Палеостоми — 202 см, Рица — 249 см). У бессточных озер, имеющих почти всегда небольшие притоки, уровни изменяются незначительно и даже высота весеннего подъема составляет несколько десятков сантиметров.

Термический режим озер Кавказа изучен слабо, наблюдения производились на небольшом числе озер. Из имеющихся данных видно, что температура воды у берега уменьшается с увеличением абсолютных высот. На горных и особенно высокогорных озерах она меньше, чем в предгорьях, на равнинах или побережье морей. Например, средняя годовая температура на побережье морей составляет 14,6-15,0 °С, а в горах на высотах около 900 м — 9,1-12,8 °С и выше у непроточных озер.

В течение года температура воды изменяется весьма значительно. Минимум ее приходится на январь — февраль, когда средняя ее месячная величина не превышает 4,5-5,0°С (Базалети, с. Базалети — 2,1 °С; Рица, у причала — 3,8; Агзыбирчала, г. Дивичи — 5,0 °С). В Предкавказье в зимний период температура воды в озерах значительно ниже и, например, на оз. Тамбукан в январе-феврале она отрицательная и достигает 1,5-1,7 °С.

С началом весны температура воды начинает повышаться и достигает максимума в июле — августе (17,6-25,0 °С). При этом, наиболее высокие температуры воды наблюдаются на озерах, расположенных на побережье Черного и Каспийского морей (Агзыбирчала — 24,7 °С; Палеостоми — 25,0 °С), а менее высокие — на горных, где на высоте около 900 м у бессточного озера Базалети

она равна 23,6 °С, а в то же время у проточного — Рица, только 17,6 °С. На высотах более 2000 м температура воды в июле — августе не превышает 15,0 °С и зависит как от затененности озера, так и наличия снежников, питающих его. Так, например, 14.VIII.74 г. на высоте 2490 м на озере Бадукском (р. Теберда), окруженном не растаявшими снежниками, температура воды была 4,8 °С, а на озере без снежников, на такой же высоте 7,8 °С. В то же время, в этой же долине, на озере, расположенном на высоте 2910 м, но хорошо освещаемом и с глубиной около 1,0 м температура воды была 14,2 °С. Наиболее высокая температура воды отмечается на озерах Каспийского побережья, Кура — Араксинской низменности и Апшеронского полуострова, где она может достигать в отдельные годы 30-35 °С (Агзыбирчала, г. Дивичи, 9.VII.75 г. — 34,8 °С). Абсолютный максимум температуры на озерах Черноморского побережья ниже и достигал 31,5 °С (Палеостоми), а на горных, на высоте около 900 м всего 18,7 °С. С августа температура воды начинает понижаться и в декабре-январе достигает минимальных значений.

Температура воды в озерах с глубиной изменяется. Характер ее изменения зависит от сезона года и глубины бассейна. В озерах с небольшими глубинами (2-5 м) температура воды с глубиной изменяется незначительно, так как вся толща воды прогревается и во время ветра идет интенсивное ее перемешивание. В глубоких водоемах температурная стратификация (изменение температуры воды с глубиной) бывает прямая, когда температура воды уменьшается ко дну, обратная, когда она с глубиной увеличивается, и гомотермия, когда температура воды остается по всей толще постоянной. Прямая температурная стратификация отмечается на озерах в теплый период года: верхний слой воды (эпилимнион) в это время имеет довольно высокую температуру (до 20-30 °С), толщина его от нескольких сантиметров до 3 м. Ниже температура воды резко понижается и слой, в котором это происходит, носит название «слой температурного скачка» (металимнион), толщина его 3-5 м. На озерах Большого Кавказа он оканчивается на глубине 6-8 м, а температура воды составляет 9-12 °С. Ниже этого слоя и практически до дна температура воды остается постоянной, этот слой называется - гиполимнион.

Примером с таким режимом являются высокогорные каровые и ледниковые озера Кяфар, Санчаро, Адуэ-даадзиши, Клухорское и др.

Обратная температурная стратификация отмечается в холодный период года на озерах, покрытых льдом. В этом случае с глубиной температура воды в верхнем слое толщиной 2-3 м резко увеличивается (на 3-4 °С); далее с глубиной также происходит возрастание температуры воды, но незначительное. Например, на озере Туманлы-кель (р.Теберда) температура воды сразу подо льдом 12.11.1978 г. была равна 0 °С, на глубине 2 м - 3,5 °С, 6 м - 3,8 °С и 18 м - 4,0 °С, ниже она оставалась постоянной, равной 4 °С. С началом вскрытия горных озер в них устанавливается гомотермия, когда температура воды с глубиной остается практически одинаковой и отмечается 20-25 дней. Осенняя гомотермия на неглубоких озерах продолжается всего 15-20 дней, после чего они замерзают. На крупных озерах она продолжается 20-30 дней. Связано это с большим запасом в них тепла по сравнению с неглубокими. На сравнительно значительных озерах среднегорной зоны, которые редко замерзают (Рида, Цериккель, Амткели, Лиси и др.), в холодный период устанавливается режим гомотермии, но в отдельные суровые зимы для них также характерен режим обратной температурной стратификации.

На ежегодно замерзающих озерах Предкавказья отмечаются прямая и обратная температурные стратификации и гомотермия. На озерах Черноморского и Каспийского побережья, Апшеронского полуострова и Куринского гидрологического сектора, которые замерзают очень редко, зимой отмечается режим гомотермии, а иногда (в теплые зимы) — режим прямой температурной стратификации. Обратная температурная стратификация на этих озерах отмечается редко — только в суровые зимы, когда поверхностные слои воды охлаждаются до 0 °С. Прямая температурная стратификация отмечается здесь летом и весной, однако разница температуры поверхностного и придонного слоев невелика и не превышает 2-4 °С.

Ледовые явления постоянно отмечаются на озерах Предкавказья и на Большом Кавказе. В отдельные годы толщина льда достигает в предгорной зоне Северного склона Большого Кавказа 50-80 см. Устойчивый ледостав образуется в

середине января и разрушается в начале марта, а в третьей декаде марта в этих районах озера очищаются ото льда.

На среднегорных и высокогорных озерах Большого Кавказа ледовые явления носят стабильный характер. Отмечаются они в период с конца ноября по апрель на высотах менее 2000 м и с октября по июнь на более высоких уровнях. Толщина льда зависит как от, высотного положения озера, так и суровости зимы. В среднем она не превышает 30-50 см, но на некоторых - 100 см и более. Так, например, на озере Клухорском (р.Теберда) 14.VII.1978 г. была отмечена толщина льда в 300 см. На глубоководных озерах, расположенных на высотах ниже 1000 м (Рица, Амткели) и имеющих большой запас тепла, ледяные образования отмечаются только в феврале, а ледяной покров в виде тонкого льда (1,0-1,5 см) образуется только в очень суровые зимы. На льду озер Большого Кавказа ежегодно образуется толстый слой снега толщиной от нескольких сантиметров, до нескольких метров. Поэтому часто небольшие озера вскрываются ото льда в конце июля - начале августа.

На Большом Кавказе и по долине р. Куры преобладают озера с пресной водой и весьма редко с соленой. Соленость воды минимальная весной и тогда в отдельных случаях она становится пригодной для хозяйственных целей. Осенью соленость резко увеличивается, особенно в озерах бессточных, расположенных в Предкавказье и Куринском секторе.

Минерализация воды у многих озер слабая и составляет 30-80 мг/л, а у высокогорных Большого Кавказа даже 8-25 мг/л, т.е. почти дистиллированная. В целом для Большого Кавказа отмечается увеличение минерализации воды озер с понижением их гипсометрического положения. Соответственно большинство высокогорных каровых озер имеют малую минерализацию воды - 8-25 мг/л, а у моренно-запрудных (на высотах 1000 — 2000 м) она возрастает до 100 — 120 мг/л. Более высокая минерализация наблюдается у озер в районе Скалистого хребта на северном склоне Большого Кавказа, где она изменяется от 100 мг/л до 2 г/л. Минерализация пресных высокогорных озер изменяется в течении года при минимальных значениях весной, когда в них поступает талая вода, и

наибольшей осенью. Например, минерализация озера Псенадах (р.Белая) в июне 1976 г. составляла 87,2 мг/л, а в конце августа этого же года достигла 156 мг/л.

Цвет и прозрачность воды озер Кавказа весьма различается по территории и зависит от глубины водоемов, литологического состава пород котловин, определяющих химический состав воды, а также воды, приносимой в озеро впадающими в него реками. Он изменяется в широких пределах - от синего и сине-голубого до желтого и желтовато-зеленого. Первые два цвета характерны для высокогорных озер. Прозрачность воды колеблется в течение года от 1 до 18 м при наибольшей летом, а минимальной - весной, в период поступления в озера талых вод. Также более высокая прозрачность наблюдается у глубоких каровых озер, достигая 18-20 м (Кратерное, Лазурное в бассейне р. Бол. Зеленчук). У некоторых озер прозрачность небольшая даже летом, что связано с летним цветением воды (Каракель, Черное в бассейне р. Теберда).

