

П-149

КАРЕЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ АКАДЕМИИ НАУК СССР

*Вып. 18*

**МАТЕРИАЛЫ ПО  
ГИДРОЛОГИИ  
(ЛИМНОЛОГИИ)  
КАРЕЛИИ**

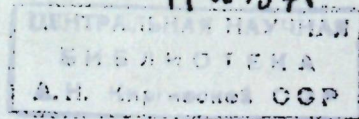
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
КАРЕЛЬСКОЙ АССР  
ПЕТРОЗАВОДСК  
1959

МАТЕРИАЛЫ  
ПО ГИДРОЛОГИИ  
(ЛИМНОЛОГИИ)  
КАРЕЛИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
КАРЕЛЬСКОЙ АССР  
ПЕТРОЗАВОДСК  
1959

Утверждено к печати Редакционно-издательским советом  
Карельского филиала АН СССР

Ответственный редактор  
кандидат технических наук  
С. В. ГРИГОРЬЕВ



ОТДЕЛ НАУКИ И ТЕХНИКИ  
КАРЕЛЬСКОГО ФИЛИАЛА  
АКАДЕМИИ НАУК СССР

С. В. ГРИГОРЬЕВ

## ВОДОЕМЫ КАРЕЛИИ КАК ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ВОДОХРАНИЛИЩА

Карельская АССР — край многочисленных озер и рек. Значительные запасы высококачественной гидроэнергии используются во все более широких масштабах. Развивается строительство гидроэлектростанций (ГЭС). К концу 1956 г. в эксплуатации были Кондопожская, Пальеозерская ГЭС (р. Суна), Маткожненская и Ондская ГЭС (на р. Нижний Выг) общей установленной мощностью 186 тыс. *квт.* У северной границы республики — на карельской р. Ковде, но на территории соседней Мурманской области, — построена Княжегубская ГЭС. Планируется построить и другие ГЭС — Валазминскую (р. Суна), Кумскую и Иовскую (р. Ковда), общей мощностью до 145 тыс. *квт.*

Создаются каскады ГЭС на главных реках — Сунский (Кондопожская, Пальеозерская ГЭС и проектируются — Валазминская, Палье-Сандальская и другие ГЭС), Нижне-Выгский (Ондская, Маткожненская, намеченная к строительству Выгостровская и другие ГЭС), Ковдинский (Княжегубская, строящиеся Кумская, Иовская ГЭС), объединяемые в местные крупные энергосистемы — Кольскую, Средне-Карельскую, Южно-Карельскую.

Разработан ряд проектов превращения больших озер в мощные водохранилища, определяющие высокое качество энергии ГЭС этого края. Большие озера Карельской АССР и Кольского полуострова приобретают совершенно реальную энергетическую ценность. В отличие от других районов СССР, где водохранилища для регулирования рек КАССР не могут, как правило, быть использованы для этих целей. Роль возможных долинных водохранилищ здесь совершенно ничтожна по сравнению с естественными озерными водохранилищами.

К настоящему времени число и объем действующих водохранилищ уже значительны. С 1939 г. (а по восстановлению — с 1947 г.) работает Сандальское водохранилище (оз. Сандал), частью Пальеозерское (оз. Палье), которые регулируют Кондопожскую ГЭС (р. Суна). В 1953 г. начало работать Онежское озеро как водохранилище, подпираемое плотиной ГЭС „Свирь II“. С 1933 г. изменило свои размеры и свои характеристики оз. Выгозеро, подпертое на 6 м сооружениями Беломорско-Балтийского канала. Однако как водохранилище Выгозеро начало работать только с 1954 г. для регулирования действующих Маткожненской, а затем Ондской ГЭС на р. Нижнем Выге. В стадии наполнения находятся Ковдозерское водохранилище в бассейне р. Ковды и Сегозерское — в бассейне р. Выга. В ближайшие годы должен вступить ряд новых больших водохранилищ, создаваемых из озер КАССР — Топо-Пяозерское, Валазминское (оз. Гимольское и др.).

Всего действуют три водохранилища как энергетические — Сандальское, Палье, Выгозерское — общим объемом к 1956 г. 1,580 млрд. м<sup>3</sup>, не считая Онежского и некоторых малых озер.

В стадии наполнения находятся два водохранилища — Сегозерское и Ковдозерское — общим регулирующим объемом 5,9 млрд. м<sup>3</sup> и в стадии подготовки еще три — Валазминское, Топо-Пяозерское и Иовское — общим объемом до 8,1 млрд. м<sup>3</sup>, с последующим доведением объема до 10,6 млрд. м<sup>3</sup>. К 1959—1960 гг. в эксплуатации в Карелии будет до пяти крупных водохранилищ общим объемом около 7,5 млрд. м<sup>3</sup>.

Реконструктивное превращение озер в энергетические водохранилища связано для многих из них с резкими изменениями уровня, площади, гидрологических и иных черт. Для некоторых районов КАССР изменяется ландшафт; создаются новые огромные водоемы.

Задача настоящей работы — познакомить с перспективами энергетического использования крупнейших озер Карелии и превращения свободных озер в водохранилища, а также поставить некоторые вопросы о дальнейших задачах исследований таких озер.

В пределах Карельской АССР исчислены запасы гидроэнергии до 1530 тыс. *квт* средней годовой мощности по всем рекам, с предельной возможной выработкой ими гидроэнергии в „средний“ год до 13,4 млрд. *квт-ч*.

В пределах условного Карельского района — от линии р. Свирь до Кандалакши (до бассейнов рек Кольского полуострова), с полным охватом бассейнов рек КАССР, — суммарная мощность возрастает до 1,80 млн. *квт*, а предельные запасы энергии в „средний“ год — до 15,6 млрд. *квт-ч*.

В Карельской АССР вместе с Мурманской областью запасы водной энергии достигают 3,5 млн. *квт*. Как видно из табл. 1, на 50% эти запасы гидроэнергии в Карелии определяются шестью главными реками республики: Ковды, Кемь, Нижнего Выга — в северной части, в бассейне Белого моря, Суны, Шуи и Водлы — в бассейне Онежского озера, т. е. в бассейне Балтийского моря.

Таблица 1

Запасы гидроэнергии КАССР  
и мощность ее главных рек (Берсонов, 1958)

Наименование рек	Теоретическая среднегодовая мощность (кадастровая) (тыс. <i>квт</i> )	Предельная возможная среднегодовая выработка энергии (млн. <i>квт-ч</i> )
По всей КАССР . . . . .	1528,4	13 389
Ковда . . . . .	211,1 (87,0) <sup>1</sup>	1849
Кемь . . . . .	241,4	2115
Выг . . . . .	216,9	1900
Водла . . . . .	84,9	743
Шуя . . . . .	66,3	581
Суна . . . . .	65,7	576

Всего по шести рекам 886,3 тыс. *квт* или 50%.<sup>1</sup> 5915

<sup>1</sup> В скобках — р. Ковда в пределах КАССР.

На базе ГЭС рек западной части Кольского полуострова (Туломы, Нивы) и рек Ковды, Кемь, Нижнего Выга, Шуи, Суны определены три энергетические системы:

1) Кольская (Кольско-Северо-Карельская) в составе ГЭС рек Туломы, Нивы и Керети. В послевоенные годы к ним прибавились ГЭС на р. Паз (Патсъёки);

2) Средне-Карельская (или Выгско-Кемская) в составе ГЭС рек Кемь и Нижнего Выга с Сегежей;

3) Южно-Карельская, главным образом из ГЭС рек Суны и Шуи.

Мощность этих энергосистем по ГЭС в целом приведена в табл. 2. Характерной особенностью этих энергосистем является скромное участие в них тепловых электростанций, особенно в Кольско-Северо-Карельской и Средне-Карельской.

Таблица 2

Энергосистемы и их показатели по ГЭС  
(Григорьев, 1940)

Энергосистема	Реки	Число проектов и действующих ГЭС	Суммарная установленная мощность ГЭС (тыс. <i>квт</i> )	Суммарная предельная среднегодовая выработка энергии (млн. <i>квт-ч</i> )
Кольская	Тулома	2		
	Нива	3		
	Ковда с Олангой	4		
	Кереть	1		
	Паз	5		
	Всего до		15	900
Средне-Карельская	Кемь	7—5		
	Нижний Выг	5		
	Сегежа	2		
Всего до		12—14	580	3200
Южно-Карельская	Суна	7—6		
	Шуя	5		
	Лососинка	1		
Всего до		13	160	820

Возможности дальнейшего развития самой мощной Кольско-Северо-Карельской энергосистемы этим не ограничиваются. Эта система может быть увеличена присоединением ГЭС на восточных реках Кольского полуострова (Воронья, Умба, Поной, Иоканьга и др.) и доведена до 1300—1400 тыс. *квт* с выработкой до 7,5—8 млрд. *квт-ч* электроэнергии в год.

Позднейшие проектировки Ленгидэпа дают несколько иные цифры установленной мощности и выработки энергии по некоторым каскадам ГЭС (Ковды, Нижнего Выга, Суны), существенно не меняющие приведенные показатели энергосистем.

В 1956 г. находились в действии: а) в Кольской (Северо-Карельской) энергосистеме семь ГЭС, б) в Средне-Карельской (Выгско-Кемская) энергосистеме две ГЭС — Маткожненская и Ондская на р. Нижнем Выге на 140 тыс. *квт.*

В Южно-Карельской энергосистеме действующая Кондопожская ГЭС дополнена Пальеозерской (20 тыс. *квт.*) на той же р. Суны; всего — 47 тыс. *квт.*

Для регулирования мощности ГЭС в каждой из этих энергосистем намечено и осуществляется строительство ряда водохранилищ.

В Кольской энергосистеме водохранилища действующие:

а) Имандра (оз. Имандра) — в настоящее время полезным объемом 3 млрд. *м³*;

б) Пиренгское (оз. Пиренго) — полезным объемом 0,87 млрд. *м³*;

в) оз. Инари (Энаре) в верховье р. Паз на территории Финляндии. Работает как водохранилище полезным объемом 2 млрд. *м³* (по особому договору СССР с Финляндией) — всего до 5,9 млрд. *м³*.

Строящиеся и проектируемые водохранилища:

а) в наполнении — Ковдозерское — на 1,9 млрд. *м³*; б) в подготовке Топо-Пяозерское — на 6,6 — 9,1 млрд. *м³*; в) Иовское (верхний бьеф Иовской ГЭС из ряда озер) — на 0,5 млрд. *м³* и г) Керетское — на 0,72 млрд. *м³*; всего до семи водохранилищ с общим объемом регулирования до 16—18 млрд. *м³* (округленно). Предполагается последующее увеличение емкости Топо-Пяозерского водохранилища до 9,1 млрд. *м³*.

Из табл. 3 видно, что ведущая роль будет принадлежать водохранилищам бассейна р. Ковды.

В Средне-Карельской энергосистеме используется как водохранилище Выгозерский бьеф (озеро) Беломорско-Балтийского водного пути (ББВП) полезной емкостью 1,14 млрд. *м³*. На стадии осуществления находится Сегозерское водохранилище на 4 млрд. *м³*. Кроме того, в бассейне Выга условно намечалось Ондозерское водохранилище на 1,6 млрд. *м³*, а затем с сооружением ГЭС на р. Кемь в бассейне ее: Нижне- и Средне-Куйтозерское — до 2,23 млрд. *м³*<sup>1</sup>, Верхне-Куйтозерское — 1,9 млрд. *м³* и Ньюозерское — до 1,5 млрд. *м³*; всего до шести водохранилищ, общим объемом 11,4 — 13 млрд. *м³*. Энергосистема еще формируется, а объемы Кемских водохранилищ пересматриваются.

В Южно-Карельской энергосистеме перспективы регулирования более скромные. Проектируются водохранилища в бассейне Суны: из озер Гимольского и Ройкнаволоцкого Валазминское — 1000 млрд. *м³*. Это водохранилище проектируется в дополнение к действующему Сандальскому (на 0,290—0,435 млрд. *м³*) и Пальеозерскому (0,150—0,215 млрд. *м³*). Кроме того, возможно Сязозерское водохранилище в бассейне р. Шуи. Дополняют эти водохранилища малые водохранилища в бассейне р. Лососинки — Лососинское и Машозеро; объем их может быть увеличен до 0,080 млрд. *м³*.

<sup>1</sup> Здесь и дальше будем подразумевать так называемый полезный, или рабочий, объем водохранилища, или призму сработки между предельными уровнями — высшим и низким.

Отметим еще законченное в 1939 г. вспомогательное водохранилище из Сунозера (0,1 млрд. *м³*) в бассейне Нижней Суны для регулирования сплава по Суны. Всего проектируется в этой энергосистеме до шести водохранилищ общим рабочим объемом до 2,75 — 3 млрд. *м³*.

Сводные показатели, характеризующие значение этих водохранилищ по отдельным энергосистемам, даны в табл. 3.

Таблица 3

Показатели регулирования водохранилищ по энергосистемам (Григорьев, 1935, 1940)

Реки	Объем среднегодового стока (к.м³)	Число водохранилищ	Суммарный рабочий объем водохранилищ (к.м³)
Кольско-Северо-Карельская			
Тулома . . . . .	7,0	1	1,0
Нива . . . . .	4,86	2	3,87
Ковда . . . . .	9,09	3	9,00—11,50
Кереть . . . . .	0,91	1	0,72
Паз . . . . .	—	1	2,00
Всего . . . . .	21,86	8	16,6—19,1
Средне-Карельская			
Кемь . . . . .	8,76	3	5,63
Нижний Выг . . . . .	8,08	3	6,74
Всего . . . . .	16,84	6	12,37
Южно-Карельская			
Суна . . . . .	2,23	3	1,65
Шуя . . . . .	2,98	2	1,32—0,875
Лососинка . . . . .	0,12	2	0,08
Всего . . . . .	5,33	7	3,05—2,6

Не приводим здесь более сложного показателя регулирования в так называемом энергетическом выражении, правильное характеризующего тип регулирования, которое определяется полезной емкостью водохранилищ и суммарным напором ГЭС, расположенных ниже данного водохранилища.

Наиболее крупную роль в регулировании ГЭС по рекам должны играть озера-водохранилища в бассейне Ковды и Выга. Несколько меньше, но все же велико значение водохранилищ Керети, Кемь, Суны, Шуи (рис. 1).

Некоторые из названных водохранилищ не имеют окончательного проекта. Их показатели — подпорная отметка и объем регулирования — могут подвергнуться в дальнейшем некоторым изменениям. Однако

порядок величины объема водохранилищ Карелии достаточно определен.

Остановимся на краткой характеристике главнейших водохранилищ.

1. Ковдозерское — осуществляется (с 1955 г.) из Ковдозера подпором его до отметки 37,2 м, т. е. на 7 м, путем сооружения плотины в истоке р. Ковды из Ковдозера (дер. Лягкомин). Предполагается сработка в пределах 3,5 м (37,2 — 33,7), что обеспечивает полезный объем (регулирующий объем) 1,9 млрд. м<sup>3</sup> (1,9 км<sup>3</sup>).

Ковдозеро — водохранилище является верхним бьефом действующей (с 1955 г.) Княжегубской ГЭС.

2—3. Топо-Пяозерское — крупнейшее водохранилище не только в бассейне р. Ковды, но и всей КАССР (не считая Онежского озера) и Севера СССР вообще. Оно является одним из основных водохранилищ для всей Кольской энергосистемы. По проекту Кумской ГЭС 1952 г. (Ленгидэп, Министерства электростанций СССР) оно создается путем сооружения плотины на р. Куме, или Верхней Ковде, и подпора Пяозера (естественная отметка 100,5 м) на 9 м — до уровня Топозера, т. е. до 109,5 м. Этим перекрывается р. Софьянга (Верхняя Ковда), соединяющая Топозеро и Пяозеро, и создается объединенное зеркало обоих озер на отметке 109,5 м. Предполагается сработка Пяозера на 6,0 м, что обеспечит объем регулирования Пяозера в 6,6 млрд. м<sup>3</sup>. В дальнейшем имеется в виду путем расчисток в истоке р. Софьянги из Топозера сбрасывать и это озеро и тем получить дополнительный объем до 2,5 млрд. м<sup>3</sup>, т. е. довести общий объем Топо-Пяозерского водохранилища до 9,1 млрд. м<sup>3</sup>.

По старому проекту (1934 г.) намечалось емкость этого объединенного водохранилища довести до 13,8 млрд. м<sup>3</sup>

за счет расчисток в истоке Софьянги из Топозера и повышения подпорной отметки обоих озер до 112—113 м; последнее встречает препятствие в виде низкого водораздела между Топозером и соседним бассейном р. Поньгомы.