4 Эволюция озёр Большого Кавказа в XIX-XX столетиях

В последнее столетие озёрные системы Большого Кавказа в целом находятся в регрессивной фазе эволюционного развития. Регрессивная фаза развития озёр предполагает сокращение их числа, площади и объёма водной массы и глубины водоёма в результате накопления донных отложений и уменьшения приходной части водного баланса. С регрессивной фазой тесно связаны процессы деградации (отмирания) водоёмов, такие как выполнение ложа минерально-органическими осадками, зарастание, усыхание, обусловленные как естественными природными процессами, так и вмешательством человека. Конечным результатом этих процессов является исчезновение озёр. Интенсивность и пути деградации зависят в первую очередь от гидрологического режима водоёмов: степени проточности, условий питания, а также от размеров озёрной котловины.

Деградация озёр, расположенных в равнинной части региона и в горах Большого Кавказа, существенно различается как по характеру процессов деградации озёр, так и её интенсивности.

4.1 Особенности деградации равнинных озёр

Для озёр Предкавказья, Рионо-Куриной депрессии, дельт Кубани и Терека, а также Черноморского, Азовского и Каспийского побережий основными факторами, ведущими к уменьшению размеров озёр, являются флювиальный, усыхание, биогенный и антропогенный. В результате флювиального процесса происходит заполнение котловины водоёма аллювиальными отложениями постоянных и временных потоков, а также эоловым материалом, приносимым пыльными бурями. Флювиальный процесс наблюдается в проточных дельтовых озёрах Терека и Сулака. Взвешенные и

влекомые наносы поступают в проточные озёра непосредственно из руслового потока с паводковыми водами.

4.2 Особенности деградации горных озёр

Интенсивность деградации горных озёр обуславливается:

1. морфометрией, морфологией озёрных котловин; признаки деградации у крупных озёр (например, Большая Рица, Келистба и др.) выражены слабо, у небольших водоёмов они достаточно чёткие;

2. гидрологическим режимом, т.е. особенностями питания озёрных водоёмов, проточностью, мутностью вод; особенно быстро уничтожаются проточные водоёмы, питающиеся ледниковыми водами, и очень медленно непроточные (не имеющие притока и стока);

3. интенсивностью современных геоморфологических процессов, в районах с повсеместным развитием гравитационных и флювиальных процессов озёрная ванна быстро заполняется осадками, и озеро перестает существовать;

4. морфологией склонов и наличием растительности на них, т.е. если берега пологие, задернованные и залесённые, темпы деградации озёрного водоёма замедлены, а при крутых оголенных склонах оно быстро заносится;

5. составом горных пород, т.е. их устойчивостью к процессам денудации, совершенно очевидно, что озёрные котловины, расположенные в кристаллических породах палеозоя и протерозоя, отличающихся повышенной устойчивостью к разрушению и размыву, сохраняются значительно дольше, чем озёрные котловины среди неустойчивых горных пород (мергелей, гипсов и четвертичных отложений);

6. длительностью развития процессов деградации; известно, что показателем возраста озёр, прежде всего, может стать его высотное положение относительно современного ледника, лежащего в верховьях реки, питающей это озеро, чем ближе оно к леднику, тем моложе, при удалении от ледника возраст озера увеличивается.

Значительное сокращение озёрной акватории, а иногда и полное её исчезновение, может происходить эволюционным путём (постепенным осадконакоплением, усыханием, заболачиванием), а также очень быстро при катастрофических нивально-гравитационных и гравитационных процессах (в результате схода снежных лавин, селевых потоков, обрушения и оползания склонов) и, наконец, при антропогенном воздействии. Возможны варианты одновременного воздействия указанных процессов, что приводит к ускоренному уничтожению озера.

Размеры и число горных озёр Большого Кавказа за XX ст. довольно значительно уменьшились. Площадь их сократилась на 30 %, а число на 3 %. Одновременно отмечались случаи образования новых озёр и увеличение площади уже существующих (приложение 3). Площадь отдельных озёр (приложение 3) уменьшилась на 0,001-0,400 км², или на 5-99 % от их площади на начало XX столетия. При этом наибольшие величины сокращения отмечаются у моренных и запрудных озёр (Мёртвое, 99 %; Луганское, 90 %; Большой Каракель, 45 %), а минимальные у каровых и карстовых (Клухорское, 10 %; Халега южное, 12 %; Имеретинское, 30 %; Цериккель, 0 %). Одновременно у некоторых моренных озёр (Туманлыкель, Геналыколь, Малое и др.) величина уменьшения площади небольшая и составляет 4-10 %, что объясняется систематическим сходом снежных лавин в озёра. Это так называемые озёра лавинного выбивания. Величины сокращения площади весьма значительно различаются и у запрудных озёр. При значительных запрудах, таких как у озера Большая Рица, Казенойам, Абрау, она не превышает 5-20 %, в то время как на озёрах имеющих небольшие запруды, как, например, у озёр Ахцу (р. Мзымта), Верхнего и Нижнего Шаро-Аргун (р. Аргун) и Псоу (р. Псоу), величина сокращения площади составила 90-100 %, и запрудные озёра просуществовали всего 3-30 лет [4, 9,10].

4.3 Основные процессы деградации горных озёр

Основными процессами, в результате которых происходит деградация горных озёр являются: флювиальные, нивально-гравитационные, уничтожение порога стока, биогенный (зарастание) и антропогенный (рис. 11).



Рис. 11. Основные процессы деградации горных озёр (составлено согласно [8])

Количественная оценка деградации озёрных водоёмов осуществляется на основе площадных съёмок озёр различного генезиса, анализа крупномасштабных карт и дешифрирования аэрофотоснимков различных лет, а также рассмотрением растительных сообществ в озёрном водоёме. При этом деградация оценивается в процентном отношении от площади современного озёрного водоёма к первоначальной в момент его образования. Кроме этого, определяется процентное отношение процессов, способствующих деградации озёрных водоёмов (приложение 4).

Как видно из приложения 4, наиболее значительно деградация озёр происходит в результате действия флювиальных и нивально-гравитационных процессов составляющих у отдельных озёр 80-100 % (Псенодах, Большая Рица, Казенойам, Хуко и др.). Эти процессы преобладают у большинства озёр. Несколько меньше происходит деградация озёр в результате биогенного процесса, достигающего у отдельных озёр 40-100 %. Лежат эти озёра в лесной зоне или в нижних ступенях каров. На высотах более 1500 м биогенный процесс у озёр практически не отмечается. Уничтожение порога стока и антропогенный процессы отмечаются у горных озёр редко. Рассмотрим процессы деградации горных озёр подробно.

4.3.1 Флювиальный процесс

Это процесс заполнения озёрных котловин аллохтонным материалом, то есть аллювиальными, аллювиально-пролювиальными отложениями постоянных и временных водотоков, а также автохтонными отложениями. Озёрное накопление в лимнологии рассматривается как конечный результат сложного комплекса всех озёрных процессов превращения и перемещения вещества и энергии.

Условия и скорость седиментации в озёрах различны из-за геолого-геоморфологического положения озёр, степени их проточности, изменчивости стока.

В проточных озёрах с высоким водообменом скорость осадконакопления невелика, поскольку большая часть взвешенных наносов сбрасывается при русловом стоке. Например, в моренно-запрудном озере Кардывач с площадью 0,15 км² и наибольшей глубиной 17 м, расположенном в лесной зоне и дренируемом р. Мзымта, мощность донных осадков не превышает 20 см (рис. 12). Если принять, что озеро образовалось в одну из ледниковых фаз голоцена, то окажется, что средняя скорость седиментации составляет всего 0,05-0,1 мм в год. Озёра, не имеющие видимого стока или с фильтрационным стоком,

являются «отстойниками», в которых происходит накопление автохтонного вещества, и в случае впадения в него речных потоков - аллохтонных флювиальных наносов. Интенсивность поступления аллювия в озёрный водоём может колебаться в широких пределах - от нескольких сантиметров до одного метра в течение года. Средняя скорость осадконакопления в таких озёрах изменяется как в пределах одного года (приложение 5), так и за большой промежуток времени.

Формирование речных дельт и других микроформ рельефа (кос, конусов выноса, островов) в пределах акватории озера может протекать быстро и тем самым значительно менять конфигурацию озера в плане и уменьшать его глубину. Например, обвальное-запрудное озеро Ахцу (р. Мзымта, на 34-м км автодороги г. Адлер - п. Красная Поляна), возникшее в январе 1968 г., перестало существовать в 1973 г. Средняя скорость накопления аллювия в озёрной котловине составила 1-1,2 м в год (по данным Сочинской противооползневой службы).

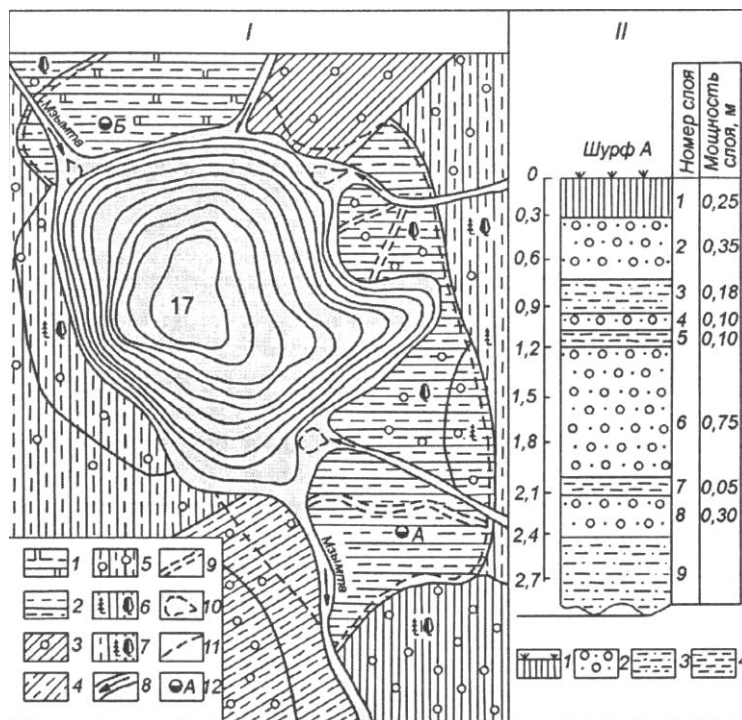


Рис. 12. Схема сокращения площади озера Кардывач за последние 1500-2000 лет (согласно [8])

I) 1 - аллювиально-озерная луговая терраса с редколесьем; 2 - аллювиально-озёрная терраса с редколесьем; 3 - конус выноса с редколесьем; 4 - конус выноса луговой; 5 - лавинно-осыпной склон с криволесьем; 6 - конечная морена со смешанным лесом; 7 - делювиально-осыпной склон со смешанным лесом; 8 - современное русло реки; 9 - отмершее русло реки; 10 - отмель; 11 - первоначальная граница озера; 12 - место проходки шурфа; II) 1 - слой почвы (сфагнум); 2, 4, 6, 8-аллювиальные отложения; 3 - аллювиально-озёрные отложения (песок, глина); 5, 7,9- озёрные отложения.

Распределение озёрных отложений, их вещественный состав во многом зависит от условий их формирования, гидрологического режима озёр, их местоположения и происхождения.

Процессы седиментации связаны с высотной поясностью и ландшафтно-климатическими условиями. В нивально-гляциальной зоне они определяются динамикой ледников и нивально-гравитационных процессов. В озёрах накапливается в основном аллохтонное минеральное вещество (до 95 %), а скорость седиментации колеблется в пределах 0,1-2 см/год.

При быстром таянии ледников и снежников в жаркое лето, сходе снежных лавин и селевых потоков, обвалах скорость и объёмы седиментации увеличиваются. В низкогорной и среднегорной зонах осадконакопление в озёрах определяется речной эрозией и аккумуляцией, селевыми потоками, обвалами, оползнями, волновой абразией и заболачиванием. В озёрных водоёмах происходит в большей мере накопление автохтонного биогенного материала. Седиментация протекает с определенными перерывами не только в годовом цикле (с прекращением осадконакопления к концу зимы), но и в течение сотен и тысяч лет. Причины этого могут быть различны - высыхание озера, прекращение поступления материала со склонов, «выплёскивание» вод озера при обвалах и лавинах.

На месте вновь образованных участков суши возникают озёрно-речные террасы, которые в пределах субальпийской и лесной зон зарастают

травянисто-кустарниковой растительностью (приложение 6). По растительному сообществу в пределах деградированных участков водоёмов можно судить о стадиях их деградации и относительном возрасте вновь образованных участков суши. Так, например, травянистые площадки на северном и южном берегах озера Кардывач (бассейн р. Мзымта) намного моложе участков прибрежной зоны, занятой лесом. Впервые на деградацию этого озера обратил внимание А.Л. Рейнгард в 1913 году, а затем В.М. Рылов в 1930 году [8].

Согласно исследованиям [8], главную роль в деградации озера Кардывач играют аллювиальные отложения р. Мзымта, впадающей в него, и небольших рек левого склона долины. Наиболее интенсивный процесс деградации отмечается в восточной и южной частях озера, о чём свидетельствуют обширные луговые поляны в южной части озёрной котловины, сложенной в верхней части в основном аллювиальными, а в нижней озёрными отложениями (серыми глинами). Схожие количественные характеристики факторов деградации отмечены для озёр Инпси, Ачипста, Воровского, Псенодах, Донгуз-Орункель и других.

4.3.2 Нивально-гравитационные и гравитационные процессы

К их числу относятся снежные лавины, селевые потоки, обвалы и оползни, внезапные и катастрофичные по своему воздействию на окружающие ландшафты, в том числе и на озёрные водоёмы. Наряду с созидательной деятельностью, то есть формированием озёрных котловин, указанные процессы довольно часто уничтожают озёра полностью или частично. При этом в значительной мере меняются размеры и конфигурация озёрных водоёмов.

Проявление нивально-гравитационных процессов различно как по масштабам, так и по времени. Они распространены в основном в альпийской и субальпийской зонах и значительно реже - в лесной.

В зависимости от количества осадков, размера лавиносбора, крутизны склонов и частоты схода снежных лавин в акваторию озёрного водоёма, лавины

могут активно деградировать его или предохранять от преждевременного угасания. В первом случае процесс деградации заключается в аккумуляции лавинных отложений в пределах озёрного водоёма, в результате чего происходит уменьшение, как его площади, так и глубины. Например, практически ежегодно с южного склона г. Люоб в акваторию озера Верхний Кардывач сходит снежная лавина, выносящая значительное количество рыхлого материала. За последние 20 лет конус выноса по своим размерам (в пределах водоёма) увеличился почти на 25-30 %. Во втором случае лавины, сходящие в озеро периодически, производят чистку, противодействующую его обмелению и развитию водной растительности. Яркий пример тому — озеро Туманлыкель, которое, по данным С.В. Клопова [8], в 1927 году имело площадь 20000 м² и глубину 18 м. Измерения Н.Н. Липиной и О.А. Липина в 1934 г. не зарегистрировали изменений в площади водоёма, а глубина возросла до 23 м [11]. По данным на 1990 г., озеро не изменило своих морфологических характеристик, то есть периодически сходящие в него лавины противодействуют деградации водоёма.

Значительную роль в деградации озёрных водоёмов играют селевые потоки. В этом случае интенсивность деградации возрастает по сравнению с обычной в десятки раз. Так, в 1978 г. в акваторию озера Воровского (Западный Кавказ) сошёл небольшой селевой поток, образовавший конус выноса с толщиной грязекаменных отложений 1,5 м и объёмом около 200 м³. Судя по изрезанности береговой линии с несортированным слабоокатанным материалом, такие селевые потоки сходили здесь и ранее. Сходная ситуация наблюдалась на озере Баранкош (район ледника Безенги, Центральный Кавказ) в 1977 г. Оно было полностью уничтожено селевым потоком, сошедшим в акваторию озера.

Нередки случаи, когда обвалы и осыпи заметно уменьшают и меняют форму горных озёр. К их числу можно отнести озёра Инпси и Нижнее Бадукское, которые постепенно уменьшаются в размерах вследствие того, что в них спускаются «живые» осыпи; так, например, озеро Верхний Хачалдаг

(Восточный Кавказ) в значительной степени сокращается в своих размерах из-за активных гравитационных процессов.

4.3.3 Процесс осушения озёр в результате уничтожения порога стока

Этот процесс может развиваться двумя путями: а) прорывом плотин; б) регрессивно развивающейся эрозией. Первый характерен для озёр обвально-запрудных и подпруженных конусами выноса, возникших при сходе снежных лавин и селевых потоков. Уничтожение порога стока происходит за счёт размыва плотины подпруженными речными водами. После прорыва озера уровень его резко понижается, и в дальнейшем оно полностью осушается.

Длительность существования подпрудного озера зависит от мощности завала, его литологии, а также толщины подпруженного водного потока. Примером сказанного является озеро в ущелье Ахцу (бассейн р. Мзымта). Понижение уровня образовавшегося водоёма началось после размыва левого борта долины, сложенного рыхлыми отложениями, на участке образовавшегося завала. В результате инженерно-геологической съёмки, проведённой здесь в 1969-1973 гг., были установлены основные параметры деградации озёрного водоёма (приложение 7). Так, в 1969 г. отметка дна промоины была на 1,5-2,0 м ниже верха завала, а в 1970 г. - на 3,0 м. К 1973 г. в результате размыва плотины и заполнения котловины водными наносами озеро перестало существовать.

Обвально-запрудные озера, возникшие при крупных завалах (более 1 млн. м³), существуют значительно дольше, чем озеро Ахцу (например, озёра Большая Рица, Амтели, Кведское, Казенойам и др.). Прорыв таких мощных обвально-запрудных плотин возможен при втором из указанных путей, т.е. в случае уничтожения порога стока за счёт регрессивно развивающейся эрозии.

Подобным образом уничтожаются и каровые озёрные водоёмы в альпийской зоне. В качестве примера можно привести озеро Клухорское, находящееся в бассейне р. Теберда (Западный Кавказ). В нижней части озера скальная перемычка частично прорезана, и сток ручья, вытекающего из него,

осуществляется по каналу в коренных породах. В результате инструментальной съёмки, проведённой в 1978 г., было установлено, что высота устьевой ступени над уровнем воды составляет 4,6 м. По наблюдениям 1989 г., на одном из Баарорских озёр (Восточный Кавказ) устьевая ступень, сложенная глинистыми сланцами нижней юры, «пропилена» водным потоком на глубину до 7 м, соответственно озеро спущено и котловина занесена аллювиальными отложениями.