4. Тикшозерское — из Тикшозера (бассейн р. Ковды) в верховьях р. Лобская-Нота (притока Ковдозера). Намечается условно с подпором на 3 м (с отм. 111 м до предельного подпорного уровня 114 м) объемом регулирования около 0,65 млрд. м<sup>3</sup>. Проекта нет; водохранилище вспомогательного значения и условное.

5. Керетское — из оз. Кереть (в бассейне р. Керети). Намечено (1934 г.) условно с подпором на 2 м путем сооружения небольшой плотины в истоке р. Керети из этого озера. Изысканий и проекта

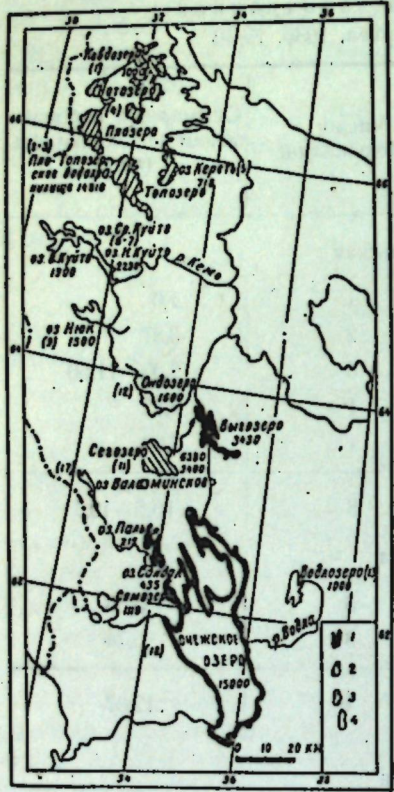


Рис. 1. Схематическая карта энергетических водохранилищ Карелии

- 1 — действующие водохранилища;
  - 2 — в постройке;
  - 3 — запроектированы;
  - 4 — намеченные к постройке водохранилища;
- Цифры под названиями обозначают полезный объем в млн. м<sup>3</sup>.

нет. Не исключена вероятность снижения предельного подпорного уровня (на 0,5—1 м).

6—7. Куйто Нижнее и Среднее (бассейн р. Кеми) — проектировалось (1934 г.) как объединенное водохранилище; подпор озер Среднее и Нижнее Куйто на 2 м с 100,5 до 102,5 м создавался плотиной на Кеми выше порога Киньтизьма. За счет сработки оз. Нижнее Куйто на 6 м (в пределах уровня 102,5—96,5 м) и оз. Среднее Куйто на 5,5 м (в пределах 102,5—97 м) предполагалось получить полезный объем до 2,25 млрд. м<sup>3</sup>. Для этого предусматривались расчистки на Среднем Куйто в проливе, соединяющем Среднее и Нижнее Куйто, и в истоке из Нижнего Куйто р. Кеми.

8. Куйто Верхнее — проектировалось (1934 г.) сооружение регулирующей плотины на Еноншу<sup>1</sup>, подпирающей предельно Верхнее Куйто на 4 м (с отм. 102,5 до 106,5 м). Сработкой на 7 м предполагалось получить объем регулирования до 1,9 млрд. м<sup>3</sup>. При этом необходимы расчистки на озере у названного пролива.

По обоим водохранилищам составлен схематический проект сооружений. По позднейшим проектировкам (Ленгидэп, 1955—1956) намечаются существенные отступления от названных параметров в отношении предельных подпорных уровней, пределов сработки и объема регулирования.

9. Нюозерское — подпором оз. Нюк (бассейн р. Кеми) на 1,5 м (с отм. 134,5 до 136 м) и сработкой на 6 м (в пределах 136—130 м) намечался (1934) условно объем регулирования до 1,5 млрд. м<sup>3</sup>. Имеются только проектные соображения. Последние пометки (Ленгидэп, 1955—1956) изменяют его параметры.

10. Выгозерское — (бассейн р. Выга). С 1933 г. Выгозеро поднято Надвоицкой плотиной Беломорско-Балтийского водного пути на 6 м (до отм. 89 м). Как водохранилище работает с 1954 г. с использованием объема водохранилища в 1,14 млрд. м<sup>3</sup>, сработкой в пределах отметок, установленных ранее Управлением ББВП, судоходным бьефом которого является Выгозеро. Дальнейшее повышение его уровня, намеченное водно-энергетической схемой (ВЭС) Карело-Мурманского края (Ленгидэп, 1935) и объема до 3,43 млрд. м<sup>3</sup>, сейчас считается неоправданным.

11. Сегозерское — в стадии наполнения (с 1956 г.). Путем подпора оз. Сегозера на 6 м (до 120 м) и сработкой на 5 м (в пределах 120,0—114,95 м) объем регулирования доводится до 4 млрд. м<sup>3</sup>.

12. Ондозерское (бассейн р. Выга) — образуется подпором оз. Ондозера на 5 м (с отм. 119,5 до 124,5 м). При сработке водохранилища до 5,5 м, т. е. в пределах 124,5—119 м, обеспечивается объем регулирования 1,6 млрд. м<sup>3</sup>. Существует схематический проект (1934). Имеется съемка озера. Необходимые дополнительные исследования могут изменить указанные выше предположения. Это, пока проблематичное, водохранилище может возникнуть где-то в далекой перспективе.

13. Сандальское (бассейн р. Суны) — верхний бьеф действующей Кондопожской ГЭС. Образовано небольшим подпором (плотиной в истоке р. Сандайки) оз. Сандак до предельного уровня 64,55 м. При сработке на 2,5 м (в пределах 64,55—62,05 м) объем регулирования может быть доведен до 0,435 млрд. м<sup>3</sup>. В эксплуатацию сдано с 1927 г., но в указанных пределах начало работать только с 1939 г., с использованием объема 0,290 млрд. м<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Пролив, соединяющий озера Среднее Куйто, Алаярви и Верхнее Куйто.

14. Пальеозерское — из оз. Палье (бассейн оз. Санда и р. Суны). Проектируемый предельный подпорный уровень 74,5 м (на 2 м над средним естественным). После сооружения Палье-Сандальской ГЭС и плотины в истоке р. Нивки (Тивдийки) из оз. Палье водохранилище будет завершено. Предполагается сработка в пределах 2 м (72,5—74,5 м), обеспечивающая объем регулирования до 0,215 млрд. м<sup>3</sup>. Сейчас используется 0,150 млрд. м<sup>3</sup>. Водохранилище является дополнительным к Сандальскому. После сооружения Палье-Сандальской ГЭС и Валазминского водохранилища (см. ниже) колебание уровня Пальеозерского водохранилища будет ограничено в пределах 74,5—74 или 74,5—73,5 м.

15. Валазминское (бассейн р. Суны) — в верховьях р. Суны, проектируется из озер Гимольского и Ройкнаволоцкого, объединяемых подпором плотины (ниже Поросозера) на 4,5 м (с естественного среднего уровня 166,5 до 171 м). Проектом предполагается сработка до 4,50 м, что обеспечит объем регулирования 1,0 км<sup>3</sup>. Водохранилище явится главным для каскада ГЭС, намечаемых на р. Суне, и для всей Южно-Карельской энергосистемы. Сейчас осуществление его отодвинуто.

16. Сязозерское (бассейн р. Шуи) — намечено пока условно и схематически, проекта и изысканий не имеется. Регулирующая плотина в истоке р. Сяпси по схеме 1934 г. подпирает Сязозеро на 2,5 м (до предельного уровня 109 м). При сработке до 4,5 м (в пределах 109—104,5 м) объем регулирования может быть доведен до 1,11 км<sup>3</sup>. Для такой сработки (ниже естественного уровня) намечены расчистки в озере, у истока из него р. Сяпси и по этой последней. Это основное водохранилище для намечаемых ГЭС на р. Шуе. Более поздние наметки (Карельского филиала АН СССР, 1954) уменьшают объем этого водохранилища до 675 млн. м<sup>3</sup> за счет уменьшения подпора озера до 1—1,5 м и его сработки. Осуществление его относится к более далекому времени.

17. Водлозеро — водохранилище будущих ГЭС на р. Водле, в ее истоках. Это озеро с 1936 г. (времени сооружения плотины в истоке из него р. Сухой Водлы, вторая плотина в истоке из него р. Вамы закончена в 1934 г.) служит водохранилищем для регулирования стока в сплавной период, для улучшения лесосплава. Подпор его в настоящее время около 1 м. Ориентировочно как энергетическое намечено<sup>1</sup> (1933) с предельным подпором до 2 м, сработкой около 2,5 м и объемом регулирования в 1 км<sup>3</sup>. При последующем проектировании показатели его могут существенно изменяться. Время его осуществления пока неопределенно.

18. Онежское озеро — с окончанием в 1953 г. строительства Верхне-Свирской ГЭС и плотины свободный режим озера сменился вынужденным, и оно превращено в водохранилище. Однако проект регулирования предусматривает лишь перераспределение его стока и режима уровня почти в тех же пределах (33,50—32,44 м) с повышением среднего зарегулированного уровня над естественным (средним многолетним) всего на 0,21—0,31 м и при сохранении естественного наблюдавшегося наивысшего уровня. Это водохранилище приобретает большое значение для регулирования ГЭС на р. Свири.

19. Те же приблизительные условия намечались (по предварительному проекту 1932 г.) для регулирования Ладожского озера как водохранилища для ГЭС на р. Неве. Изменившаяся здесь граница

<sup>1</sup> Весьма условно, проекта нет, исследований в этих целях не производилось.

СССР и превращение с 1940 г. Ладожского озера полностью во внутренний водоем СССР могут привести к некоторому повышению предельного естественного наивысшего уровня при регулировании на 0,5—2,5 м при сооружении ГЭС на р. Неве (проект 1952 г.).

Обратимся к гидрографической и гидрологической характеристике наиболее крупных озер Карелии.

В табл. 4 не включен ряд крупных озер площадью около 100 км<sup>2</sup>, а именно: Каменное в бассейне р. Верхней Чирка-Кеми (р. Кемь), Лижозеро бассейна р. Лижмы, Ведлозеро в бассейне р. Видлицы, Лексозеро и Тулос в бассейне р. Лендерки (Вуокса) со стоком в Финляндию, и некоторые другие, а также озера на отошедшей с 1940 г. к КАССР территории (оз. Янисъярви).

На основании данных табл. 4 можно сделать следующие выводы:

1. Главные озера приурочены к трем ярусам: а) к нижнему, на высоте до 30—35 м — Ладожское, Онежское в Южной Карелии и Ковдозеро; б) к среднему, на высоте до 60—90 м; в) к верхнему, на высоте 100—140 м. На последнем лежит подавляющая часть крупнейших озер главных рек Северной, Средней и Южной Карелии: Ковды, Кеми, Выга, Водлы. Немногие озера лежат на более высоких отметках (Гимольское и Ройкнаволоцкое в бассейне р. Суны).

2. Площадь наиболее крупных озер колеблется в весьма широких пределах — от 100 до 1200 км<sup>2</sup>. В особую группу выделяются крупнейшие озера — Ладожское и Онежское.

3. Еще большими пределами характеризуются площади водосбора этих озер.

4. Введение понятия „удельный водосбор“ озера, т. е. площадь его бассейна, приходящаяся на 1 км<sup>2</sup> площади зеркала озера, позволяет свести главные озера к сравнительно немногим типам:

а) Озера большого удельного водосбора — свыше 25—30 км<sup>2</sup>. Эта группа немногочисленна — Ковдозеро, Выгозеро (в естественном его прежнем состоянии) и Гимольское (с Ройкнаволоцким). Гидрологически эта группа характеризуется пониженной способностью озера к переработке годового стока и повышенной амплитудой колебания уровня.

б) Озера „нормального“ — среднего, удельного водосбора — в пределах от 10—12 до 20—25 км<sup>2</sup>. К нему принадлежат многие большие озера, как например, Пяозеро, Тикшозеро, Нотозеро (в бассейне р. Ковды), три озера — Куйто, Нюк, Водлозеро.

в) Озера малого удельного водосбора — менее 10 км<sup>2</sup>. Гидрологически они определяются легкой аккумуляцией стока и малой годовой амплитудой колебания уровня.

Более детальное рассмотрение гидрологических свойств озер, присущих названным трем типам, равно как и установление более точных границ их выходит за пределы задачи настоящей статьи. Здесь укажем лишь, что с точки зрения водного хозяйства и регулирования стока озера с малым удельным водосбором определяются как водохранилища избыточной площади, с ограничением их полезного объема условиями их наполнения.

5. Из больших озер с известной максимальной глубиной лишь Выгозеро имело небольшую глубину<sup>1</sup> — 12 м. К нему приближается отчасти Сязозеро с максимальной глубиной 24 м. Прочие из них имеют глубины свыше 25—30 м.

<sup>1</sup> В естественном состоянии; в настоящее время максимальная глубина достигла 18 м.

Таблица 4  
Главные озера Карельской АССР и их гидрографо-гидрологические характеристики

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Бассейн реки	Название озера	Высота уровня озера над уровнем моря (м)	Площадь озера <sup>1</sup> (км <sup>2</sup> )	Площадь водосбора (км <sup>2</sup> )	Удельный водосбор (л/сек)	Наболотная (средняя) (м)	Объем среднегодового стока из озера (км <sup>3</sup> )	Полный объем озера (км <sup>3</sup> )	Коэффициент водообмена озера			
			Бассейн Белого моря									
Ковда	Ковдозеро	30,0	363/297,2	25 915	87,0	56	9,00	(3,70)	(2,4)			
"	Пяозеро	100,5	754,8/658,7	12 970	19,8	49(15,1)	4,74	9,95	0,48			
"	Топозеро	109,5	1048,9/986,2	3749	3,8	56(15,8)	1,03	15,66	0,07			
"	Тикшозеро	111,2	232,4/208,8	1056	5,1	40(8)	0,35	1,67	0,2			
"	Ногозеро	34,0	77,5/69,1	2201	31,8	—	0,71	—	—			
Кереть	Кереть	90,6	274,7/223,1	1339	6,0	26	0,36	1,62	0,22			
Калга	Энгозеро	71,3	136,1/121,9	1389	11,4	18(4,5)	0,36	0,54	0,7			
Кемь	Куйто Нижнее	100,0	142,9/141,3	10 690	75,7	33(9,4)	3,41	1,22	2,8			
"	Среднее	101,3	274,0/256,6	10 171	39,6	34(10,8)	3,25	2,66	1,22			
"	Верхнее	102,6	205,9/197,6	7792	39,5	44(7,3)	2,38	2,19	1,1			
"	Нюк	134,5	220,1/213,5	3212	15,0	40(8,8)	1,16	1,81	0,6			
Выг	Выгозеро <sup>2</sup>	82,5 (89) <sup>2</sup>	560 <sup>3</sup> (1294,9/1158,6)	18 049	15,6	18	5,46	3,38	1,64			
"	Сегозеро	113,7	781,7/762,5	7576	9,9	97(22,9)	2,27	17,85	0,13			
"	Ондозеро	119,9	193,0/182,4	2451	13,4	6(3,13)	0,74	0,57	1,4			
			Бассейн Балтийского моря									
Водла	Водлозеро	136,1	367,7/334,2	5299	15,8	32	1,68	(2,50)	(0,7)			
Шуя	Сямозеро	106,5	270,3/266,0	1609	6,0	24,5	0,44	1,79	0,24			
Суна	Сандал (с Нингозером) <sup>4</sup>	63,0	161,2/152,4	1017	6,7	51	0,31	1,86	0,17			
"	Палье	68,8	106,8/100,2	381	3,8	74	0,12	(1,60)	0,08			
"	Гимольское и Ройкнаволоцкое	164,0	115,7/105,6	2665	27	30(3,59)	0,87	(0,27)	3,30			
Слврь	Онежское	33,0	9890/9666 <sup>5</sup>	61 430	6,1	120	18,26	280	0,065			
Нева	Ладожское	5,2	18 280	273 952	15,0	227	82,00	932,80	0,088			

1 В знаменателе — площадь зеркала.

2 Г. Ю. Верещагин (1924).

3 До подпора его Навонцкой плотинной — в естественном состоянии; в скобках — в современном состоянии (до отметки 89 м).

4 Г. Ю. Верещагин (1923).

5 По С. А. Советову (1917).

6. Несмотря на пестроту показателя „островистости“ озер, можно считать, что этот коэффициент в общем невелик (табл. 5).