4.3.4 Биогенный процесс (зарастание)

Процесс зарастания озёр с постепенным превращением их в болота происходит в основном в лесной, субальпийской и реже в альпийской зонах Большого Кавказа. В зависимости от особенностей режима озёр, морфометрических и морфологических особенностей озёрных котловин зарастание озёр в горах Большого Кавказа может протекать различно и с неодинаковой интенсивностью (табл. 2).

Таблица 2

Количественная характеристика степени зарастания озёр Западного Кавказа (по материалам В.В. Акатова и Ю.В. Ефремова)

Зона	Общее количество обследованных озёр	Доля озёр с различной степенью зарастания, %			
		0	до 3	3-70	более 70
Высокогорная в целом	175	30	22	24	24
Альпийская	36	56	28	11	5
Субальпийская	139	23	21	27	29
Лесная	70	6	7	34	53

Исследования показали, что сообщества гелофитов присутствуют в 70 % водоёмов, а в 24 % занимают более 70 % площади их акватории. Низкая степень зарастания альпийских озёр объясняется как неблагоприятными для развития водных растений условиями, так и их молодостью. Напротив, отсутствие гелофитов в ряде субальпийских озёр является скорее исключением и может быть связано с молодостью таких озёр, преобладающим присутствием снежников на их берегах и в их акватории, очищающей деятельностью лавин и влиянием антропогенных факторов.

Гидрофиты в альпийских озёрах отсутствуют, а в субальпийском поясе они встречены в 32 озёрах, что составляет 31 % от общего числа субальпийских озёр, имеющих степень зарастания гелофитами менее 70 %. В четырёх водоёмах погруженные сообщества покрывают менее 3 % донной поверхности, в 16 - от 3 до 70 % и в 9 - более 70 % дна. По данным В.В. Акатова [12], на Северо-Западном Кавказе к настоящему времени на месте 80 % ацидотрофных озёр сформировались осоковые и осоково-мховые болота. Быстрому зарастанию подобных водоёмов способствуют благоприятные морфометрические и морфологические характеристики водоёмов: малые площади водной поверхности (3000-5000 м²), небольшие максимальные глубины (не более 2 м) и пологие уклоны дна. Как отмечает В.Н. Сукачев [13], блюдцеобразная форма озёр с указанной морфометрией способствует зарастанию водоёмов путём укоренения гелофитов на донной поверхности.

Сравнительный анализ аэрофотоснимков различных лет (1954, 1972, 1987 гг.), любительских фотографий, выполненных Ю.К.Ефремовым, К.Ю.Голгофской, А.С. Немцовым, В.В.Акатовым и Ю.В.Ефремовым в 1974-1994 гг., показал, что степень зарастания озёр за последние 30-50 лет существенно не изменилась. Более того, в большинстве случаев за этот период не изменилась даже конфигурация зарослей гелофитов. Столь высокая стабильность - результат увеличения мощности образованных торфянистых «платформ» до 0,4-0,8 м, после чего заросли гелофитов перестают быть

чувствительными к воздействию колебания уровня воды, амплитуда которой может достигать 1,5 м.

При прогрессирующем понижении уровня водной поверхности, превышающем указанную амплитуду (спуск озера, усыхание, выплёскивание снежными лавинами), создаются благоприятные условия для дальнейшего зарастания озёрного водоёма и постепенного превращения его в высокогорное болото. Яркий пример этому - многие высокогорные болота, такие, как Луганское, Дзитацкое, Мёртвое (рис. 14).

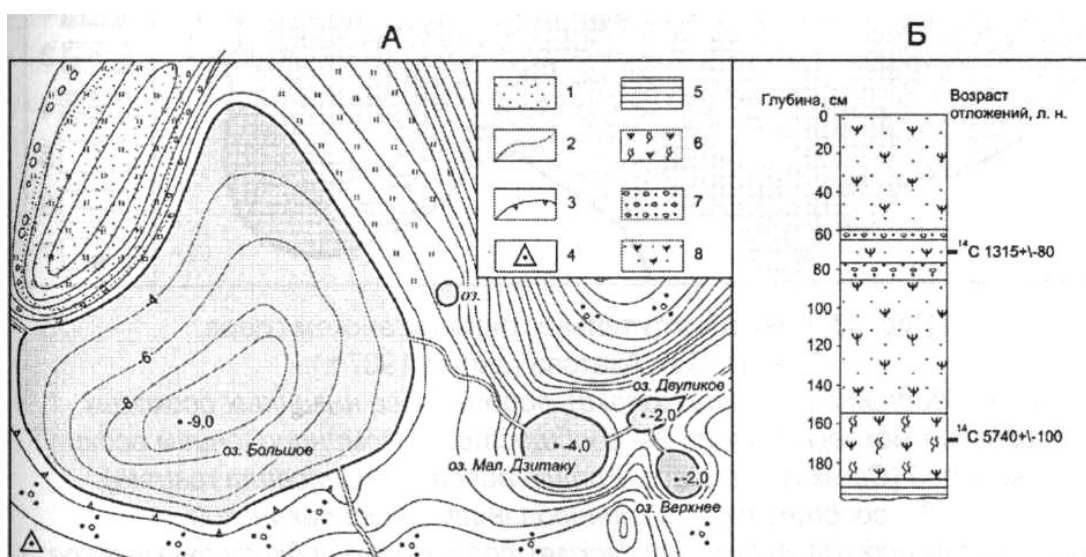


Рис. 14. Схема расположения озер в долине р. Дзитаку и разрез озерных отложений [8]

1 - лавинно-осыпной вал; 2 - изобаты; 3 - обрывистые берега, - место отбора проб, 5-глина, 6- торф, 7- мелкая галька, песок, 8 - торф с песком.

Об интенсивной деградации озёрных водоёмов, связанной с зарастанием, в какой-то мере можно судить, опираясь на литературные источники и рассказы очевидцев. Некоторые авторы дают описание озёр, которые они застали в стадии юности, т.е. без видимых следов зарастания. Так, например, А.Н. Дьячков-Тарасов в 1927 г. описывает озеро Аурикель, которое в 1925 г. имело в длину 210 м. На 1993 г. оно практически полностью заросло [8]. Н.Н. Еременко [14] приводит сведения о карстовых озёрах Внутреннего и Южного

Дагестана, таких, как Нукатльские (Абдаласухор, Тиногечебхор), Яракское (Яракин-Гель). Они практически превратились в болота, в которых сохранились лишь отдельные окна чистой воды. По представлениям Н.Н.Еременко, цикл развития таких озёр от стадии юности до стадии затухания составляет 80-100 лет. Это, видимо, справедливо для мелких озёр (3-8 м). Глубокие озёра могут существовать и дольше. Так, озеро Круглое (бассейн р. Лабы, глубина - 19 м) практически не имеет признаков заболачивания, в то время как соседнее Чёрное озеро с максимальной глубиной 8 м на 30-40 % заросло водной растительностью.

4.3.5 Антропогенное воздействие

Известно, что в настоящее время состояние озёр зависит не только от естественных причин, но в значительной мере и от антропогенных воздействий на водосборные бассейны. Основные факторы, оказывающие влияние на ход эволюции озёр (климат, сток рек, морфометрия озёрных котловин, характер растительности в озёрном бассейне и пр.), в естественных условиях не столь динамичны, как антропогенные факторы (распашка земель, вырубка лесов, промышленное и городское строительство в бассейнах озёр, изменение гидрографической сети и др.).

Хозяйственная деятельность в горах во многих случаях носит стихийный характер, что приводит к непредсказуемым последствиям. Так, антропогенные озёра возникают при техногенных изменениях рельефа, то есть в районах добычи полезных ископаемых подземным или карьерным способом. В первом случае, в результате опускания земной поверхности и провальных явлений появляются глубокие воронки и колодцы, заполненные водой. Так, например, в 1975 г. вблизи п. Бабугент (р. Черек) на месте буровой вышки, провалившейся в карстовую полость, образовалось небольшое (около 100 м²), но глубокое (50 м) озеро. Во втором случае антропогенные озёра возникают в случае заполнения

водой обширных карьеров. Усиление заиления озёр в лесной зоне происходит в результате вырубki лесов, а в высокогорной зоне - строительства дорог, трубопроводов, линий электропередач.

Антропогенное воздействие на природные водные системы проявляется в следующих видах:

1. Сокращение числа и площади озёр в результате строительства водохранилищ происходит в процессе затопления поймы при заполнении водохранилищ.

2. Сокращение числа озёр происходит и в результате их использования в виде дополнительных водохранилищ на оросительно-обводнительных системах.

Так, в дельте Терека на месте бывших 25 озёр (Юзбаши, Большой Ачиколь, Ачиколь, Бешенное и др.) общей площадью 28,06 км² было создано четыре водохранилища (Большой Ачиколь, Бешенное, Океан и Травяное) общей площадью 223 км². В дельте р. Кура водохранилища превращены озёра Кукшикское, Ильгуняни, Авлабарское (Самгорское водохранилище), Хариствала, Дзрохиствала (Шаорское водохранилище) и др.

3. Искусственное понижение уровня озёр в низовьях многих рек осуществляется с целью уменьшения заболачиваемости местности, с этой же целью в некоторых районах производится и осушение озёр.

Например, с целью создания благоприятных условий для сельского хозяйства в Кизлярском районе (дельта р. Терек) также было проведено осушение ряда озёр площадью 0,18-2,80 км² (Городское, Ялга, Кутанаульское, Печка, Байбус), общей площадью 8,29 км².

Понижение уровня озёр, производившееся на побережье Чёрного моря на полуострове Пицунда, привело к повышению минерализации озера Инкити с 170,4 мг/л до 1500 мг/л, доля карбонатов уменьшилась в 9 раз, а сульфатов увеличилась в 10 раз [15].

4. Хозяйственная деятельность на берегах горных озёр, направленная на удаление лавинно-селевых отложений, а также обвальных и камнепадных масс

с целью расчистки дорог, смотровых площадок, сооружений магистральных трубопроводов.

Так, при расчистке автомобильной дороги вблизи озера Туманлыкель (бассейн р. Теберда) часть лавинно-осыпного материала сбрасывается в озеро, в результате чего оно за последние 50 лет уменьшилось в размерах и изменило свою конфигурацию. Другой пример, при прокладке газопровода Владикавказ - Тбилиси в акваторию озера Тба (вблизи пос. Чхери на Военно-Грузинской дороге) сбрасывался грунт с трассы магистрали. В конечном итоге в результате обмеления водоём стал зарастать водной растительностью.

5. Интенсивная хозяйственная и рекреационная деятельность в пределах озёрного водосбора (распашка земель, вытаптывание травянистого покрова скотом, вырубка леса, строительство дач, туристских баз и т.п.) приводят в конечном итоге к усиленному плоскостному смыву и линейной эрозии. Продукты смыва интенсивно заиливают озёрные водоёмы. Например, неумеренный выпас скота вблизи озера Псенодах (бассейн р. Белая), распашка склонов по берегам озера Рябово (бассейн р. Большая Лаба) способствовали их обмелению. Вырубка леса в районах Скалистого, Пастбищного и Лесистого хребтов, а также в горах Внешнего Дагестана привела к почти полному уничтожению многих озёр, таких как Белянкина, Сязь и др. В связи с распашкой земель в Кумо-Манычской впадине (бассейны рек Западный и Восточный Маныч) только за 1925-1995 гг. исчезло 51 озеро площадью 15,20 км².

Нередко вырубка леса способствует возникновению оползней и селевых потоков. Такое произошло в декабре 1921 г. на озере Псоу (Западный Кавказ) на 22 км от её впадения в Чёрное море. Одной из причин образования оползня явились площадные вырубки, проводившиеся здесь систематически в течение нескольких лет. Целостность склонов была нарушена двух-трех ярусной нарезкой трелевочных путей для вывозки леса. Продолжительные и интенсивные осадки насытили водой оползневой массив, а паводки, сформировавшиеся в русле реки, подрезали его у основания и спровоцировали

крупный оползень. Оползневая масса перекрыла реку на значительное расстояние (до 300 м), образовав эфемерное озеро [16].

6. В прибрежной зоне Чёрного моря в районе мыса Большой Утриш было фактически ликвидировано озеро Змеиное. Оно было углублено, а перемычка, отделяющая его от моря, была взорвана, в результате чего озеро превратилось в морской залив, который в настоящее время используется для стоянки морских судов. Значительным изменениям подверглось и расположенное рядом озеро Дельфинье, которое было углублено и укреплено пересыпь (бар). Озеро использовалось для дельфинария.

7. Загрязнение озёрных вод токсичными соединениями, то есть нефтепродуктами, пестицидами, солями тяжелых металлов, радионуклидами и другими веществами. Они оказывают губительное влияние на экосистемы, ухудшая качество воды и уничтожая все живое в водоёмах. Такое неблагоприятное влияние наблюдается на озере Большая Нефть (бассейн р. Псекупс), озёрах Апшеронского полуострова (Азербайджан), в окрестностях которых велась добыча нефти [17].

8. Увеличение стока биогенных веществ, поступающих в водоёмы при сбросе хозяйственно-бытовых, сточных вод с животноводческих комплексов и товарных ферм, с сельскохозяйственных полей и т.п. В результате обогащения воды биогенными элементами (в основном накопления фосфора) происходит перестройка экосистем и усиливается антропогенное эвтрофирование водоёмов [18].

9. При строительстве автомобильных и железных дорог и прокладке высоковольтных линий и трубопроводов активизируются геоморфологические процессы - эрозия склонов, оползни, обвалы, селевые потоки. Они иногда служат причиной образования недолговечных запрудных озёр, прорыв которых приводит к катастрофическим паводкам и селевым потокам. Помимо озера в ущелье Ахцу (Западный Кавказ), образовавшегося в 1968 г., возникали и другие. Яркий пример тому - запрудное озеро в Гуамском ущелье (р. Курджипс, левый приток р. Белой). Оно возникло 20 декабря 1989 г. в результате

стихийного уникального многофакторного явления, совместившего сразу три процесса: обвал, селевой поток и оползень. Причинами образования обвала послужили необычно дождливая погода в горах и дорога, проложенная в скальном трещиноватом склоне.

В меньшей степени затронуты хозяйственной деятельностью, а соответственно и антропогенным влиянием, озёра Большого Кавказа, находящиеся на высотах более 1000 м. Нижерасположенные озёра в последние десятилетия уже испытывают определённое антропогенное влияние (озёра Самурское, Каракель, Рябово, Тба и др.).

В ближайшие десятилетия можно ожидать дальнейшего увеличения антропогенной нагрузки на озёра. При этом, в связи с возрастанием потребности в воде возникает необходимость не только в сохранении озёр, но и в улучшении качества воды в них. Поэтому специалистами предлагаются различные комплексные мероприятия по сохранению озёр и улучшению качества воды в них [19-22]. Примерная схема комплексных мероприятий по сохранению озёр и улучшению качества их воды приведены в приложении 8.

4.4 Возможное изменение озёр в первой половине XXI столетия

Рассматривая ход элементов водного баланса озёр за длительный период времени можно установить циклический характер колебаний, связанных с изменением циркуляционных процессов в атмосфере. Установленная цикличность в характере колебаний элементов водного баланса, определяемая колебаниями общей увлажнённости регионов, была положена в основу определения тенденции эволюции озёр [23-25]. Однако с 70-х годов XX ст. установленная цикличность, продолжительностью 11, 22, 35 и 80 лет, нарушена в связи с современным глобальным изменением климатических условий.

По имеющимся данным метеорологических наблюдений выявлено, что в Предкавказье и на Большом Кавказе, как и на всей территории России [1, 26-

29], отмечается устойчивое повышение температуры воздуха и атмосферных осадков, наиболее заметно проявившееся после 1970 г.

На повышение температуры воздуха и количества атмосферных осадков наиболее заметно реагируют уровни бессточных озёр, сток рек и горные ледники.

Изменение размеров и числа преобладающей части озёр определяется климатическими условиями [30, 31]. Соответственно имея прогноз изменения климатических условий на ближайшие десятилетия можно, хотя и ориентировочно, оценить возможную эволюцию современных озёр.

Изменение климатических условий продолжается и в настоящее время, и, по многочисленным оценкам, будет продолжаться и в XXI ст. [32-35].

Изменение размеров озёр Большого Кавказа в результате увеличения количества атмосферных осадков, температуры воздуха и испарения с водной поверхности к 2020-2050 гг. у озёр ледниковых и других генетических типов (запрудных, тектонических, карстовых) будет происходить по-разному. На изменение первых из них кроме климатических факторов будет оказывать деградация современного оледенения, а на остальные озёра - почти исключительно климатические факторы, то есть атмосферные осадки и температура воздуха, а соответственно и испарение с водной поверхности.

Ледники являются одним из компонентов географической оболочки. Их эволюция сказывается и на динамике ледниковых озёр. Поэтому прогноз изменения ледниковых озёр тесно связан с прогнозом изменения площади современного оледенения и колебания концевых участков ледников [36].

Согласно расчётам, выполненным на основе вышеприведённых прогнозов изменения климата, установлено возможное изменение площади оледенения в 2000-2025 гг. В целом для Большого Кавказа и для отдельных его районов современное оледенение будет сокращаться при любых вариантах сценариев изменения климатических условий [1, 36]. В соответствии с прогнозом развития оледенения и особенностями проявления геоморфологических и других процессов, а также современным состоянием

озёрных котловин и циклическими их изменениями, можно с определенной степенью точности прогнозировать возникновение и дальнейшее развитие озёр. Особенно важно предугадать возникновение ледниковых запрудных озёр, прорыв которых может привести к катастрофическим селевым паводкам.

Пользуясь материалами инженерно-геологических съёмок, проведённых различными организациями, а также наблюдениями Ю.В. Ефремова [37] составлена схема прогнозирования развития озёрных водоёмов на Большом Кавказе до 2025 г. (приложение 9). На этой схеме выделены три зоны преобладающего возникновения нивально-гляциальных и запрудных озёр и одна зона постепенного исчезновения озёрных водоёмов. Рассмотрим более подробно эти зоны.

1. В высокогорной зоне Большого Кавказа, включающей ярусы нивально-гляциальный и древнеледниковых форм рельефа число ледниковых озёр увеличится примерно на 25-30 % (особенно в центральной части Большого Кавказа). Но, с другой стороны, из-за увеличения таяния ледников и количества жидких осадков в тёплый период будет постоянно наблюдаться их переполнение и прорывы, особенно зрелых моренно-запрудных, а иногда и «молодых» (вновь образовавшихся озёр). Признаки зарождения новых приледниковых озёр отмечены у окончания многих ледников (например, Магана, Морды, Ушбинсюго, Дыхсу и др.).