Таблица 5

Коэффициент островистости по озерам — проектируемым водохранилищам (Григорьев, Грицевская, 1958)

Озера	Площадь озера (км <sup>2</sup> )	Площадь островов (км <sup>2</sup> )	% островов (от полной площади озера)
Ковдозеро	363	65,3	18,1
Пяозеро	754,8	96	13,7
Топозеро	1048,9	63,7	6,1
Кереть	274,7	51,6	18,8
Энгозеро	136,1	14,2	10,4
Куйто Нижнее	142,9	16	1,1
„ Среднее	274,0	17,4	6,3
„ Верхнее	205,9	8,3	4,0
Сегозеро	781,7	29,2	3,7
Выгозеро	634,0	87	12,1
Водлозеро	367,7	33,5	9,1
Сямозеро	270,3	4,3	1,6
Сандал	161,2	8,8	5,5
Онежское	9890	224	2,3

Если исключить крайние значения коэффициента низшие (у Онежского озера, Сямозера и Нижнего Куйто) и наиболее высокие (Ковдозеро, Кереть), то для больших озер Карельской АССР характерен коэффициент островов в пределах 4—14%. Такое большое распространение островов на больших озерах ограничивает разгон волны. В случае превращения озера в водохранилище с большим подпором его уровня эта характеристика может сильно измениться.

В настоящее время мы располагаем двумя типичными примерами измененных озер, превращенных в водохранилища: Выгозеро в бассейне р. Нижнего Выга и оз. Сандал в бассейне р. Суны.

С поднятием уровня Выгозера на 6 м (до отм. 89 м) площадь его увеличилась до 1260 км<sup>2</sup> и значительная часть островов исчезла. В связи с этим изменились условия волнообразования (длина разбега волны выросла почти до 100 км).

Оз. Сандал было поднято до предельного уровня 64,5 м, т. е. всего на 1—1,5 м против среднего естественного. Это не затронуло его островной сети. Сама площадь озера (его зеркала) увеличилась незначительно. В этом случае превращение этого озера в водохранилище внешне не сказалось.

7. Отметим пестроту соотношения объемов стока из озера (или притока в озеро) и объема озера (табл. 4).

Для большей части изученных морфологически озер (7 из 11) объем среднегодового притока в озеро составляет только часть объема озера — от 1/14 (у Топозера) до 1/2 (Пяозеро), т. е. теоретически для

полного обновления объема воды в озере притоком понадобилось бы от 2,5 (Пяозеро) до 14 лет (Топозеро).

Исключением оказываются все три озера Куйто и Выгозеро в естественном состоянии последнего. Однако с поднятием подпора на Выгозере, создавшего дополнительный объем до 3 км<sup>3</sup> (грубо), это озеро перешло к типу озер с показателем водообмена, меньшим единицы. Превращение озера в водохранилище должно изменить его полный объем и, следовательно, уменьшить его показатель водообмена (табл. 6 и 7).

Из табл. 7 видно, какие принципиальные изменения происходят и произойдут с озерами в условиях водохранилищ.

Характер этих изменений может быть сведен к следующим моментам:

#### А. Морфологические изменения

1. Повышение среднего уровня озера.
2. Увеличение максимальной и средней глубины.
3. Увеличение площади озера и его размеров и связанное с этим увеличение коэффициента зеркала (уменьшение или полное уничтожение островов озера).
4. Увеличение объема водного тела озера.

#### Б. Гидрологические изменения

5. Изменение коэффициента водообмена озера.
6. Изменение колебаний уровня озера.
7. Изменение типа озера, связанное со схемой использования падения реки.
8. Прочие изменения гидрологии озера, связанные с пп. 1—7.
9. Периодическая изменчивость характеристик озера, связанная с этапами развития водохранилища.

Почти во всех случаях превращение озера в водохранилище связано с повышением его среднего и предельного уровня. В существующих и проектируемых озерах-водохранилищах Карелии подпор колеблется от 0,5 (Онежское озеро) до 9 м. Подпор от 0 до 2—2,5 м будут иметь озера Ладожское, Онежское, Сандал, Топозеро. Наибольшие подъемы предельного горизонта будут характерны для озер-водохранилищ Пяозера, Сегозера (по 9 и 6 м). Подпор на прочих озерах намечается не более 4—5 м, в среднем — около 3 м.

Такие подпоры озер, даже до 9 м, относительно немного увеличивают максимальную глубину. Только на Выгозере, обладающем среди больших озер наименьшей величиной максимальной глубины — 12 м, подпор его на 6 м повысил наибольшую глубину на 50%.

Для остальных озер, указанных в табл. 7, подпор дает дополнительное увеличение наибольшей естественной глубины в пределах 18—13% (например, для Пяозера — 16%, Сязозера — до 13%) и до 8—9% (Верхнее Куйто, Сегозеро, Кереть) и даже 3% (Палье, Сандал). Для таких глубоких озер, как Ладожское и Онежское, изменения максимальной глубины практически не происходит.

К сожалению, для очень немногих проектируемых озер-водохранилищ имеются подробные расчеты, которые позволили бы сопоставить режим озера в естественном состоянии и в результате регулирования. Можно указать, например, что средний многолетний уровень Онежского озера после регулирования по принятой схеме регулирования повысится всего на 0,14 м. Для озера Сандал средний его многолетний уровень повышается до отметки 64 м (63,9 м), т. е. не более чем на 1 м.

Таблица 6

♦ Проектируемые и существующие водохранилища (озера) Карелии и их характеристики

Бассейн реки	Название водохранилища — озера	Отметки предполагаемого подпорного и естественного уровня (м)	Высота сработки водохранилища Н (м)	Полезный объем водохранилища (км <sup>3</sup> )	Отношение полезного объема к объему среднегодового стока водосбора (%)	
					водохранилища	всей реки в устье
Ковда	Ковдозеро . . . . .	37,2/30,0	3,5	1,900	21	21
	Пяозеро . . . . .	109,5/102	6,0	6,600	139	73
	Топозеро . . . . .	109,5/109,5	(3,0) <sup>2</sup>	—	—	—
	Тикшозеро . . . . .	114,5/111,2	(3,0) <sup>2</sup>	(0,650) <sup>2</sup>	186	7
Кереть	Кереть . . . . .	92,6/90,6	2,0	0,718	200	79
Кемь	Куйто Нижнее	102,5/100,0	6,0	0,810	24	9
	Среднее	102,0/101,8	5,5	1,420	44	16
	Верхнее	106,5/102,6	7,5	1,900	80	22
	Нюк . . . . .	136/134,5	6,0	1,500	130	17
Нижний Выг	Выгозеро <sup>1</sup> . . . . .	89/82,5	1,0	1,140 (3,420) <sup>3</sup>	21	14(0,42)
	Сегозеро . . . . .	120/114	5,0	4,000	177	49
	Ондозеро . . . . .	124,5/119,9	5,5	1,600	217	18
Водла	Водлозеро . . . . .	139/136,1	(2,5) <sup>2</sup>	(1,000) <sup>2</sup>	60	23
Шуя	Сязозеро . . . . .	109/106,5	4,5	1,110	251	37
Суна	Сандал <sup>4</sup> . . . . .	64,5/60	2,5	0,435	141(25) <sup>4</sup>	—
	Палье <sup>4</sup> . . . . .	74,5/69	2,0	0,215	180(13) <sup>4</sup>	—
Свирь	Валазминское <sup>5</sup>	171/164,0	4,5	1,000	110	53
	Онежское <sup>1</sup> . . . . .	33,5/33,0	1,6	15,000	80	—

<sup>1</sup> Действующее водохранилище.

<sup>2</sup> Приближенные величины по предварительным соображениям.

<sup>3</sup> После подпора до отметки 92 м.

<sup>4</sup> В скобках — отнесено к стоку собственного бассейна.

<sup>5</sup> Из озер Гимольского и Ройкнаволоцкого.

Таблица 7  
Характеристика изменения показателей озер при превращении их в водохранилища

Бассейн реки	Название озера-водохранилища	Наибольшая глубина Н (макс.)		Сработка водохранилища в пределах (м)	Площадь озера (зеркало) (км <sup>2</sup> )		Объем тела (км <sup>3</sup> )					
		естественная Н макс.	подпорная Н макс.		средняя при горизонте наботы-наботы водохранилища	относительное увеличение	естественный	полезный	дополнительный	абсолютное и относительное увеличение $\frac{W+W_0}{W}$		
Ковда	Ковдозеро	56	+7	63/56=1,13	37,2—33,7=3,5	297 <sup>1</sup>	608	2,05	(3,7)	+3,5	7,2	3,7=1,9
	Пяозеро	49	+9	58/49=1,18	109,5—103,5=6,0	659	940	—	9,950	+6,8	16,75/9,95=1,7	
	Топозеро	56	0	56/56=1,00	117—114=3	986		1,41	1,67	—	(2,47/1,67=1,5) <sup>2</sup>	
Кереть	Тикшозеро	40	(3)	43/40=1,07	90,7—88,7=2	209			1,62	(+0,718) <sup>2</sup>	2,34/1,67=1,5	
	Кереть	26	+2	28/26=1,08	102,5—96,5=6,0	223			1,22	(+0,450) <sup>2</sup>	(1,67/1,22=1,4)	
Кемь	Куйто Нижнее	33	+2	35/33=1,06	102,5—97=5,5	141			2,66	(+0,600) <sup>2</sup>	(3,26/2,66=1,2) <sup>2</sup>	
	Среднее	34	+2	36/34=1,06	106,5—99=7,5	257			2,19	(+0,900) <sup>2</sup>	(3,09/2,19=1,4)	
Выг	Верхнее	44	+4	48/44=1,09	136—130=6	198			1,81	(+0,40) <sup>2</sup>	(2,20/1,809=1,2) <sup>2</sup>	
	Нюк	40	+1,5	41,5/40=1,04	94,5—92,5=2,0	213	1600	2,85	3,38	+4,67	8,05/3,38=2,4	
Выг	Выгозеро	12	+6(12)	24/12=2,0	120—115=5,0	560	815	1,09	17,85	+4,800	22,65/17,85=1,3	
	Сегозеро	97	+6	103/97=1,06	124,5—119=5,5	762	433	2,39	0,57	+1,600	2,17/0,57=3,8	
Водла	Ондозеро	6	+5	11/6=1,83	139—136,5=2,5	182	500	(1,50) <sup>2</sup>				
	Водлозеро	32	+2	34/32=1,06	109—104,5=4,5	334			1,79	+1,11	2,90/1,79=1,6	
Шуя	Сямозеро	24,5	+2,5 <sup>3</sup>	27,0/24,5=1,1	64,5—62,0=2,5	266	185	1,22	1,89	+0,435	2,29/1,85=1,2	
	Сандал	51	+1,5	52,5/51=1,03	74,5—72,5=2,0	152	120	1,20	(1,6) <sup>2</sup>	+0,350	(1,95/1,6=1,2) <sup>2</sup>	
Суна	Палье	74	+2	76/74=1,03	171—166,5=4,5	100			(0,27) <sup>2</sup>	+1,200	(1,47/0,27=5,5)	
	Валаминское (Гильмоляское)	30	+4,5	34,5/30=1,15	120/120=1,00	106	320	3,0	280	+0		
Свирь	Онежское	120	0	120/120=1,00		9666		1,00				

1 Площадь озера приведена округленно.

2 В скобках даны приближенные цифры, по соображениям.

3 По предварительным проектировкам (1934 г.).

Переход озера с естественного режима (по стоку и колебанию уровня) на новый, искусственный, сопровождается, наряду с повышением предельного уровня, в большинстве случаев и изменением его амплитуды и иным распределением ее по отметкам во времени.

Период полной амплитуды колебания уровня озера-водохранилища, т. е. предельного наполнения и опорожнения, может быть весьма различен, в зависимости от характера регулирования; — от годовичного до нескольких лет при многолетнем регулировании.

Характер водохранилища или вид регулирования им определяется показателем регулирования или отношением его полезного, рабочего объема к объему стока его водосбора (табл. 6, гр. 6).

По этому показателю все водохранилища Карелии могут быть разделены грубо на три категории:

- при  $a$  регул.  $< 0,20 - 0,30$  — частичное годовое регулирование;
- при  $a$  регул.  $\geq 0,3$  — полное годовое регулирование;
- при  $a$  регул.  $\geq 0,7$  и до 1,5 — многолетнее регулирование (по короткому или длительному периоду маловодных лет подряд).

Важно отметить, что в водохранилищах первых двух категорий наполнение и опорожнение их может протекать в пределах 1—2 лет. К ним относятся, например, озера-водохранилища Сандал, Палье, Ковдозеро. У них следует ожидать ежегодного повторения полной амплитуды колебания предельных уровней, указанных в табл. 6 (гр. 4).

В таких же водохранилищах, как Пяозеро, Топозеро, Сегозеро, Ондозеро, Валаминское и другие полный размах их предельных уровней может наблюдаться за длительный период (от 2—3 и до 9—10 лет) в зависимости от чередования маловодных годов и их комбинации с многоводными и „средними“ годами по стоку.

Повышение подпорного уровня озера-водохранилища изменяет площадь зеркала озера, нередко очень сильно.

Табл. 7 (гр. 7—9) дает представление о типичных изменениях площади таких озер. Возникают „реконструированные“ волей человека огромнейшие озера. Таково Выгозеро, в настоящее время увеличившееся по площади с 560 до 1200 км<sup>2</sup>, т. е. более чем в два раза.

Крупнейшим по площади новым озером, после Онежского, будет объединенное озеро Топозеро — Пяозеро, вырастающее по площади почти до 2000 км<sup>2</sup>, что в 1,5 раза превышает современную их общую площадь зеркала. Наибольшее протяжение этого водоема будет почти 200 км.

В соответствии с морфологическим типом долины озера площадь Сегозера, несмотря на проектируемый большой подъем его уровня (до 6 м), увеличится всего на 10%.

Изменение амплитуды колебания озера-водохранилища при его сработке, по сравнению с естественными колебаниями уровня того же озера, ставит по-иному вопрос об изменчивости его площади. К сожалению, лишь для немногих озер Карелии имеется съемка в достаточно широких пределах, позволяющая получить кривые площади озера как функцию от уровня.

Приведем здесь некоторые примеры.

Сегозеро — многолетняя амплитуда естественных колебаний уровня около 1,5 м; т. е. в пределах 115—113,5 м над уровнем моря, при среднем уровне озера около 114—114,2 м.

<sup>1</sup>  $a$  регул., или показатель регулирования, равен отношению объема (полезного) водохранилища к объему среднегодового стока бассейна водохранилища.

Следовательно, если в естественном состоянии площадь озера изменяется незначительно (грубо, в пределах 735—765 км<sup>2</sup>), около средней 754 км<sup>2</sup>, или на 2—3%, то при проектируемом колебании подпорной отметки 120—114 м площадь зеркала Сегозера будет изменяться в более широких пределах: между 754—819 км<sup>2</sup>, т. е. колебания достигают 9%.

Таблица 8

Изменение площади зеркала Сегозера по материалам инструментальной съемки

Отметка озера (м)	Площадь зеркала (км <sup>2</sup> )	Относительное изменение
114	754	1,00
120	819	1,09
125	882	1,17

Более резкую изменчивость площади зеркала обнаруживает Выгозеро, по данным подробной инструментальной съемки.

Таблица 9

Изменение площади зеркала Выгозера

Отметка уровня (м)	Площадь зеркала (км <sup>2</sup> )	Относительное изменение
82,5	560	1,00
85,9	780	1,39
90,0	1332	2,38
95,0	1887	3,37

Амплитуда колебания естественного уровня Выгозера за довольно длительный период составляла около 2,5 м — в пределах 81,5—84 м, при среднем около 82,8—83 м. Соответственно и изменение площади было абсолютно и относительно более значительным, чем у Сегозера: в пределах приблизительно 475—750 км<sup>2</sup>, т. е. на 30%.

Третье запроектированное озеро-водохранилище бассейна Нижнего Выга для каскада Нижневыгских ГЭС — Ондозеро — по данным такой же инструментальной съемки изменяет свою площадь значительно.

Это озеро по относительному росту площади с повышением уровня принадлежит к типу озер с особо развальной долиной, отличному от типа „Сегозеро“ (рис. 2). Его естественные колебания уровня определяются до 2 м (119,5—120,5 м), с соответственным изменением площади зеркала приблизительно между 150 и 230 км<sup>2</sup>.