Повышение фирновой линии и дальнейшее таяние ледников первоначально приведут к возникновению наледниковых и приледниковых озёр. Однако затем число приледниковых (в основном моренно-запрудных) сократится по следующим причинам: повышение температуры воздуха как в холодный, так и в тёплый периоды приведёт к увеличению высоты среднегодовой нулевой изотермы с 2600 м на современный период до 3000 м к 2050 г., что соответственно приведёт к увеличению интенсивности экзогенных процессов и в, частности, морозного выветривания и солифлюкции, обваливания и осыпания склонов. В результате увеличения количества осадков и усиления селевой активности в тёплый период в значительной степени

возрастёт твёрдый сток рек, плоскостной смыв со склонов, аккумуляция обломочного материала, что в свою очередь приведёт к усилению интенсивности седиментации в озёрах и особенно в приледниковых.

Время существования высокогорных озёр в ближайшем будущем будет определяться их высотным положением, т.е. чем выше расположено озеро, тем дольше оно будет существовать. Кроме того, длительность существования озёрных водоёмов зависит от их морфометрии и морфологии озёрной котловины, гидрологического режима и многих других факторов. Наиболее долговечными окажутся крупные и глубокие озёрные водоёмы, т.е. каровые озера, возникшие в период деградации оледенения Малой ледниковой эпохи и современной. Время их существования 1000-2000 лет. Менее долговечны запрудные озёра, возникшие на дне троговых долин вследствие активного проявления экзогенных процессов. Практически все эти водоёмы уже деградировали на 50-100 %. Поэтому время их существования в ближайшем будущем невелико (порядка нескольких десятков лет). Сюда в первую очередь относятся озёра Воровского, Ачипста, Верхнее Бадукское, Кведское, Башлыхель и др.

Образование эфемерных подпрудных лавинных и селевых водоёмов опасно для многих народно-хозяйственных и рекреационных объектов. Поэтому важно предугадать последствия их прорыва.

2. Во второй зоне будет продолжаться образование обвально-запрудных и оползнево-запрудных озёр как в высокогорной, так и в среднегорной зонах Большого Кавказа. Наиболее вероятны случаи их образования в узких долинах с крутыми скальными склонами и повышенной трещиноватостью горных пород как на южном, так и на северном склонах рассматриваемого региона. Особенно опасными участками, где уже наблюдались случаи возникновения эфемерных озёр, является среднее течение рек.

3. В третьей зоне, охватывающей ярус древнеледниковых форм рельефа и частично эрозионно-денудационный ярус (в пределах среднегорного

рельефа), существует реальная угроза подпруживания горных рек и образования озёр при сходе снежных лавин и селей в большей части долин рек среднегорной зоны и особенно таких рек как Аксаут, Теберда, Большая Лаба, (Западный Кавказ), Баксан, Чегем, Черек (Центральный Кавказ), Сулак, Самур (Восточный Кавказ).

С увеличением запаса снега в высокогорной зоне произойдёт усиление лавинной деятельности. А поскольку в переходные сезоны довольно значительно повысится температура воздуха, в весеннее время будут преобладать мокрые лавины. Усиление лавинной деятельности и преобладание мокрых лавин окажет воздействие как на экосистемы, так и увеличит процессы денудации и аккумуляции. На нижние уровни будет поступать значительное количество обломочного материала, т.е. возрастет рельефообразующее действие снежных лавин.

В этом случае увеличится число озёр лавинного выбивания, а в угасающих озёрах возрастет объём воды и прекратится их зарастание. Скопление лавинного материала на дне долин повысит вероятность возникновения лавинно-запрудных озёр. С возрастанием активности снежных лавин увеличится и дальность выброса их, т.е. в зоне действия снежных лавин окажутся озёра, на которые лавинные снежники будут оказывать значительное влияние.

Увеличение количества лавинных снежников на берегах озёр в значительной мере понизит температуру воды, что отразится на зарастании их акватории. Такой гидротермический режим в большей мере проявится на Западном и Центральном Кавказе в бассейнах рек Шахе, Сочи, Мзымта, Бзыбь, Ингури, Баксан, истоках р. Терек.

Принимая во внимание повышенную интенсивность седиментации в проточных озёрных водоёмах (например, в угасшем озёре Ахсу около 1 мм/год), время существования запрудных озёр исчисляется десятками лет, а наиболее крупных (Большая Рица, Амткели) несколько сот лет. Так, например, согласно устному сообщению И.С. Апхазава в апреле 1979 г. в ущелье р.

Келасури в результате обвала возникло запрудное озеро, первоначальные размеры которого были близки к размерам озера Большая Рица, а глубина 22 м. Однако озеро исчезло уже к 1990 г.

4. Зона постепенного уничтожения озёрных водоёмов охватывает в основном лесной пояс в пределах куэст северного склона, низкогорных и среднегорных хребтов Дагестана и передовых хребтов южного склона Большого Кавказа. Здесь в основном будет происходить зарастание водной растительностью озёрных водоёмов. В проточных водоёмах при незначительных колебаниях увлажнённости территории темпы седиментации не будут сильно отличаться от современных. Поскольку к 2020-2050 гг. произойдёт увеличение стока рек, интенсивность седиментации будет возрастать. Деградация озёр будет способствовать дальнейшее усиление хозяйственной деятельности.

Уровни озёр, расположенных в прибрежной полосе Чёрного и Каспийского морей и связанные с их акваторией, будут повышаться, поскольку на первом наблюдается тектоническое опускание земной коры, которое суммируясь с эвстатическим подъёмом уровня Мирового океана даёт среднюю скорость погружения прибрежной полосы на 0,5-0,8 мм/год [8]. К числу таких озёр следует отнести Змеиное, Крылатое, Суджукское, Дельфинье на Черноморском побережье, а также Большое Турали, Малое Турали и ряд водоёмов на Апшеронском полуострове Каспийского моря.

В низкогорной и среднегорной зоне, преимущественно в зоне распространения карстовых озёр, наблюдается тенденция их исчезновения. Так, например, в Дагестане большинство таких озёр (Яракские, Шумахские, Нукатльские и др.) находятся в стадии заболачивания и по всей вероятности в ближайшие десятилетия исчезнут совсем.

Заключение

Итак, основные задачи, поставленные в ходе исследования, полностью решены, цель достигнута.

В результате проведённых исследований можно сделать следующие основные выводы.

1. Озёра можно классифицировать по ряду признаков: по размеру, по степени постоянства, по происхождению котловины, по характеру водообмена, по структуре водного баланса, по термическому режиму, по минерализации, по условиям питания водных организмов.

2. Для Большого Кавказа характерны гляциально-нивальные, запрудные, карстовые и тектонические озёра.

3. В горной зоне расположены преимущественно проточные, а в предгорьях – бессточные озёра.

4. Температура воды и солёность озёр уменьшаются с увеличением абсолютных высот.

5. Число и площадь озёр в регионе постоянно изменяются, что связано как с естественными, так и антропогенными факторами. В последнее столетие озёрные системы Большого Кавказа в целом находятся в регрессивной фазе эволюционного развития. Сокращается число озёр, площадь, глубина и объём водной массы.

6. Основными естественными факторами, под действием которых происходит сокращение площади озёр в гидрологических подрайонах Большого Кавказа, являются флювиальный, нивально-гравитационный, уничтожение порога стока и биогенный. При этом ведущая роль факторов изменяется с увеличением абсолютных высот расположения озёр: на нижних уровнях преобладает биогенный, а на верхних — флювиальный или нивально-гравитационный.

7. В результате антропогенных факторов сокращается не только площадь, но и число озёр. Основными из них являются: 1) сброс лавинно-

селевых отложений и камнепадного материала в акваторию озер; 2) преобразование озера или ряда озер, расположенных в одной котловине водохранилища.

8. Учитывая генезис озер, климатические условия бассейна и изменение их размеров в XX столетии, можно с уверенностью утверждать, что озера рассматриваемого региона деградируют при современных климатических условиях. Однако, если принять во внимание тенденцию климата к потеплению, то в ближайшие десятилетия сокращение площади озер резко уменьшится, и их исчезновение на большей части Большого Кавказа прекратится.

Список использованной литературы

1. Лурье П.М. Водные ресурсы и водный баланс Кавказа. СПб.: Гидрометеоиздат, 2002. 506 с.
2. Михайлов В.Н. Добровольский А.Д. Общая гидрология учебник для географических спец вузов. Выш.шк 1991 368 с. С ил.
3. Ефремов Ю. В. Голубое ожерелье Кавказа Л., Гидрометеоиздат, 1988, 160 с.
4. Ефремов Ю. В. Горные озера Западного Кавказа.— Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 200 с.
5. Зайков Б.Д. Очерки гидрологических исследований в России. - Л.: Гидрометеоиздат, 1973. - 326 с.
6. Соколов А.А. «Гидрография СССР» Л., Гидрометеоиздат, 1952.
7. Орлов В.Г., Сикан А.В. Основы инженерной гидрологии, СПб.,РГГМУ, 2003, 187 с.
8. Ефремов Ю. В., Панов В.Д., Базелюк А.А., Лурье П.М. Озёра Предкавказья и Большого Кавказа. Ростов-на-Дону, Донской издательский дом, 2010.
9. Панов В.Д. Ледники бассейна реки Терек. Л.: Гидрометеоиздат, 1971, 296 с.
10. Ефремов Ю. В. В стране горных озёр. Краснодар: Краснодар. кн. изд., 1991. 192 с.
11. Липина Н.П., Липин О.А.Озёра Тебердинского заповедника // Тр. Тебердин. гос. запов. 1962. Вып. 4. с.73-99.
12. Акатов В.В. Структура и динамика растительности ацидотрофных озёр Западного Кавказа // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1991. т.96. Вып.3. с.82-87.
13. Сукачёв В.Н. Болота, образование развитие и их свойства.// Избран. тр. Т.2. Проблемы болотоведения, палеоботаники и палеогеографии. М.: Наука, 1973. с.17-28.

14. Еременко Н.М. О некоторых карстовых озёрах Дагестана// Северный Кавказ. Ставрополь, 1969. с.71-78.
15. Апхазова И.С. Озёра Грузии. Тбилиси: Мецниереба, 1975.182 с.
16. Ворошилов В.И. Селевые потоки и меры борьбы с ними на южном склоне Северо-Западного Кавказа// Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук. Ростов н/Д, 1972. 22 с.
17. Мамедов И.Г., Агаларова Н.М. Пути рационального использования озёр Апшеронского полуострова // Тез. докл. VII Всесоюз. симпозиума по истории озёр. Л. - Таллин, 1986. с. 205-206.
18. Шикломанов И.А. Антропогенное изменение водности рек. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 302 с.
19. Троицкий С.К. Основные задачи мелиорации и эксплуатации Кубанских лиманов // Тр. АзНИИРХ. 1961. Вып.4. с.44-54.
20. Трешников А.Ф., Знаменский В.А. Антропогенные изменения режима озёр Северо-Запада СССР // Изв. ВГО. 1985. Т. 117. Вып. 5. с.110-115.
21. Дропкова В.Г., Мартинсон Г.ГюЮ Румянцев В.А. Пути развития и актуальные проблемы современной лиманологии. Изв. РГО. 1993. Т. 125. Вып.1. С. 204-212.
22. Ефремов Ю.В. Современное состояние озёрных водоемов и мероприятия по улучшению качества их вод // География Краснодарского края. Сб. статей. Краснодар, 1994. с.37-43.
23. Шнитников А.В. Вероятные тенденции колебания водности на территории СССР// Вопросы географии. 1968. № 76. с.70-88.
24. Шнитников А.В. Внутривековая изменчивость компонентов общей увлажненности. Л.: Наука, 1969. 245 с.
25. Севастьянов Д. В. Ритмичность особенностей развития озёр в горно-ледниковых районах (на примере озёр Тянь-Шаня)/ Ритмика природных явлений. Л.: Наука, 1976. с.73-75.

26. Сиротенко О.Д., Абашина Е.В. Агроклиматические ресурсы и физико-географическая зональность территории России при глобальном потеплении // Метеорол. и гидрол. 1998. №3. с.92-103.
27. Жуков В.А., Святкина О.А. Стохастическое моделирование и прогноз агроклиматических ресурсов при адаптации сельского хозяйства к региональным изменениям климата на территории России// Метеор. и гидрол. 2000. № 1. с.100-109.
28. Лурье П.М., Панов В.Д. Ткаченко Ю.Ю. Река Кубань. СПб.: Гидрометеоздат, 2005. 496 с.
29. Панов В.Д., Лурье П.М., Ларионов Ю.А. Климат Ростовской области: вчера, сегодня, завтра. Ростов н/Д: Донской издательский дом, 2006. 487 с.
30. Шнитников А.В. Изменчивость общей увлажненности материков Северного полушария// Зап. географ. об-ва СССР. Т.16. Новая серия. М.-Л.: Изд.АН СССР, 1957; 337 с.
31. Севастьянов Д.В. Современные высокогорные озёра – модель истории их развития// Озера Тянь-Шаня и их история. Л.: Наука, 1980. с. 210-221.
32. Борзенкова И.И., Будыко М.И. и др. Антропогенные изменения климата Л.: Гидрометеоздат, 1987, 406 с.
33. Всемирная конференция по изменению климата. Москва, 2003 г.// Тр. конф. М.: Новости, 2004. 620 с.
34. Мелешко В.П., Катцов В.М., Говоркова В.А. и др. Климат России в XXI веке. Ч 3. Будущие изменения климата, рассчитанные с помощью ансамбля моделей общей циркуляции атмосферы и океана // Метеор. и гидрол. 2008; № 8. с.5-21.
35. Шерстюков Б.Г. Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата. Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2008. 246 с.

36. Панов В.Д. Эволюция современного оледенения Кавказа СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. 450 с.

37. Ефремов Ю.В. Озерный морфолитогенез на Большом Кавказе. Краснодар. Изд. КубГУ. 2003, 264 с.

Приложения
Приложение 1

Географическое положение Большого Кавказа



Приложение 2

Наиболее крупные озера Большого Кавказа [3]

Озеро	Бассейн реки	Высота над уровнем моря, м	Площадь, км ²	Максимальная глубина, м
Северный склон				
Большое Имеретинское	Лаба	2530	0,20	—
Чилик	Большой Зеленчук	2378	0.11	—
Кяфар	—"—	2348	0.20	—
Голубое Муруджинское	Теберда	2840	0,16	42,0
Клухорское	—"—	2680	0,18	30,0
Тамбукан	Кума	701	1.77	1,5-2,0
Казенойам	Сулак	1870	1.70	72,0
Большое Турали	Побережье Каспийского моря	10,0	6,7	—
Южный склон				
Абрау	Полуостров Абрау	83,7	1.6	10,0
Кардывач	Мзымта	17.0	0,13	17,5
Большая Рица	Бзыбь	884	1,49	102,0
Малая Рица	—"—	1235	0,10	76,0
Инкити	Побережье Черного моря	—0,8	0,40	3,2
Мцра	—"—	2184	0,15	42,0
Амткел	Амткели	507	0,58	65,0
Адуэдаадзишн	Кодорн	2411	0,32	64.0
Келитсба	Ксани	2914	1,28	63.0
Келицад	—"—	3062	0,25	13,9
Цетелидатское	—"—	2779	0,23	53.0
Эрцо	Киприл	1711	0,31	19.0
Базалети	Арагви	878	1,22	7,0

Приложение 3

Уменьшение площади озёр Большого Кавказа в XX столетии [8]

Озеро	Бассейн реки	Площадь озера, км ²		Уменьшение площади озера	
		на начало XX ст.	на конец XX ст.	км ²	%
Псенодах	Белая	0,060	0,009	0,051	85
Хуко	То же	0,031	0,028	0,003	10
Ачипста	Малая Лаба	0,083	0,060	0,023	28
Воровского	То же	0,016	0,010	0,006	36
Инпси	«	0,172	0,091	0,081	47
Круглое	Большая Лаба	0,026	0,023	0,003	10
Имеретинское	То же	0,129	0,090	0,039	30
Луганское	"	0,250	0,025	0,225	90
Халега южное	Аксаут	0,009	0,008	0,001	12
Азгек	Теберда	0,015	0,012	0,003	21
Бол. Бадукское	То же	0,047	0,032	0,015	32
Турье	«	0,009	0,005	0,004	42
Клухорское	«	0,188	0,170	0,018	10
Туманлыкель	«	0,021	0,020	0,001	4
Бол. Хаджибейское	«	0,058	0,052	0,006	10
Бол. Муруджинское	Теберда	0,019	0,016	0,003	15
Каракель	То же	0,014	0,012	0,002	13
Сылтранкель	Баксан	0,176	0,150	0,026	15
Донгуз-Орункель	То же	0,096	0,080	0,016	17
Цериккель	Черек	0,020	0,020	0	0
Казенойам	Сулак	1,768	1,680	0,088	5
Абрау	Абрау	2,000	1,600	0,400	20
Кардывач	Мзымта	0,250	0,150	0,100	40
Хмелевского	То же	0,033	0,010	0,023	70
Ахцу		0,016	-	0,016	100
Амткели	Кодори	0,682	0,580	0,102	15
Бол. Рица	Бзыбь	1,862	1,490	0,372	20
Грдзелистба	Ксани	0,267	0,080	0,187	70

Приложение 4

Количественная характеристика процессов уменьшения площади озёр Большого Кавказа в XX столетии (согласно [8])

Озеро	Бассейн реки	Генетический тип озера	Высота над уровнем моря, м	Изменение площади, %	Процессы деградации, %				
					флювиальный	нивально-гравитационный	биогенный (зарастание)	Уничтожение порога стока	антропогенный
Клухорское	Теберда	Каровый	2680	10	10	80	-	10	-
Верх. Кардывач	Мзымта	То же	2470	10	-	100	-	-	-
Имеретинское	Бол. Лаба	«	2530	30	-	100	-	-	-
Халега южное	Мал. Зеленчук	«	2775	12	10	90	-	-	-
Бол. Хаджибейское	Теберда	«	2880	10	12	88	-	-	-
Бол. Муруджинское	«	«	2840	15	-	100	-	-	-

Приложение 4 (продолжение)