Проектировавшийся подъем на 5 м (до абсолютной отметки 124,5 м) и сработка его как водохранилища до 5,5 м определяет изменения его зеркала между 165—435 км<sup>2</sup>, т. е. уже на 60%.

Можно было бы дать еще ряд характеристик степени изменчивости площади озер — будущих водохранилищ в результате их нового энергетического режима, но мы ограничимся приведенными тремя особенно типичными примерами.

Таблица 10

Изменение площади зеркала Ондозера

Отметка уровня (м)	Площадь зеркала (км <sup>2</sup> )	Относительное изменение
119,4	180,8	1,00
120,0	204,5	1,13
122,5	327,5	1,81
125,0	459,2	2,54

Как указывалось выше, столь значительное увеличение площади зеркала озер связано для ряда озер-водохранилищ с изменением прочих морфологических элементов: уменьшением площади островов или полным исчезновением их, удлинением их осей, увеличением периметра — протяжения береговой линии при изменении показателя ее развития.

Следствием повышения подпорного уровня озера-водохранилища является образование нового дополнительного объема озера и увеличение общего объема его, в ряде случаев весьма значительное и абсолютно и относительно. Поясним примерами.

Пяозеро по проекту будет подперто на 9 м. Это отвечает созданию дополнительного объема между средним естественным уровнем (100,5 м) и предельным подпорным (109,5 м) в 6,8 км<sup>3</sup>. Это увеличивает его полный объем до 16,75 км<sup>3</sup> (при среднем естественном его объеме в 9,95 км<sup>3</sup>, т. е. в 1,7 раза (табл. 7).

Предполагаемая периодическая сработка Пяозерского водохранилища до 103,5 м соответствует объему сработки для многолетнего регулирования в 6,6 км<sup>3</sup>, или колебанию объема регулирования до 50% от полного.

Отметим попутно, что образование этого водохранилища с названным дополнительным объемом потребует значительно времени для его наполнения.

При среднегодовом притоке к озеру в 4,74 км<sup>3</sup> необходимо будет 1,5 „средних“ по водности года, при условии полного прекращения стока в нижележащий участок системы р. Ковды. Практически в зависимости от „водности“ периода наполнения потребуется не менее 3—4 лет для наполнения Пяозерского водохранилища.

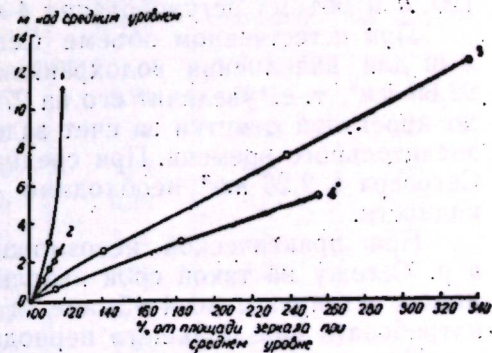


Рис. 2. Сравнительные кривые относительного изменения площади озер при их подпоре

1 — Сегозеро; 2 — Гимольское; 3 — Выгозеро; 4 — Ондозеро.

Объем Ковдозера можно, по-видимому, принять около  $3,7 \text{ км}^3$ , исходя из приближенной средней глубины  $12 \text{ м}$ . Проектируемый подпор этого озера на  $7 \text{ м}$  потребует образования дополнительного объема до  $3,5 \text{ км}^3$  и увеличения его общего объема до  $7,2 \text{ км}^3$ , т. е. в два раза. Однако самый процесс пополнения Ковдозера может быть проведен очень быстро: при среднегодовом стоке в истоке из него в  $9,02 \text{ км}^3$  потребуется  $1/3$  года, т. е. практически наполнение обеспечивается в течение одного года любой водности, не исключая самого маловодного, и не прекращая частичного стока в нижнюю р. Ковду.

Однако наполнение этого водохранилища, простое и быстрое, остается таким только до ввода в эксплуатацию Князегубской ГЭС, питающейся водой бассейна Ковдозера. С момента пуска Князегубской ГЭС, что состоялось фактически раньше подготовки водохранилища, наполнение Ковдозерского водохранилища проходит в условиях отъема расхода воды в ГЭС, т. е. за счет снижения ею выработки энергии. На этом примере можно видеть, что вопрос наполнения мощных озерных водохранилищ может оказаться весьма сложным с водохозяйственной, точнее водноэнергетической, стороны. Необходимо предварительно готовить такие водохранилища до пуска ГЭС, расположенных ниже водохранилища.

Самым ярким примером особо резкого увеличения объема, как и изменения морфологических характеристик (табл. 7), является Выгозеро. В случае дополнительного подпора объем его должен возрасти на  $4,67 \text{ км}^3$ , увеличивая полный предельный объем озера до  $8 \text{ км}^3$ , т. е. в  $2,4$  раза. Однако наполнение Выгозера будет происходить этапами. Первый этап уже пройден Выгозером, и его объем доведен до  $6,5 \text{ км}^3$ . Большой объем среднего годового стока (притока) Выгозера  $5,84 \text{ км}^3$  обеспечивает теперь быстрое дополнительное наполнение его не более чем в один год, а в условиях работающих ГЭС Выгского каскада — не менее  $3-4$  лет.

Иное положение создается при образовании Сегозерского водохранилища по приведенному в табл. 6 и 7 варианту подпора до отметки  $120 \text{ м}$  и объема регулирования  $4 \text{ км}^3$ .

При естественном объеме Сегозера в  $17,85 \text{ км}^3$  объем, необходимый для наполнения водохранилища, доведет его новый объем до  $22,65 \text{ км}^3$ , т. е. увеличит его на  $27\%$ . Зато наполнение водохранилища до проектной отметки за счет задержания стока его бассейна требует значительного времени. При среднегодовом (среднемноголетнем) стоке Сегозера в  $2,26 \text{ км}^3$  необходимо  $4,8/2,26 = 2$  полных года „средней“ водности.

При практической невозможности полного прекращения стока в р. Сегежу на такой срок наполнение Сегозерского водохранилища может затянуться до  $4-5$  лет, а при ряде маловодных лет может потребовать еще большего периода.

Примерами незначительных объемных изменений могут служить озера-водохранилища Санда и Палье — оба бассейна р. Суны.

Для оз. Санда увеличение естественного объема не превосходит  $16\%$ . При пропускаемом через него стоке р. Суны в  $1,77 \text{ км}^3$  по искусственно созданному каналу и тракту — оз. Палье — р. Нивка-Тивдийка наполнение озера до предельной подпорной отметки обеспечивается в течение  $1-2$  месяцев.

Объем оз. Палье неизвестен. При максимальной глубине озера  $74 \text{ м}$  (принимая условно среднюю глубину  $15-16 \text{ м}$ ) можно считать его объем около  $1,6 \text{ км}^3$ . Увеличение оз. Палье дополнительно создаваемым объемом при образовании из него водохранилища выразится в  $20\%$ .

Соответственно быстро обеспечивается и самое наполнение — в течение любого по водности года.

Перечисленные нами изменения морфологических характеристик озер-водохранилищ не единственные. С изменениями значений среднего и предельного уровней озера как водохранилища, его максимальной и средней глубины, площади зеркала и периодических изменений последнего и объема озера связано изменение некоторых гидрологических характеристик, к которым относится коэффициент водообмена озера.

При сохранении объема среднего многолетнего стока (грубо равного притоку в озеро) неизменным и при указанном выше (табл. 7) увеличении полного объема озера за счет прироста его при наполнении до предельной подпорной отметки коэффициент водообмена для некоторых озер-водохранилищ уменьшится. Другими словами, увеличится период смены его объема.

Этот коэффициент водообмена, или показатель „сменности объема воды“ в озерах, является теоретическим и не отражает в полной мере процесса водообмена. Последний тесно связан с рядом факторов чисто морфологических (глубина наибольшая и средняя, расчлененность подводного рельефа озера, направление преобладающих ветров и пр.). Все же этот коэффициент, несомненно, в той или иной степени характеризует общий водообмен озера.

По данным табл. 4 (гр. 8—10) и табл. 7 (гр. 12) можно сравнить вероятные изменения коэффициента водообмена для ряда озер (табл. 11).

Таблица 11

Гидрологические характеристики главных озер-водохранилищ Карелии

Название озера	Объем озера ( $\text{км}^3$ )			Коэффициент водообмена озера	
	в естественном состоянии	в подпорном состоянии (предельный)	среднегодовой сток (приток) ( $\text{км}^3$ )	в естественном состоянии	как водохранилища в подпорном состоянии
Ковдозеро . . . . .	(3,7)	(7,2)	9,00	(2,4)	(1,25)
Пяозеро . . . . .	9,95	16,75	4,74	0,43	0,28
Топозеро . . . . .	15,66	15,66	1,03	0,07	0,07
Кереть . . . . .	1,62	2,34	0,36	0,22	0,15
Куйто Нижнее . . . . .	1,22	(1,67)	3,41	2,8	2,0
„ Среднее . . . . .	2,66	(3,26)	3,25	1,22	1,0
„ Верхнее . . . . .	2,19	(3,09)	2,38	1,1	0,77
Выгозеро . . . . .	3,38	(8,05)	5,46	1,64	0,68
Сегозеро . . . . .	17,85	22,65	2,27	0,13	0,10
Сямозеро . . . . .	1,79	2,90	0,44	0,24	0,15
Санда . . . . .	1,85	2,29	1,77 <sup>1</sup>	0,17	0,77
Онежское . . . . .	280	280	18,26	0,065	0,065

Примечание. В скобках в гр. 2 приведены приближенные величины вероятного объема озера в естественном состоянии; отсюда и все производные величины (гр. 3, 5 и 6) носят также приближенный характер.

<sup>1</sup> После перепуска стока р. Суны.

Как видно из граф 5 и 6 табл. 11, коэффициент водообмена особенно резко уменьшается, почти в 2 раза, у Ковдозера, а у Выгозера — почти в 2,5 раза. В 1,5—2 раза уменьшается этот показатель у озер-водохранилищ Пяозера, Кереть, Нижнее и Верхнее Куйто, Сямозера. Незначительно (на 10—25%) изменяется он для озер-водохранилищ Среднее Куйто, Сегозеро, Сандал, для оз. Палье. Практически остается он без изменения для больших озер — Онежского, Ладожского и Топозера. Этот коэффициент относится к „среднему“ году. В отдельные годы соотношение будет иным.

Для озер-водохранилищ многолетнего регулирования, как Топозера, Пяозера, Кереть, Сегозеро, Ондозера, Валазницкое, характер водообмена будет зависеть от соотношения между действительным стоком (по условиям запроектированного регулирования) и притоком в озеро с его водосбора:

Вопрос о характере водообмена по своей сложности, освещенности его расчетами лишь для очень немногих больших озер — действующих и проектируемых водохранилищ, не может быть здесь развит.

К группе гидрологических изменений должно быть отнесено изменение колебания уровня как в отношении амплитуды и отметок, так и внутригодового и многолетнего их распределения. Некоторые характеристики приведены в табл. 7.

Расчеты и материалы для режима колебания уровня имеются для очень немногих озер и притоком менее типичных (с точки зрения сильного изменения уровня режима).

Необходимо отметить еще один вид изменений озер, нередко весьма существенных. Они связаны с перестройкой бассейнов рек в энергетических целях, с изменением гидрографической структуры речных бассейнов, со схемами так называемых перебросок стока или „обогащения“, т. е. концентрации падения или стока в наиболее выгодных в энергетическом отношении участках бассейна. При этом озера, попадающие в такую схему, приобретают как бы новые водосборы.

Классический пример этого типа изменений озер, не только для Карелии, дает схема энергетического использования падения Нижней Суны. Эта схема, ныне осуществленная, представлена на рис. 3.

Сущность этой схемы в общих чертах сводится к следующему. Река Суна ниже дер. Койкары и выше водопада Гирвас преграждена плотиной, поднимающей уровень Суны до отм. 102,5 м и создающей небольшой озеровидный бьеф. Сток Суны направляется по каналу на перешейке между этой последней и оз. Палье и сбрасывается на отм. 74—72 м в оз. Палье. Через это озеро сток Суны направляется; пока через систему р. Нивки-Тивдийки и промежуточные небольшие озера в оз. Сандал со средней отметкой 63 м.

По оз. Сандал каналами Нигозерским и Кондопожским сток Суны в настоящее время сбрасывается через Кондопожскую ГЭС в Онеж-

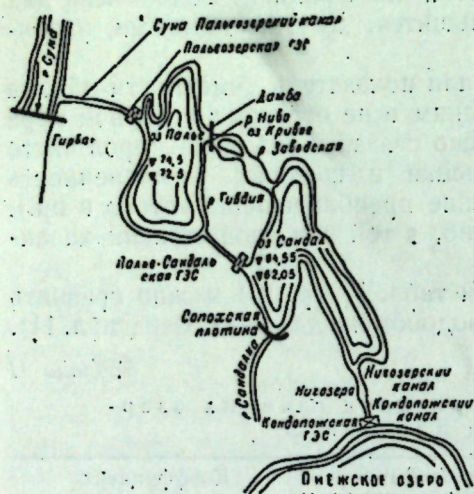


Рис. 3. Схема энергетического использования р. Нижней Суны

ское озеро. В дальнейшем перепады, создающиеся на указанном нами новом водном тракте взамен Нижней Суны, будут использоваться на Пальеозерской ГЭС на напоре 28 м — между р. Суной и оз. Палье и на Палье-Сандальской ГЭС — на напоре 9 м на сбросе в оз. Сандал.

В результате этой схемы, позволяющей сконцентрировать распределенное на 70 км падения Нижней Суны (от Койкар до Онежского оз.) в трех удобных пунктах, озера Палье и Сандал получают новые гидрографические характеристики.

Озеро Палье, как показано в табл. 4, до указанного соединения обладало водосбором всего в 380 км<sup>2</sup>, с удельным водосбором в 3,8 км<sup>2</sup> на 1 км<sup>2</sup> зеркала озера и с очень незначительным среднегодовым стоком (120 млн. м<sup>3</sup>).

Пропуск стока р. Суны через оз. Палье эквивалентен увеличению водосбора до 5700+380=6080 км<sup>2</sup>, т. е. в 16 раз. Объем среднегодового стока, проходящего через это озеро, возрастает до 1600 млн. м<sup>3</sup>, т. е. в 13 раз. Соответственно резко изменяются водообмен, газовая и солевая характеристика этого озера вследствие преобладающего влияния вод Суны, резко отличных от вод оз. Палье.

Озеро Сандал до включения его в новый водный тракт р. Суны имело водосбор в 1017 км<sup>2</sup>, и его удельный водосбор определялся в 6,7 км<sup>2</sup> на 1 км<sup>2</sup> зеркала. Это глубокое, большого объема (1,858 млрд. м<sup>3</sup>) озеро имело среднегодовой сток всего 309 млн. м<sup>3</sup> и, следовательно, малый коэффициент водообмена — 0,17, т. е. среднюю теоретическую сменяемость объема один раз в 6 лет.

Переключение р. Суны увеличивает годовой сток оз. Сандал до 1,77 км<sup>3</sup> при увеличении его полного объема до 2,15 млрд. м<sup>3</sup>. Следовательно, коэффициент его водообмена увеличивается в среднем до  $\frac{1,77}{2,29} = 0,77$ , т. е. период его водооборота уже составит около 1,3 года, т. е. уменьшится в 4,5 раза.

Резкое изменение этих количественных показателей влечет за собой изменения химического состава — газового, солевого и, возможно, термического режима. Изменяются и гидробиологические условия в обоих водоемах. Преобладающие резко отличных гуминовых вод р. Суны скажутся и на условиях питания, и размножения рыбного населения, и на его составе.

Указанные изменения происходят с озерами Палье и Сандал не сразу, а этапами. Таких этапов гидрологической эволюции этих озер можно назвать четыре.

1. Естественное состояние озер Палье и Сандал — до 1926 г.

2. С 1926 г. наполнение оз. Сандал до повышенной отметки и работа его как водохранилища пониженного объема в условиях, близких к естественным годовым колебаниям объема и при немного повышенном горизонте; показатель водообмена очень близок к естественному. Оз. Сандал отделено от рек Сандалки и Суны плотиной.

3. С конца 1936 г. — начала 1937 г. через озера Палье и Сандал пропускается из р. Суны по каналу Суна—Палье первой очереди дополнительный расход около 25—30 м<sup>3</sup>/сек в среднем, или до 0,800 млрд. м<sup>3</sup> в год; у оз. Палье повышается его коэффициент водообмена почти в 10 раз. Оз. Сандал работает как водохранилище с наполнением до предельного подпорного горизонта (64,55 м) и объемом 0,290 км<sup>3</sup>; его коэффициент водообмена увеличивается до  $1,11/2,29 = 0,5$ .