Озеро	Бассейн реки	Генетический тип озера	Высота над уровнем моря, м	Изменение площади, %	Процессы деградации, %				
					флювиальный	нивально-гравитационный	биогенный (за-растание)	Уничто-жение порога стока	антропо-генный
Азгек	«	«	2660	21	-	100	-	-	-
Сылтранкель	Баксан	«	2320	15	20	80	-	-	-
Мертвое	Бол.Зеленчук	Моренное	1500	99	-	-	100	-	-
Бол. Каракель	Маруха	То же	1960	45	10	30	60	-	-
Каракель	Теберда	«	1320	13	-	-	61	-	39
Туманлыкель	То же	«	1850	4	30	20	40	-	10
Донгуз-Орункель	Баксан	«	2400	17	30	70	-	-	-
Кардывач	Мзымта	«	1860	40	96	4	-	-	-

Приложение 4 (продолжение)

Озеро	Бассейн реки	Генетический тип озера	Высота над уровнем моря, м	Изменение площади, %	Процессы деградации, %				
					флювиальный	нивально-гравитационный	биогенный (зарастание)	Уничтожение порога стока	антропогенный
Турье	Теберда	Моренное	2190	42	5	95	-	-	-
Инпси	Мал. Лаба	Запрудное	1910	47	99	1	-	-	-
Казеноям	Сулак	То же	1870	5	90	10	-	-	-
Ахцу	Мзымта	«	375	100	58	-	-	42	-
Абрау	Абрау	«	80	20	60	-	30	-	10
Бол. Рица	Бзыбь	«	884	20	90	10	-	-	-
Амткели	Кодори	«	510	15	80	20	-	-	-
Ачипста	Мал. Лаба	«	1865	28	65	35	-	-	-

Приложение 4 (продолжение)

Озеро	Бассейн реки	Генетический тип озера	Высота над уровнем моря, м	Изменение площади, %	Процессы деградации, %				
					флювиальный	нивально-гравитационный	биогенный (за-растание)	Уничто-жение порога стока	антропо-генный
Воровского	То же	«	1875	36	74	26	-	-	-
Бол. Бадукское	Теберда	«	1985	32	87	13	-	-	-
Луганское	Бол. Лаба	«	2400	90	-	-	100	-	-
Круглое	То же	Карстовое	790	10	-	-	100	-	-
Псенодах	Белая	То же	1950	85	80	-	-	-	20
Хуко	То же	Тектони-ческое	1740	10	100	-	-	-	-
Грдзелистба	Ксани	Запрудное	2775	70	-	-	100	-	-

Приложение 5

Генетические типы озёр, мощность озёрных отложений и интенсивность осадконакопления на некоторых озёрах
Большого Кавказа (согласно [8])

Озеро	Высота над уровнем моря, м	Генетический тип котловин	Тип озёрных отложений	Мощность озёрных отложений, м	Интенсивность осадконакопления, мм/год	Примечание
Самурское	328	Карстово-провальное	Терригенные (флювиальные) биогенные	3-5	0,51	
Ахцу	375	Обвальное-запрудное	Терригенные (флювиальные)	4,5	1000	Озеро перестало существовать в 1973 г.
Кардывач	1860	Моренно-запрудное	То же	0,20	0,1	
Туманлыкель	1850	Лавинного выбивания	Терригенные (лавиновые)	-	-	Озёрные отложения выбрасываются вместе с водой при сходе лавин в озеро
Большое Бадукское	1885	Обвальное-запрудное	Терригенные (флювиальные)	0,25	1,2	
Каракель	1320	То же	Биогенные	0,15	-	
Рыбное	2150	«	Терригенные (флювиальные)	2,0	0,42	
Луганское	2428	«	Биогенные	2,5	0,53	

Приложение 6

Характеристика озёрных террас у некоторых озёр

Наименование озера	Длина, ширина, высота (А x В x Н), м	Преобладающий состав отложений ниже почвенного слоя	Характер растительности на поверхности террасы
Абрау	200 x 500 x 1,5	Серые глины	Луговая растительность
Кардывач	120 x 100x0,5	Аллювий	Редколесье, луговая растительность
Инпси	50 x 10 x 1,0	То же	То же
Купающихся серн	15 x 10 x 1,5	Торфяник	Луговая растительность
Келицад	250x50x0,5	Проллювий	Каменистая поверхность
Башлыхель	100 x 10x0,5	Торфяник	Луговая растительность

Приложение 7
Деградация озера Ахцу
(по данным инженерно-геологических съемок Сочинской
противооползневой службы)

Характеристика	Год				
	1968	1969	1970	1971	1972
Уровень воды, см	177,2	175,6	174,5	174,0	173,4
Объём воды, тыс. м ³	888	725	330	252	45
Объём наносов, тыс. м ³	163,3	293	490	740	850
Средняя толщина наносов, м	0	1,2	2,2	3,2	4,2
Величина промоины в плотине, м	0	1,5-2,0	3,0	4,0	4,5

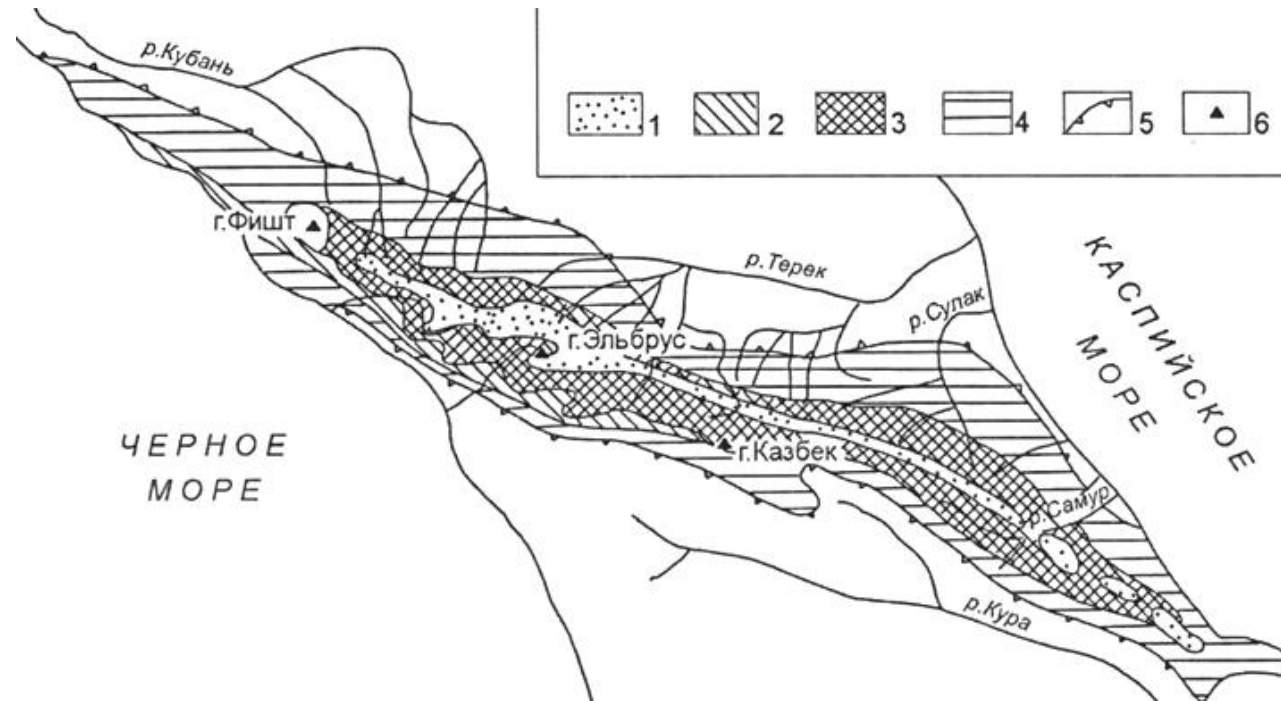
Приложение 8

Схема комплексных мероприятий по сохранению озёр и улучшению качества воды

1. Оценка состояния и прогноз изменения водного, гидрохимического и гидробиологического режимов озера	2. Мероприятия по защите и оздоровлению озёр		3. Система контроля
	2.1. На водосборе	2.2. В водоеме	
1.1. Оценка природных факторов 1.2. Оценка антропогенных воздействий 1.3. Модель экосистемы водоема 1.4. Прогноз антропогенных изменений гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов 1.5. Рекомендации о возможных мероприятиях по сохранению водоема и улучшению качества воды	2.1.1. Выделение водоохраной зоны 2.1.2. Создание лесоохранных лесонасаждений 2.1.3. Установление пределов распашки 2.1.4. Создание буферных водоемов 2.1.5. Установление технологии применения удобрений 2.1.6. Рациональное размещение животноводческих ферм и других сельскохозяйственных производств	2.2.1 Увеличение проточности озера и водообмена 2.2.2 Изъятие водной растительности 2.2.3. Искусственная аэрация	3.1. Гидрометеорологическая, гидрохимическая, гидробиологическая 3.2. Введение ограничений по степени трофности (ПДВ, ПДС)

Приложение 9

Схема прогнозирования развития и исчезновения озёр на Большом Кавказе до 2050 г.



1 – зона возникновения нивально-гляциальных озёр при деградации современных ледников и воздействии снежников на подстилающее ложе, 2 – зона возникновения обвально-запрудных и оползнево-запрудных озёр на южном склоне, 3 – зона возникновения эфимерных водоемов при сходе снежных лавин и селевых потоков, 4 – зона постепенного исчезновения озёр, 5 – границы Большого Кавказа, 6 – отдельные вершины.