4. С 1947 г. через оба озера-водохранилища пропускается весь указанный расход р. Суны, и они характеризуются приведенными уже показателями.

Указанными категориями характеристик озер-водохранилищ можно ограничить перечень изменяющихся показателей, поддающихся числовым выражениям. Несомненно, с ними связана изменчивость и других гидрологических, гидробиологических и вытекающих отсюда рыбохозяйственных характеристик озер; о них частично говорилось попутно.

В связи с увеличением площади зеркала озера и затоплением островов могут измениться условия волнообразования и их воздействие на береговую зону. В зависимости от рельефа вновь затопляемой территории возможно создание зон различного термического режима. В некоторых случаях могут измениться и общие термические условия водоема. Затопление дополнительных площадей при подъеме уровня озера-водохранилища вводит новые кормовые площади для его рыбного населения и изменяет условия его питания и жизни. В подавляющей части такое увеличение площади зеркала, количественно охарактеризованное выше, происходит для Карелии за счет лесной площади или кустарников. При этом обычно производится или должна быть произведена вырубка леса. С этим связано, в той или иной степени, изменение гидрохимических условий.

С увеличением площади зеркала, размеров озера, глубин, ликвидацией островов изменятся условия рыбохозяйственного использования озера-водохранилища; может потребоваться иной тип судов, рыболовных снастей и т. п.

Многообразие сочетаний влияния факторов различной изменчивости потребует специального изучения озер в естественных и новых условиях и анализа происходящих изменений. С этой стороны следует широко приветствовать начало таких повторных исследований озер, как например, Выгозера, проводимых Карельским отделением ВНИОРХ. Эти исследования дают новый ценный материал для рыбохозяйственников, лимнологов, гидробиологов и гидротехников.

Заканчивая этим беглый обзор различных изменений, ожидающих озера, превращаемые в энергетические водохранилища, следует отметить еще раз, что изменения эти во многих случаях будут происходить сравнительно медленно.

Описанные нами проектируемые водохранилища по своей гидрологической и технической природе потребуют значительного периода для наполнения — превращения озер в водохранилища.

Некоторые водохранилища будут развиваться этапами, в зависимости от порядка осуществления связанных с ними ГЭС. Примерами более замедленного развития водохранилищ, рассмотренных выше, являются озера Палье и Сандал в бассейне р. Суны, вступившие уже в последнюю стадию развития их как водохранилищ. Такие замедленные этапы превращения озер в водохранилища, с одной стороны, способствуют более спокойному изменению водоема и более легкому приспособлению к ним их ихтиофауны. С другой стороны, эти периоды должны были использоваться для соответствующего изучения новых свойств „реконструируемых“ человеком водоемов. К сожалению, это упущено для озер-водохранилищ Сунской группы — Палье и Сандал.

Остается кратко остановиться на последовательности и времени осуществления главных энергетических водохранилищ в Карельской АССР.

Как отмечалось выше, образование водохранилищ связано с развитием трех энергосистем:

- а) Кольской, включающей в пределах КАССР ГЭС р. Ковды и, может быть, р. Керети;
- б) Средне-Карельской или Выгско-Кемской;
- в) Южно-Карельской или Петрозаводско-Кондопожской.

Особняком стоят ГЭС р. Свири с Онежским озером, как регулятором стока, и ГЭС р. Вуоксы; последние не имеют в пределах СССР водохранилищ.

К Кольской энергосистеме относятся проектируемые водохранилища Ковдозеро и Пяозеро — Топозеро в бассейне р. Ковды и оз. Кереть.

Быстрое развитие мощной Кольской энергосистемы потребовало включения в нее Княжегубской ГЭС. Подготовка Ковдозерского водохранилища запоздала по сравнению с пуском самой ГЭС (в 1955 г.) при пониженном напоре. Окончание наполнения его — 1958 г.

Ввод Топо-Пяозерского (или Кумского) водохранилища следует ожидать в начале 1960 г., а начало работы водохранилища, учитывая длительный период лесосводки в зоне его затопления и наполнения, не ранее 1963—1965 гг. Осуществление такого водохранилища вспомогательного характера, как Тикшозерское (в бассейне р. Ковды), на ближайшие 10—15 лет исключено, а далее вообще сомнительно.

Керетское водохранилище (из оз. Кереть) связано с сооружением Нижне-Керетской (Варацкой) ГЭС. Строительство ее возможно только за пределами 1970 г.

Осуществление строительства ГЭС на р. Нижнем Выге потребовало с 1954 г. работы Выгозера как водохранилища первой очереди. Увеличение его регулирующего объема и последующий дополнительный подпор связываются со строительством второй очереди Беломорско-Балтийского пути. Время осуществления второй очереди, вообще сомнительной, сейчас назвать затруднительно.

Наполнение Сегозерского водохранилища в бассейне Выга начато с 1956 г. Однако доведение Сегозера до предельного подпорного горизонта и проектируемого полезного объема можно ожидать не ранее 1959—1960 гг.

Сооружение Ондского водохранилища проблематично. На ближайшее время намечено строительство нижних ГЭС на р. Кемь. Но озера этого бассейна — все три Куйто, и тем более Нюк, на значительное время, по крайней мере на 10 лет, останутся в естественном состоянии.

В Южной Карелии реальным является водохранилище в бассейне р. Суны — Валазминское, с пуском за пределами 1965 г.

Можно еще упомянуть об отдаленной возможной реконструкции двух небольших существующих озер-водохранилищ — Лососинном и Машозере в бассейне р. Лососинки. Они также включатся в Петрозаводско-Кондопожскую энергосистему.

В заключение о перспективах строительства водохранилищ по КАССР отметим, что Онежское озеро с окончанием строительства Верхне-Свирской ГЭС („Свирь II“) плотинной последней также превращено в водохранилище с режимом, мало отличным от естественного.

В связи с изложенным необходимо учесть предстоящие радикальные изменения крупнейших озер КАССР в генеральном плане изучения и освоения этих озер. Научно-исследовательская работа по указанным выше озерам должна вестись двумя этапами: а) комплексное (гидрологическое и рыбохозяйственное) исследование водоема в его естественном состоянии до начала изменения его и развития в водохранилище и б) после превращения в водохранилище изучение нового реконструированного водоема. Исследования на втором этапе могут производиться через 5—10 лет после начала работы водохранилища, чтобы учесть происшедшие устойчивые изменения, главным образом гидробиологических и рыбохозяйственных его свойств.

Исследования озер первого этапа должны производиться по более широкой программе. При этом должны заранее учитываться те чисто морфологические изменения, которые произойдут с озером; необходимо включить и соседние озера, которые с поднятием уровня могут объединиться с этим озером. Должна подвергнуться изучению и вся прибрежная зона озера, которая с образованием водохранилища может стать уже подводной частью — литоралью нового озера.

При исследовании Ковдозера необходимо учесть, что в состав нового зеркала озера-водохранилища при подпоре этого озера до отметки 37,2 входят и соседние довольно значительные озера — Нотозеро, Сенное, Лобское — со всей системой протоков, соединяющих их между собой и с Ковдозером.

Таким образом, исследования первого периода — «озера» должны заранее учитывать проектные схемы преобразования его в водохранилище. Для этого необходимо иметь основные проектные характеристики водохранилища. К таковым относятся: намечаемая предельная подпорная отметка водохранилища, низшая отметка сработки его, площадь водохранилища при его высшем и низшем уровне, объем регулирования, характеристика режима уровня озера, стока (притока).

Исследования второй стадии — озера-водохранилища — должны вестись со знанием морфологических и гидрологических характеристик водохранилища (по регулированию уровня и стока). Поэтому проектирующие и строящие организации обязаны обеспечивать следующими характеристиками, необходимыми для последующей эксплуатации водохранилища:

а) кривая площадей и объемов водохранилища, т. е. изменения площади водохранилища и его зеркала и объема в функции отметки его уровня;

б) кривые продолжительности вероятного стояния горизонта водохранилища в «средний» год и характерные годы, а также в периоды подо льдом и «открытой воды» в условиях проектируемого регулирования.

Названные две стадии исследований озера и водохранилища являются обязательными для всех больших озер.

Целесообразно было бы, по крайней мере для некоторых наиболее крупных и хозяйственно ценных озер, производить исследования в ряде промежуточных этапов развития водохранилища. Это позволит уловить динамику изменчивости отдельных гидрологических и биологических факторов и проследить их взаимосвязь. Целью таких исследований должен быть переход в дальнейшем к прогнозу будущих характеристик новых водохранилищ на основе, может быть, немногих исследований и характеристик озер и анализа их статических показателей и аналогии с подробно исследованными другими озерами-водохранилищами.

Выбор водохранилищ для таких более систематических и контрольных исследований должен быть сделан как по указанным выше признакам хозяйственного, энергетического значения их, так и по признаку их типичности. Можно наметить примерный план желательных исследований озер-водохранилищ КАССР и их стадий.

Бассейн р. Ковды.

1. Ковдозеро. В первой стадии для естественного состояния озера проведены специальные рыбохозяйственные комплексные исследования (1951 г. и ранее — Карельское отделение ВНИОРХ). Во второй стадии водохранилище наполнено к 1958 г. На этом водохранилище с зеркалом, возрастающим больше чем до 600 км<sup>2</sup>, т. е. вдвое большим,

вбирающим и ряд крупных прилегающих озер (Нотозеро, Сенное и др.), были бы весьма ценны промежуточные исследования — в процессе наполнения.

2. Топозеро — Пяозеро. В первой стадии частично исследовано; дополнительное изучение к комплексным рыбохозяйственным исследованиям б. КНИРС — Карельское отделение ВНИОРХ (в 1933—1934 гг. и позднее) следует провести до 1960 г. Вторая стадия исследований наполненного водохранилища может быть после 1965—1970 гг.

Бассейн р. Выга.

1. Выгозеро. Исследования его в рыбохозяйственном отношении продолжаются Карельским отделением ВНИОРХ с 1936 г.

2. Сегозеро. В первой стадии производились комплексные рыбохозяйственные исследования в течение 30-х годов, частично в 1953—1954 гг. Во второй стадии исследования нового водоема надо произвести после 1960 г.

3. Ондозеро. В первой стадии исследовано в рыбохозяйственном отношении в послевоенные годы Карельским отделением ВНИОРХ (1947—1948 гг.). Во второй стадии должно быть исследовано наполненное водохранилище; время сейчас установить нельзя.

Бассейн р. Суны.

1. Санда. В первой стадии озеро было исследовано в 1920 г. Олонецкой научной экспедицией (ОНЭ) Государственного гидрологического института (проф. Г. Ю. Верещагин), но недостаточно. Во второй стадии — действующего водохранилища — Санда исследуется в рыбохозяйственном отношении с 1953 г. Карельским отделением ВНИОРХ (элементы гидрологии с гидрохимией; биология водоема); желательны расширение и углубление этих исследований. Некоторые гидрологические, преимущественно гидрохимические исследования новых озер Санда и Палье производились в 1954 г. Г. Л. Грицевской (Кар. филиал АН СССР).

2. Валазминское водохранилище в составе озер Гимольского, Ройкнаволоцкого, Кудамгубского, Чудозера, Поросозера. В первой стадии озера исследованы комплексной экспедицией Карельского филиала АН СССР (1948—1950) наиболее полно. Намечалась промежуточная стадия исследований в процессе наполнения водохранилища. Она должна быть приурочена к 1960—1962 гг. Во второй стадии исследование нового водоема-водохранилища должно быть не ранее 1970 г.

Бассейн р. Шуи.

Сямозеро. В первой стадии (водоем в естественном состоянии) проведено широкое комплексное исследование озера Карельским филиалом АН СССР (1954—1956).

Изложенное позволяет сделать следующие выводы.

1. Хозяйственная деятельность человека, перестраивающего природу, особенно сильно сказывается и должна сказаться в области озер КАССР.

2. Развитие гидроэлектростроительства на реках КАССР, богатой гидроэнергией, требует строительства мощных водохранилищ для регулирования крупных ГЭС на ее реках и регулирования создаваемых из них мощных энергосистем.

3. Особо благоприятные естественные условия в КАССР — наличие в каждом бассейне крупных рек больших озер, занимающих в энергетическом отношении командное положение, благоприятные топографические и экономические условия их создания — обуславливают использование в качестве водохранилищ наиболее значитель-

ных озер — в бассейнах рек Ковды, Кеми, Выга, Суны, собственно р. Свири, емкостью исключительной даже в союзном масштабе и в размерах, почти не известных европейским странам.

4. С превращением озер в водохранилища очень большой емкости связаны изменения озер: увеличение площади зеркала (от 10—15 до 300%), изменение наивысшего и среднего уровня, максимальной и средней глубины, полного объема озера, режима и величины колебания уровня, водообмена, изменения его термичности, газового и солевого режима, гидробиологических характеристик и в рыбохозяйственном отношении — его продуктивности, площади кормности озера, условий жизни рыбного населения, условий лова.

5. В некоторых случаях создаются совершенно новые озера большой площади, по-видимому, с иными гидрологическими характеристиками, меняющие гидрографический ландшафт страны (водохранилища Пяозерское — Топозерское, площадью до 2000 км<sup>2</sup>, Ковдозерское — до 600 км<sup>2</sup>), и с новыми условиями рыбного хозяйства на них.

6. Ближайшими по времени осуществления озерами-водохранилищами являются Пяозеро и Иовское — в бассейне р. Ковды, Сегозеро — в бассейне р. Нижнего Выга, Валазминское — в бассейне р. Суны.

7. Все сказанное обязывает включить в план научных исследований указанные озера для получения их гидрологических, ихтиологических, гидробиологических характеристик как до начала их превращения в водохранилища, так и после их изменения, через несколько лет.

8. Организации, проектирующие и строящие ГЭС и озерные водохранилища для них, должны учитывать интересы рыбного хозяйства, выделяя соответствующие средства на дополнительные гидрологические и рыбохозяйственные исследования, составление специальных гидрологических и рыбохозяйственных характеристик и иметь теснейшую связь с научно-исследовательскими организациями по рыбному хозяйству.

9. Для озер-водохранилищ с несколькими этапами их развития по объему (Топозеро — Пяозеро), или по схеме его использования (Сандавал, Палье), или с длительными периодами их наполнения (Пяозеро, Топозеро, Сегозеро) желательно проводить контрольные комплексные и рыбохозяйственные исследования более облегченного типа для промежуточных периодов их изменения.

#### ЛИТЕРАТУРА

Берсонов С. А. Водно-энергетический кадастр КФССР. Кадастр потенциальных запасов водной энергии. Изд. АН СССР, 1958 (в печати).

Верещагин Г. Ю. (и др.) Предварительный отчет о работах 1921 г. Олонецкой научной экспедиции № 69. Росс. Гидрол. инст. Пг., 1923.

Верещагин Г. Ю. Озера Сегозеро и Выгозеро по исследованиям Олонецкой научной экспедиции. Verhandl. d. Internat. Verein. für theoretische u. angewandte Limnologie, s. 233—244, Stuttgart, 1924.

Григорьев С. В., Грицевская Г. Л. Каталог озер Карелии. Изд. АН СССР, 1958 (в печати).

Молчанов И. В. (и др.) Онежское озеро. Гос. Гидрол. инст. Л., 1946.

Советов С. А. Онежское озеро. Опыт монографии. Пг., 1917.

С. В. ГРИГОРЬЕВ

### О НЕКОТОРЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЯХ И ПОКАЗАТЕЛЯХ В ОЗЕРОВЕДЕНИИ

В последние годы в практику лимнологических работ в Карелии введен ряд терминов, определений и показателей, которые пока ограничиваются применением их в неопубликованных трудах отдела гидрологии Карельского филиала Академии наук СССР. В этой статье автор поставил задачу довести их до более широких кругов гидрологов, а также попутно восстановить в памяти некоторые моменты из истории отечественной лимнологической терминологии.

а) Весьма широко и давно вошел в научный оборот термин „озерность“ или коэффициент озерности бассейнов рек. У нас он получил применение в гидрографии озерных районов СССР для характеристики степени относительной занятости акваторией водоемов любой территории. Коэффициент озерности, выраженный в процентах, представляет отношение суммарной площади озер в данном бассейне реки или его части, или на любой оконтуренной территории к площади этого бассейна или территории. Термин этот соответствует „sjöprocent“ (буквально — процент озер) в шведской гидрографии, откуда он перешел в финскую.

В русской практике он впервые предложен около 1913 г. инженером-гидротехником и гидрологом А. А. Вельнером, позднее известным эстонским гидрологом и руководителем Гидрографического бюро Эстонии (1922—1940).

Работая в 1910—1914 гг. в организации Министерства путей сообщения (партии исследований и составления проекта Черноморско-Балтийского водного пути) руководителем работ по Западной Двине (Даугава), А. А. Вельнер в своей записке по гидрографии и гидрологии Западно-Двинского бассейна, богатого озерами, ввел этот термин. Оттуда нами он был перенесен несколько позднее (с 1917 г.) в практику работ по озерам Карелии и Кольского полуострова, а затем с начала 1920—1922 гг. получил признание в советской лимнологии.

б) Коэффициент озерности бассейна хорошо характеризует степень средней относительной насыщенности акваторией по всему бассейну или территории. Однако характер размещения водоемов по бассейну при одном и том же коэффициенте озерности может быть совершенно различным. Так, наиболее крупные озера или большая часть общей акватории озер могут быть размещены в верхней части бассейна, или, наоборот, преимущественно в нижней его части, или в средней части, наконец, в бассейнах притоков главной реки бассейна и т. д.

Не требует особых пояснений, что при одной и той же общей площади водоемов и одинаковом коэффициенте озерности регулирую-

шее влияние этого фактора на режим стока рек будет при разных типах расположения озер в бассейне неодинаковым. Поэтому учет влияния важного фактора озерности — коэффициентом средней озерности, в формулах, выражающих влияние этого фактора на максимальный, минимальный сток (Д. Л. Соколовский, А. В. Огиевский, Г. А. Алексеев, А. А. Соколов и др.) оказывается мало удовлетворительным.

Этот недостаток „среднего“ показателя озерности ощущался давно, в том числе упомянутыми здесь гидрологами. Еще в начале 30-х годов автором была сделана попытка применить понятие „приведенной озерности“ бассейна для определения типа — относительного размещения в нем озер.

Задачу определения типа размещения озер можно свести к нахождению относительного центра тяжести озер в рассматриваемом бассейне реки. Ее можно решить обычным способом моментов. Положение вычисленного тем или иным способом<sup>1</sup> центра озерных площадей в бассейне по отношению к центру самого бассейна — выше его (по течению главной реки — оси бассейна), около него, ниже его (по течению главной реки бассейна) — определило бы тип географического расположения озер в бассейне. Но такое решение с гидрологической точки зрения не может удовлетворить. Важнее в этом направлении учесть, какую часть бассейна замыкает собою и, следовательно, регулирует каждый водоем этого бассейна. Поэтому в формуле определения „приведенной“ озерности бассейна должны учитываться как площади самих озер, так и их частные бассейны, т. е. бассейны, ими замыкаемые.

В простой формуле вычисления коэффициента озерности бассейна  $K_{оз.} = \frac{\sum f}{F}$  (1), где  $F$  — площадь всего бассейна,  $\sum_{n-1}^{n-n} f$  — сумма акватории всех  $n$  водоемов в бассейне.

Коэффициент озерности  $K_{оз.}$  можно также представить в виде суммы  $K_{оз.} = \sum_{n-1}^{n-n} \left( \frac{f_1}{F} + \frac{f_2}{F} + \dots + \frac{f_n}{F} \right)$  или  $K_{оз.} = \frac{1}{F} \sum_{n-1}^{n-n} f$  (2), т. е. как сумму частных коэффициентов озерности, определяемых каждым водоемом.

По указанным соображениям нами принята следующая формула для определения коэффициента „приведенной озерности“ —  $K_{оз. пр.}^1$ :

$$K_{оз. пр.}^1 = \sum_{n-1}^{n-n} \left( \frac{f_1}{F} \times \frac{F_1}{F} \times \frac{f_2}{F} \times \frac{F_2}{F} + \dots + \frac{f_n}{F} \times \frac{F_n}{F} \right) \quad (3) \text{ или}$$

$$K_{оз. пр.}^1 = \frac{1}{F^2} \sum_{n-1}^{n-n} (f_1 \times F_1 + f_2 \times F_2 + \dots + f_n \times F_n) \quad (4), \text{ где}$$

$F$  — площадь всего бассейна,

$f_1, f_2, \dots, f_n$  — площади зеркала последовательно всех озер данного бассейна,

$F_1, F_2, \dots, F_n$  — площади бассейна, замыкаемые соответственно озерами  $f_1, f_2, \dots, f_n$ .

<sup>1</sup> Здесь может быть применен или простой способ вычисления центра системы точек, где каждая точка имеет свой вес — площадь, относительно принятого основного начала координат, или более сложным — по методу центрографии, предложенному Д. И. Менделеевым.

Вычисление коэффициента „приведенной озерности“ связано с большой трудоемкостью. В этом убедил опыт автора по определению этого коэффициента, проведенный им в 1932 г. для бассейна р. Туломы на Кольском полуострове (средняя озерность его около 3%). Вычисление показало, что приведенная озерность этого бассейна оказывается в несколько раз меньше средней. В настоящее время для таких озерных районов Советского Союза, как Карелия, Кольский полуостров, уже имеются каталоги озер, где для всех более значительных водоемов вычислены и приведены площади их бассейнов. Поэтому сейчас вычисление коэффициента „приведенной озерности“ ( $K_{пр. оз.}^1$ ) значительно облегчается. Его можно еще упростить, применяя приближенный расчет. Для этого можно отбросить озера не выше определенной минимальной площади, сумма акватории которых, например, составляет менее 10—5% общей площади озер бассейна.

Чтобы показать, какие соотношения могут быть между коэффициентом средней озерности и приведенной при разных типах размещения озер в бассейне, проделали элементарные расчеты для трех случаев.

Условно принимаем площадь бассейна равной 100, коэффициент озерности (средней) — 10% или 0,10; отсюда площадь озер — 10. Для простоты расчетной схемы условно все озера принимаем в виде одного суммарного водоема этой площади.

Следующие расчетные схемы дают такие результаты:

а) все озера — условный водоем — сосредоточены в верхней части бассейна с замыкаемой им третью всего бассейна (соответствует часто наблюдаемому типу верхового положения главных озер в бассейне, с замыканием ими 30—35% всего бассейна);

$$K_{оз.} = 0,10; f_1 = \Sigma f = 10; F = 100 \times 0,3 = 30,$$

$$K_{оз. пр.} = \frac{1}{F^2} \times \sum (f_1 \times F + \dots) = \frac{1}{100^2} \times 10 \times 30 = 0,03,$$

т. е. приведенная озерность для этого типа составит всего 0,03, т. е. в 3 раза меньше средней;

б) все озера или условный суммарный водоем расположен у самого устья с замыканием им до 97% всего бассейна (пример — бассейн р. Нивы, где крупнейшее оз. Имандра, определяющее на 60% озерность бассейна, замыкает собою 97% всего бассейна);

$$K_{оз.} = 0,10; f = \Sigma f = 10; F = 100 \times 0,97 = 97,$$

$$K_{оз. пр.} = \frac{1}{F^2} \times f \times F_1 = \frac{1}{100^2} \times 10 \times 97 = 0,097 \approx 0,10,$$

т. е. коэффициент приведенной озерности практически близок к коэффициенту озерности средней.

Большая часть наблюдаемых в природе типов распределения озер в бассейнах рек принадлежит к промежуточным между крайними рассмотренными принципиальными схемами, и отношение коэффициента приведенной озерности к коэффициенту озерности средней или, упрощая, приведенная и средняя озерности будут лежать в пределах 0,3—1,0, приближаясь к единице, т. е. к средней, но никогда практически ее не достигая. Конечно, могут быть примеры бассейнов, когда коэффициент приведенной озерности окажется значительно менее 0,3. Эта задача — определения для озерных бассейнов коэффи-

циентов приведенной озерности наряду с вычисленными для них величинами коэффициента озерности (средней) — должна быть поставлена на очередь.

Нетрудно видеть, что обратное отношение этих коэффициентов озерности — средней к приведенной — может служить показателем типа распределения озер в бассейне: показатель отношения, близкий к единице — 1,1 — 1,3<sup>1</sup> — указывает тип низового расположения главной массы озера в бассейне. Показатель более 3—3,5 обозначает преобладающее положение озер в верхней части бассейна.

Позднее, в 1937 г., в финском географическом журнале „Terra“ появилась статья гидрографа Х. Ренквиста на ту же тему (Renquist, 1937). Ощущая, как и многие гидрологи, неполноту характеристики озерности, даваемой средним коэффициентом озерности (vägda sjobrosent), Ренквист предложил формулу, совпадающую с нашей. Он применил ее также в виде опыта к вычислению приведенной озерности одного из крупнейших бассейнов Финляндии.

Понятие „приведенной“ или „взвешенной“ (по Г. А. Алексееву, 1954) в гидрологии до самого последнего времени практически не применялось; сейчас советской гидрологией накоплен большой материал, облегчающий трудоемкое вычисление этого коэффициента. В последние годы к вопросу о замене средней озерности бассейна другим показателем, отражающим положение главных регулирующих озер в бассейне, возвращается ряд гидрологов Советского Союза.

Так, Г. А. Алексеев (1954) также предлагает заменить „среднюю озерность“ „взвешенной“, с учетом доли водосбора, регулируемого главным озером, в общем бассейне реки, пользуясь также формулой (4).

Эту задачу замены средней озерности бассейна или его определенной части приведенной он сводит к определению последнего по отношению к главному или главным регуливающим озерам, что в ряде случаев дает недостаточную точность.

Его повторяет А. А. Соколов (1956) в своем исследовании. Можно сейчас считать, что вопрос о замене коэффициента средней озерности коэффициентом приведенной или взвешенной<sup>2</sup> прочно входит в советскую практику гидрологических расчетов.

Чтобы закончить с этим новым понятием о средневзвешенной озерности бассейнов, требующим особого исследования, приведем несколько примеров результатов расчета этого коэффициента и сопоставления его со средней озерностью. Подсчеты были произведены по нашему предложению аспирантом отдела гидрологии, водного хозяйства и энергетики Карельского филиала АН СССР И. В. Винокуровой. В основу положены данные каталога озер Карелии (Григорьев, Грицевская, 1958).

Здесь ограничиваемся несколькими характерными примерами для разных типов размещения главных регулирующих озер в бассейнах рек.

1) р. Шуя (Беломорская): площадь бассейна гидрологической станции  $F^1 = 938 \text{ км}^2$ ; коэффициент средней озерности —  $K_{оз.}$  (этой части бассейна) — 7,0%; приведенная (средневзвешенная) озерность — 0,7% или  $0,1 K_{оз.}$ ; тип расположения главного регулирующего озера и других, — меньших, — верховой.

<sup>1</sup> Границы эти пока условны.

<sup>2</sup> Это последнее (по Г. А. Алексееву) нам кажется более удачным.

2) р. Кереть — площадь бассейна гидрологической станции —  $F^1 = 2920 \text{ км}^2$ ; коэффициент средней озерности этого бассейна  $K_{оз.} = 17,5\%$ ; приведенная или взвешенная озерность — 4,4% или  $0,25 K_{оз.}$ ; расположение главного регулирующего озера — в верхней половине бассейна;

3) р. Лижма (средняя) — площадь бассейна гидрологической станции  $F^1 = 515 \text{ км}^2$ ; коэффициент средней озерности  $K_{оз.} = 21\%$ ; приведенная или взвешенная озерность — 13,9% или  $0,66 K_{оз.}$ ; тип расположения главного регулирующего озера — низовой;

4) р. Суна — площадь бассейна гидрологической станции  $F^1 = 1970 \text{ км}^2$ ; коэффициент средней озерности — 13,4%; приведенная (средневзвешенная) озерность — 4,7% или  $0,35 K_{оз.}$ ; тип размещения главных озер (по реке и в бассейне), — каскадный (или близкий к центральному — см. ниже).

в) В каталоге озер Карелии (1949 — первая редакция) и в других работах по гидрографии озер Карелии (Григорьев, 1948) для обозначения степени покрытости водоема островами нами введен термин „островистость“ или коэффициент островистости. Он определяется как отношение суммарной площади островов озера к его полной площади, в процентах или долях единицы.

Приходилось слышать обвинения в надуманности этого определения. Проверка позднее подтвердила полную законность такого определения, относительно нового лишь в научном применении к нашим озерам.

Слова „островистый“ или „островитый“ (богатый островами) находим в сокровищнице русской лексикографии — в „Толковом словаре живого великорусского языка“ В. Даля (1955). У Даля нет указаний на происхождение слов и степень их древности. Подтверждение давности этого чисто русского определения, взятого из старинной русской гидрографической терминологии, бытовавшей в XVI—XVII вв., мы находим в „Книге Большому Чертежу“ (1950). Так, в описании речных систем Севера Руси, р. Волды и Водлозера неизвестный нам составитель говорит: „... а озеро Водло островисто“<sup>1</sup>.

Определение „островистость“ озера соответствует переводу определения „Insulerung“ в известном труде Э. Науманна (1931), посвященном лимнологической терминологии. В свою очередь Науманн добросовестно указывает, что этот термин предложен в географии еще Риттером в начале XIX в., а позднее он повторен Пенком.

Из дополнительных определений и показателей, относящихся к морфологии водоемов, нами принято два.

г) Первый — показатель удлиненности водоема, удобный для характеристики озер. Он определяется как отношение длины (наибольшей) озера ( $L$ ) к его средней ширине  $B$  или  $a_{удл.} = \frac{L}{B}$ . Из определения средней ширины  $B = \frac{f}{L}$ ,  $a_{удл.} = \frac{L}{B} = \frac{L^2}{f}$  (5), т. е. удлиненность озера равна квадрату наибольшей длины водоема, деленному на его полную площадь.

Показатель удлиненности дает представление о фигуре озера и степени характерности водоема в ряду других озер рассматриваемого района или групп озер. Так, по нашим вычислениям для боль-

<sup>1</sup> Действительно, коэффициент островистости Водлозера по каталогу озер Карелии оценивается в 9,1%.

шого числа озер Карелии — крупных и средней величины — показатель удлиненности их в среднем около 3—3,5. Малая величина удлиненности (она не может быть меньше 1,0 или очень близка к ней) — 1,5—2 указывает на форму, близкую к круглой. Из озер Карелии особенно большой удлиненностью выделяются Путкозеро в Заонежье (равна 41 — ленточного типа) и Елмозеро — более 30.

д) Второй характеристикой принята „линейная озерность“ (Григорьев, 1935, 1948). Она служит для определения степени участия озер в составе озерно-речных систем или реки, имеет значение для характеристики сложной структуры рек, или, точнее, озерно-речных систем таких озерных районов СССР, как Карелия и Кольский полуостров. Показателем линейной озерности  $a_{\text{лин. оз.}}$  является отношение суммарного протяжения озер, входящих в состав реки, к ее общему протяжению. Дополнением к нему может служить число таких озерных звеньев в составе реки. Линейную озерность обозначают, например,  $a_{\text{лин. оз.}} = 0,65$  (10), где первый коэффициент обозначает собственно показатель или коэффициент линейной озерности, а цифра в скобках указывает число озерных звеньев в составе данной реки.

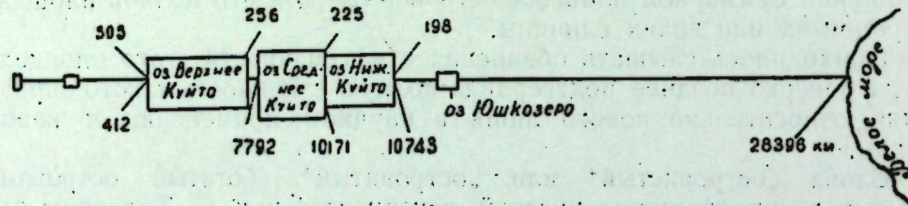


Рис. 1. Тип верхового положения озер в системе р. Кемь (Карелия)

Цифры вверх — расстояние от устья в км;  
Цифры вниз — площадь бассейна в км².

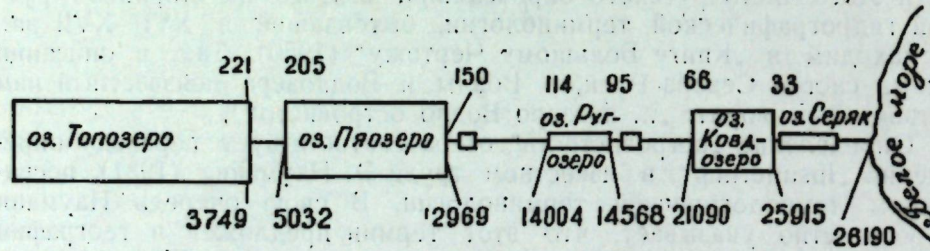


Рис. 2. Тип каскадного положения озер в системе р. Ковды (Карелия)

Цифры вверх — расстояние от устья в км;  
Цифры вниз — площадь бассейна в км².

Этот показатель имеет существенное практическое значение с точки зрения лесосплава по таким рекам, характеризуя число смен типов сплава по реке — россыпью по речным участкам и в кошелях по озерам. Показатель линейной озерности характеризует также степень аккумуляции, возможного отстаивания взвешенного („твердого“) стока в озерных участках таких рек. У карельских рек „линейная озерность“ колеблется в широких размерах. У некоторых рек она достигает почти 65%: у р. Лендерки — 63,6% (18), у р. Ковды — 67,4% (10).

е) Показатель линейной озерности рек определяет среднее относительное участие озерных звеньев в структуре реки. Но он еще не дает представления о характере относительного размещения озер по реке. Анализ относительного строения рек с озерными звеньями

позволил выделить три основных типа размещения более крупных озер в системе реки: верхового положения, каскадного — более или менее равномерного их распределения по реке — и низового, когда наиболее крупное озеро или целая группа таких озер располагается в нижнем участке реки, ближе к ее устью. Примеры названных трех типов размещения озер по реке даны на рис. 1—3 — р. Кемь (верховой тип), р. Ковда (каскадный тип) и р. Муромка-Гакугса в Южной Карелии. Это нашло отражение в неопубликованной работе автора „Водноэнергетическая схема Карело-Мурманского края“ (1935). Такое определение отмечено в капитальном труде проф. Е. В. Близняка (1945). Нетрудно перейти от общего, чисто качественного определения типа размещения озер в составе рек к их числовой характеристике.

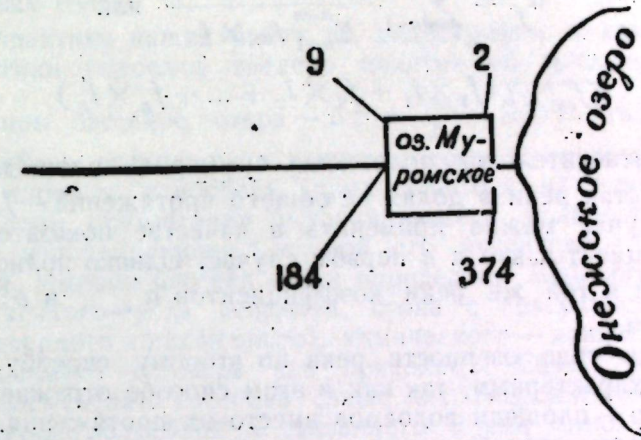


Рис. 3. Тип низового положения озер в системе р. Муромка-Гакугса (Карелия)

Цифры вверх — расстояние от устья в км;  
Цифры вниз — площадь бассейна в км².

Вычисление можно провести по трем признакам:  
а) относительного положения на реке суммарного протяжения озерных участков. Его вычисление можно провести по формуле:

$$a_{\text{лин. оз.}}^1 = \sum_{n=1}^{n-1} \frac{(l_1 \times l'_1 + l_2 \times l'_2 + \dots + l_n \times l'_n)}{\sum l_{\text{оз.}} \times L}, \text{ или} \\ \frac{1}{\sum l_{\text{оз.}} \times L} \times (l_1 \times l'_1 + l_2 \times l'_2 + \dots + l_n \times l'_n) \quad (6), \text{ где}$$

$L$  — полное протяжение реки как озерно-речной системы,  
 $\sum l_{\text{оз.}}$  — суммарное протяжение озерных участков в составе реки,  
 $l_1$  — длина участка (первого озера от верховья) — в составе реки,  
 $l'_1$  — расстояние середины этого озера от устья реки.  
 $a_{\text{лин. оз.}}$  — отвлеченное число — выражает относительное положение суммы озерных участков от устья реки в долях ее общего протяжения.

Если коэффициент менее 0,3—0,4, это указывает на низовое положение озер на рассматриваемой реке; около 0,5 — каскадное или центральное положение озер, (так, у р. Ковды он оказался 0,49) и, наконец,  $a_{\text{лин. оз.}}$  более 0,6—0,7 — позволяет отнести такую реку к типу с верховым положением озер. В этом виде показателя линей-

ной озерности отражаются только линейные размеры озер и не отражена их площадь.

б) Определение относительного положения общей площади озерных участков в составе реки; здесь можно применить формулу (6), но с заменой в ней  $l_1, \dots, l_n$  соответствующей площадью озер  $f_1, \dots, f_n$  и  $\Sigma l_{оз.}$  суммой  $\Sigma f_{оз.}$  в составе реки; значения  $l'_1, \dots, l'_n$  остаются теми же, что и в формуле (6), т. е.  $l'_1, \dots, l'_n$  обозначают расстояние середины данного озера (первого, второго от верховья к устью) до устья реки.

Для этого способа формула (6) переписывается:

$$a_f^1 = \frac{\sum_{n=1}^{n-n} (f_1 \times l'_1 + \dots + l_n \times l'_n)}{\sum_{n=1}^{n-n} f_{оз.} \times L} \quad \text{или}$$

$$\frac{1}{\Sigma f_{оз.} \times L} (f_1 \times l'_1 + f_2 \times l'_2 + \dots + f_n \times l'_n) \quad (7)$$

$a_f^1$  выражает относительное положение суммарной площади озерных участков от устья реки в долях ее общего протяжения —  $L$ .

В этом случае можно применить в качестве показателей типов те же коэффициенты, что и в первом случае. Однако полное совпадение для одной и той же реки коэффициентов  $a_{лин. оз.}$  и  $a_f^1$  обычно не имеет места.

Показатель типа озерности реки по второму способу представляется более характерным, так как в этом способе отражается более важный фактор — площади водоемов вместо их протяжения.

в) В третьем способе вычисления учитывается так же, как и во втором способе, величина площади водоемов — звеньев, но вместо расстояния середины водоемов от устья его оси-реки вводится величина водосбора, замыкаемого каждым водоемом, а общее протяжение реки заменяется общим водосбором или бассейном рассматриваемой реки. В этом способе правильнее учитывается не геометрическое положение (линейное) озер на реке, а гидрологическая значимость озер реки (в ее составе). В этом способе формула (7) преобразуется в следующую:

$$a_{F_{оз.}}^1 = \frac{\sum_{n=1}^{n-n} (f_1 \times F_1 + \dots + f_n \times F_n)}{\sum_{n=1}^{n-n} f_{оз.} \times F} \quad \text{или}$$

$$\frac{1}{\sum_{n=1}^{n-n} f \times F} (f_1 \times F_1 + \dots + f_n \times F_n) \quad (8)$$

Здесь  $F$  — полный водосбор реки (у устья),  $f_1$  — площадь озера в составе реки, первого от верховья,  $F_1$  — площадь водосбора, замыкаемого озером первым, и т. д.

$a_{F_{оз.}}^1$  выразит относительное положение суммарной площади озерных звеньев реки в ее бассейне в долях его величины, считая от устья реки. Аналогичные коэффициенты, не совпадающие для одной и той же реки, могут быть применены для характеристики типов рек озерного состава: величины его менее 0,3 — обозначают тип реки с низким положением озер-звеньев в ее водосборе, около 0,5 — тип с центральным или каскадным положением озер в бассейне реки и более 0,7 — с верховым положением озер.

Следует сказать, что независимо от автора, гидролог А. Н. Малявкин (1947) отметил значение положения главных озер в бассейне карельских рек озерного состава для режима стока. Сравнительные расчеты указанных показателей для некоторых типичных рек (Ковда, Кемь) убеждают, что более характерными являются показатели, определенные по третьему методу.

В качестве примера приводим показатели, рассчитанные по всем трем способам для р. Ковды: 0,49—0,59—0,64. Как видим, последние два способа вычисления показателей дают очень близкие значения, но большие, чем по первому способу. Эти показатели —  $a_f^1$  и  $a_f^2$  переводят р. Ковду из каскадного в переходный тип с верховым положением главных озер.

ж) В практике наших работ по гидрографии в качестве важной характеристики водоемов введено понятие об удельном водосборе или удельном бассейне озера —  $\Delta F = \frac{F_{оз.}}{f}$ . Это — отношение площади водосбора, замыкаемого данным озером, к площади его акватории, или площадь водосбора, приходящегося на единицу зеркала водоема.

Этим показателем устанавливается количественная связь водоема с непосредственной средой его питающей — бассейном или водосбором. Именно бассейн озера определяет величину поступления в водоем всякого рода вещества, стока с поверхности водосбора: жидкого, твердого (эрозионного), химического — ионного; количества тепла, вносимого в озеро его притоками. Самые притоки озера являются элементами бассейна озера, его гидрологическим выражением. Величина водосбора и связанного с ним стока всякого рода, выраженная в предлагаемом относительном виде, характеризует степень возможного влияния на жизнь водоема, его режим. Многообразные сочетания площадей озер и их водосбора в природе укладываются в спектр показателей удельного водосбора озер. Мысль о тесной связи водоема с его средой не новая. В общем виде об этой связи неоднократно указывали Науманн (1927), Г. Ю. Верещагин и др. Применение простого показателя — удельного водосбора — устраняет слишком общие разговоры о связи и переводит ее на язык конкретных числовых характеристик.

Удельный водосбор характеризует прежде всего естественную регулируемую способность водоема. Показателем способности саморегулирования притока в водоем и стока из него служит средняя годовая (многолетняя) амплитуда колебания уровня озера: чем она меньше, тем выше саморегулирующая способность водоема. Анализ этого показателя по ряду озер Карелии показывает прямую связь величины удельного водосбора с величиной средней годовой амплитуды. Чем меньше удельный водосбор озера, а значит, и величина удельного притока в него, тем оно легче справляется с его переработкой и тем меньше годовое колебание его уровня.

Связь между удельным водосбором водоемов с их аккумулярующей способностью или со средней годовой амплитудой колебания уровня водоемов, независимо от автора, указал косвенно гидролог В. С. Сумароков (1947). Такую связь он получил между коэффициентом озерности водосбора водоемов, назвав этот коэффициент, как нам кажется, не совсем правильно, коэффициентом озерного питания. Величина, обратная этому коэффициенту, обычно близка к величине удельного водосбора.

Показатель удельного водосбора есть величина по размерности

отвлеченная —  $\left(\frac{\text{км}^2}{\text{км}^2} = \frac{F}{f}\right)$ . Вместе с тем она остается физической, точнее — это гидрографическая конкретная данная — площадь общего водосбора озера, приходящаяся на 1 км<sup>2</sup> его акватории.

Для озер с малой величиной удельного водосбора лучше его определять за вычетом из него акватории самого озера, т. е.  $\Delta F'' = \frac{F-f}{f} = \frac{F}{f} - 1$ . Для водоемов с большим удельным водосбором, например, от 100 и более, выключение самого водоема не имеет значения. Например, при  $\Delta F = 100 \text{ км}^2$   $\Delta F'' = \frac{F}{f} - 1 = 100 - 1 = 99$ . Ошибка при приравнивании  $\Delta F$  к  $\Delta F''$  будет не более 1%, т. е. в пределах точности определения площади бассейна планиметрированием.

Величина удельного водосбора  $\Delta F$  для разных озер Карелии, а затем и других районов СССР укладывается в спектр точек в очень широких пределах — от 1,5—2 (по Карелии от 3—3,5) до нескольких тысяч квадратных километров.

Понятно, что показатель удельного водосбора озер различных гидрологических районов трудно сравнивать. Например, удельный водосбор оз. Свенто (Латвия) —  $\Delta F = 3,73 \text{ км}^2$  с удельной водоносностью его водосбора (модулем стока) 6,6 л и почти такой же  $\Delta F = 3,8 \text{ км}^2$  Топозера (в Карелии) с модулем стока 9,5 л несопоставимы.

Действительно, удельному водосбору оз. Свенто  $\Delta F = 3,73 \text{ км}^2$  соответствует удельный сток в  $6,6 \times 3,73 = 24,7 \text{ л/сек}$ , а у Топозера —  $9,5 \times 3,8 = 36,1 \text{ л}$ . Поэтому и гидрологическое влияние водосбора на эти озера должно быть неодинаковым. Для сравнимости показателя удельного водосбора водоемов, лежащих в районах, различных по модулю стока, можно ввести понятие приведенного удельного водосбора. Для этого заменяем величину фактического  $\Delta F$  озера другой величиной  $\Delta F'$  с удельным стоком, эквивалентным  $\Delta F$ . Для пересчета  $\Delta F$  в  $\Delta F'$  пользуемся уравнением  $\Delta F \times M_0 = \Delta F' \times M_{\text{усл}}$ ,

или  $\Delta F' = \Delta F \times \frac{M_0}{M_{\text{усл}}}$ . Здесь  $M_0$  — модуль стока водосбора озера, а  $M_{\text{усл}}$  — принятый условный единый модуль. Для простоты вычисления

коэффициента приведения  $K_{\text{прив.}} = \frac{M_0}{M_{\text{усл}}}$  удобно принять  $M_{\text{усл}} = 10 \text{ л}$ . Тогда  $\Delta F' = 0,1 \times \Delta F \times M_0$ . При этом удельный водосбор оз. Дридзе  $\Delta F = 3,73 \text{ км}^2$  с соответствующим ему удельным стоком 24,9 л можно заменить  $F' = 3,73 \times \frac{6,6}{10} = 3,73 \times 0,66 = 2,5 \text{ км}^2$  с тем же удельным стоком 24,9 л, но с условным модулем стока 10 л.

Удельный водосбор Топозера  $\Delta F = 3,8 \text{ км}^2$  с его удельным стоком в 36 л можно заменить приведенным  $\Delta F' = \Delta F \times \frac{9,5}{10} = \Delta F \times 0,95 = 3,61 \text{ км}^2$  с модулем стока 10 л и с эквивалентным стоком.

Коэффициент приведения для пересчета  $\Delta F$  в  $\Delta F'$  выражается простой величиной:  $\frac{M_0}{M_{\text{усл}}} = \frac{M_0}{10} = 0,1 M_0$ . Следовательно, если модуль стока водосбора озера  $M_0 = 10$ , коэффициент приведения будет равен единице, т. е. величина приведенного удельного водосбора совпадает с фактическим —  $\Delta F' = \Delta F$ . Если модуль стока  $M_0$  оказывается

более 10 л, то и коэффициент приведения будет более 1,0 и, наоборот, при  $M_0 < 10 \text{ л}$  и коэффициент приведения окажется меньше единицы.

Модуль стока  $M_0$  водосбора озера может быть достаточно точно получен из порайонных справочников по водным ресурсам СССР или из картограмм изолиний модуля стока СССР Б. Д. Зайкова в издании Государственного гидрологического института, 1946, или по региональным; более подробным таким картам, составленным по некоторым республикам и областям СССР.

Приведем несколько примеров определения показателя удельного водосбора фактического и приведенного для нескольких крупных водоемов разных районов СССР и за его пределами:

1. Оз. Телецкое (Алтай) — площадь озера (зеркала) 230,6 км<sup>2</sup>, удельный водосбор  $\Delta F = 90 \text{ км}^2$ , модуль стока его водосбора — 11,7 л, с удельным стоком  $11,7 \times 90 = 1053 \text{ л}$ , приведенный  $\Delta F' = 105,3 \text{ км}^2$ ; с тем же удельным стоком; годовая амплитуда колебания уровня — 3,15—4,9 м.

2. Оз. Марка-Куль (горный Алтай) — площадь 454 км<sup>2</sup>, удельный водосбор  $\Delta F = 2,6 \text{ км}^2$ , модуль стока водосбора  $M_0 = 9,8 \text{ л}$ , приведенный  $\Delta F' = 2,55 \text{ км}^2$ , коэффициент приведения 0,98.

3. Оз. Байкал — площадь зеркала 30760 км<sup>2</sup>, удельный водосбор 18,8 км<sup>2</sup>, модуль стока водосбора 2,5 л и удельный сток 47 л, приведенный  $\Delta F' = 4,7 \text{ км}^2$  с тем же удельным стоком 47 л, коэффициент приведения 0,25.

4. Оз. Сайма (Финляндия) — площадь 4435 км<sup>2</sup>, удельный водосбор — 14,0 км<sup>2</sup>, модуль стока водосбора — 9,7 л, приведенный  $\Delta F' = 13,58 \approx 13,6 \text{ км}^2$ , коэффициент приведения 0,97.

На этих примерах, особенно на примере Байкала, видно, как существенно может отличаться приведенный удельный водосбор от фактического. Замена фактического удельного водосбора  $\Delta F$  водоемов приведенным удельным водосборам  $\Delta F'$  переводит этот показатель из показателя чисто гидрографического в гидрологический. По существу показатель  $\Delta F'$  превращается в показатель водоносности удельного водосбора озера при умножении его на 10:  $\Delta V_0 = \Delta F \times M_0 = \Delta F' \times 10$ , где  $\Delta V_0$  — удельный сток в литрах в секунду,  $M_0$  — модуль стока водосбора озера.

Введя множитель  $31,54 \times 10^6$  — число секунд в году, и 0,001 — для пересчета на м<sup>3</sup>, можно перевести  $\Delta F'$  или  $\Delta F$  в  $\Delta V_0$ :  $\Delta V_0 = \Delta F \times M_0 \times 31,54 \times 10^6 \times 0,001 = \Delta F \times M_0 \cdot 31,54 \times 10^3$  или  $\Delta V_0 = \Delta F' \times 31,54 \times 10^3 = \Delta F' \times 31,54 \times 10^4 \dots$  (9). Это удельный объем среднего (многолетнего) годового стока на 1 км<sup>2</sup> зеркала озера с его водосбора. Этот последний показатель  $\Delta V_0$ , связанный с модулем стока  $M_0$  бассейна водоема, в отличие от удельного водосбора как гидрографического показателя, неизменного и не зависящего от времени, есть величина вполне определенная только в многолетнем разрезе. В отдельные же годы  $\Delta V_0$  отражает изменчивость водности этих лет. Величина  $\Delta V_0$ , как и  $M_0$ , подвержена изменению, характеризуемому гидрологическими коэффициентами —  $C_v$  — вариации и  $C_s$  асимметрии. Подобно  $M_0$  — модулю стока, подчиненному закону географической зональности, и эти коэффициенты, с которыми связана изменчивость годового притока в озеро с его водосбора, также связаны с зональностью.

Так, с удельным водосбором связаны прямой зависимостью величина удельного и общего притока в озеро и его влияние на водоем. Степень влияния, наслаивающегося на собственный режим водоема, определяемый его внутренними чертами, с его периодичностью количественного характера, оказывается также периодически изменчивой.

3) Другим показателем, не менее важным для гидрологической классификации водоемов, в некоторой степени производным от первого  $\Delta F$  и  $\Delta F'$ , может быть ранее предложенный нами показатель условного водообмена или сменности объема озера —  $a_{\text{вод.}}$ . Он представляет собою отношение объема среднегодового притока в озеро (или приближенно стока из него) с его водосбора  $V_0$  к объему самого водоема —  $W$ , т. е.  $a_{\text{вод.}} = \frac{V_0}{W}$ . Здесь  $V_0$  — объем среднегодового стока водосбора озера вычисляется по величине площади водосбора водоема и модулю стока  $M_0$ .

Показатель условного водообмена или сменности объема озера приточными водами указывает, какую долю от объема воды самого водоема составляет объем притока в него и, следовательно, каково возможное влияние приточных вод на режим озера. Обратная величина  $\frac{1}{a_{\text{вод.}}} = \frac{W}{V_0}$  обозначает условное число лет „средней водности“, в течение которых весь объем воды озера мог бы смениться за счет притока в озеро с его водосбора, в условном допущении, что весь объем озера принимает участие в такой смене.

Показатель  $a_{\text{вод.}}$  колеблется по отдельным озерам, как показали наши расчеты, в очень широких пределах — от 0,1 и менее до 300 и более для малых проточных озер. Так, для Онежского озера  $a_{\text{вод.}} \approx 0,06$ , а у оз. Марка-Куль (Алтай) — по приближенным подсчетам порядка даже 0,02. У оз. Алуксне (Латвия)  $a_{\text{вод.}} = 0,05$ .

Такое малое значение показателя условного водообмена указывает в общем на ничтожную роль стока или притока в озеро (в среднегодовом разрезе) на жизнь водоема. Гидрологические и биологические свойства такого водоема определяются его внутренними чертами — морфологией (площадь, глубины, объем) и географическим положением (климатический фактор). Влияние приточных вод должно носить очень ограниченный, узко местный характер, в зоне устьев более значительных притоков, в прибрежной зоне.

Обратное положение характеризует высокий показатель  $a_{\text{вод.}}$ , например, 342 у оз. Шаверы в бассейне р. Лендерки (Зап. Карелия). Оно обозначает, что в среднем объем водной массы этого озера мог бы сменяться ежедневно быстрее в весеннее время паводковых вод и замедляясь в меженное время лета, зимы. Делается ясным, даже с введением поправок на участие в смене вод озера не всего его объема, что такое озеро, как Шаверы, является лишь плесом протекающей через него главной реки, повторяя в своем режиме гидрологический режим этой реки. Мы позволяем себе применить к этим двум крайним гидрологическим типам водоемов, характеризуемым показателем  $a_{\text{вод.}}$ , определения их режимов, как *автохтонного* в первом случае, т. е. определяемого преимущественно его собственными, внутренними чертами, и *аллохтонного* для второго, или как типа, режим которого зависит главным образом от внешней среды — водосбора озера.

Вычисления, сделанные нами для большого числа водоемов Карелии и других районов СССР, частью и за его границами, показали, что очень большое количество озер, например, Карелии, имеют  $a_{\text{вод.}}$  в пределах 0,5—5—10. Эту зону условно, по-видимому, и можно считать зоной средних значений  $a_{\text{вод.}}$ . Вопрос о показателе условного водообмена озер различных районов СССР и других стран, их распределении, ввиду его обширности, здесь не развиваем, считая его предметом особого исследования.

Формула, определяющая величину показателя условного водообмена  $a_{\text{вод.}} = \frac{V_0}{W}$ , позволяет сделать ряд следующих выводов:

1) знаменатель  $W$  — объем озера можно считать в среднем годовом состоянии практически величиной постоянной для данного водоема;

2) числитель  $V_0 = F \times M_0 \times 31,54 \times 10^3 M^3$  зависит от модуля стока  $M_0$  — величины определенной, близкой к постоянной только в многолетнем разрезе; следовательно, и  $a_{\text{вод.}}$ , зависящий от числителя, следует считать определенным гидрологическим показателем, средним для многолетнего периода;

3) так как объем притока в озеро —  $V_0$ , пропорциональный  $M_0$  — модулю стока, может колебаться в довольно значительных пределах в годы разной водности, определяемых модульными коэффициентами этих лет (от 1,6—1,8 по отношению к „среднему“ году для годов многоводных (до 0,5—0,7 от „среднего“ года в маловодные годы), то в тех же отношениях будет изменяться и показатель условного водообмена в отдельные годы, то увеличиваясь в многоводные годы, выражая собою увеличение влияния приточных вод на режим озера в такой многоводный год, то уменьшаясь в маловодный год, т. е. свидетельствуя о снижении влияния приточных вод на режим водоема в маловодный год;

4) объем годового притока, соответствующий среднегодовому расходу воды общего притока, как известно, не является равномерным внутри года, а подвержен значительным колебаниям по сезонам и месяцам года; следовательно, с внутригодовой или сезонной изменчивостью притока в озеро должно измениться и посезонное влияние приточных вод на водоем.

и) Конечно, действительная схема смены водных масс водоемов приточными водами является более сложной. Здесь оказывают влияние дрейфовые явления — от ветрового влияния, конвекционное перемешивание, силы Кориолиса. Особенно это сложно в озерах с малым и очень малым показателем условного водообмена. В зависимости от величины — абсолютной и относительной — объема приточных вод — и положения входа приточных вод в озеро часто возможно наметить и установить наблюдениями (термики, гидрохимическими) зоны наибольшего обменного движения приточных вод — и наименьшего, участки озера, слабо участвующие в водообменном движении. Первую мы называем активной зоной, вторые — зоной или участками — пассивными или полупассивными. Эти термины и понятия заимствованы нами из теории и расчета охлаждающих прудов (холодильников) мощных тепловых электростанций (ЭС) с так называемым обратным водоснабжением (Бернацкий, 1930).

к) В распределении потоков приточных вод в озере, в определении их вероятного направления, при выделении активной и пассивных (полупассивных) зон водообмена во многих случаях решающее значе-

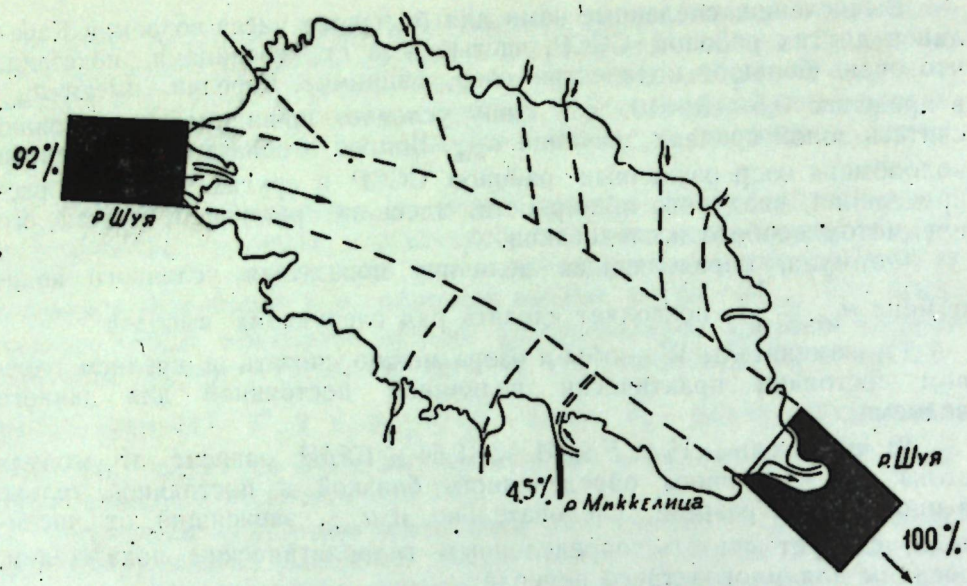


Рис. 4. Тип продольно-осевой приточности и проточности Шотозера (бассейн р. Шуи — Карелия)

ние имеют схемы или типы распределения приточности и проточности озер.

Можно наметить следующие основные типы приточности и проточности в водоемах.

1) Продольная приточность и проточность, когда направление входа и выхода основного притока — реки в проточном водоеме — совпадает с главной осью озера. Примером может служить большое проточное оз. Шотозеро в составе р. Шуи (Карелия); его площадь 74,04 км<sup>2</sup>, площадь водосбора в истоке из него р. Шуи — 5548 км<sup>2</sup> и удельный водосбор 75 км<sup>2</sup>; средний годовой объем (и расход) приточных вод р. Шуи — 1640 млн. м<sup>3</sup>, тоже — годового стока — 1759 млн. м<sup>3</sup>; объем озера — 228 млн. м<sup>3</sup>; показатель условного водообмена — 7,7. Приток в Шотозеро с его частного водосбора составляет 8% от общего притока в водоем, т. е. определяющим является приток вод р. Шуи (рис. 4). По условиям распределения глубин течение в озере прижимается ближе к юго-западному берегу. В озере этого типа всю площадь (или почти всю) водоема можно отнести к зоне активного водообмена.

2) Поперечная приточность — проточность — преобладающая часть приточных вод, в виде главного притока, и место истока реки из озера направлено в крест простирания главной оси водоема. Примером этого редкого типа может служить оз. Елмозеро в Карелии (рис. 5). Схема

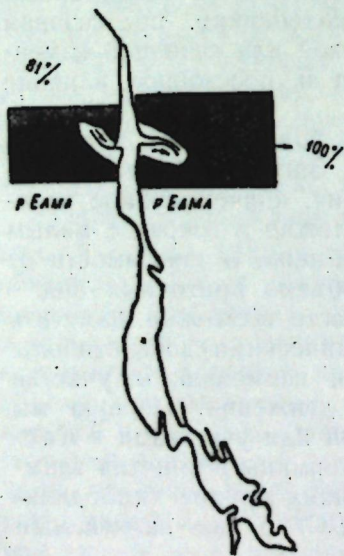


Рис. 5. Тип поперечной приточности и проточности Елмозера (бассейн р. Выга — Карелия)

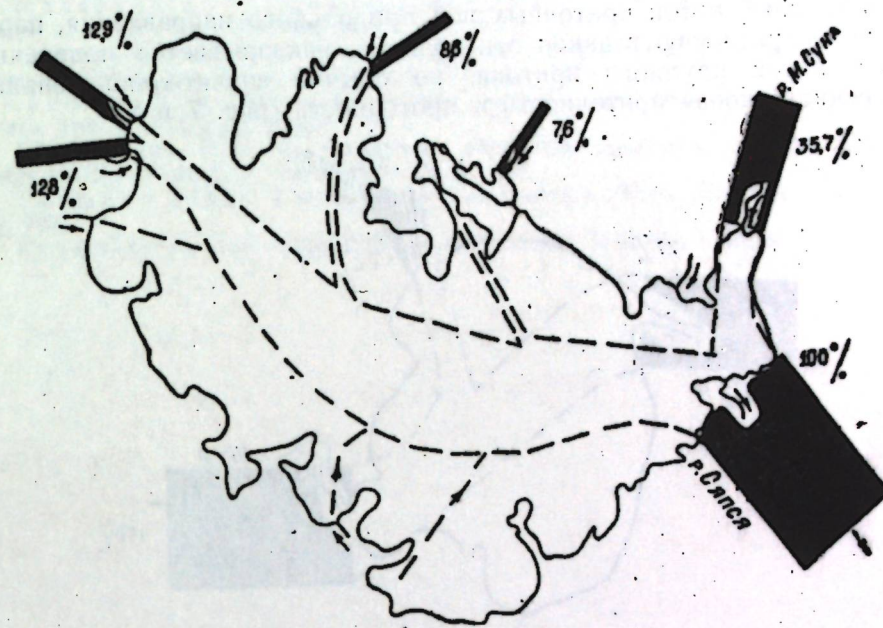


Рис. 6. Тип полукольцевой приточности Сумозера (бассейн р. Шуи — Карелия)

распределения его приточности и проточности не нуждается в пояснении. В этом крупном озере Карелии (площадь 55,9 км<sup>2</sup>, удельный водосбор 6,8 км<sup>2</sup>) его малая величина показателя условного водообмена 0,15, как средняя по озеру, не характеризует озера в целом. Главный поток приточных вод (р. Елмы) как бы рассекает озеро на самостоятельные части, каждая с собственным, еще более низким показателем водообмена.

Процесс сменности вод этого озера несомненно происходит более сложным путем. Активной зоной можно считать узкий участок потока устья Верхней Елмы до истока Елмы, остальные участки можно отнести к полупассивным зонам.

3) Кольцевая приточность озера, когда притоки его, более или менее одинаковые по величине их водосбора, распределены относительно равномерно по побережью водоема. Наиболее ярко такой тип бывает выражен у водоемов формы, приближающейся к круглой или короткоовальной — малой удлиненности. В этом случае характер проточности может быть установлен только путем непосредственных наблюдений и исследований.

Кроме перечисленных трех чистых типов, наблюдаются многочисленные смешанные типы проточности по отношению к месту выхода реки из озера: полукольцевой, продольно-поперечный, ког-

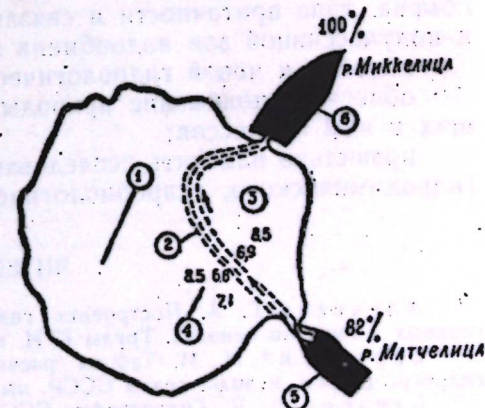


Рис. 7. Тип поперечно-боковой приточности — оз. Миккельское (бассейн р. Шуи — Карелия)

1 — пассивная зона водообмена; 2 — зона активной проточности; 3 — зона полупассивного водообмена; 4 — значения pH по разрезу; 5 — среднегодовой сток р. Матчелицы (60×10<sup>6</sup> м<sup>3</sup>); 6 — среднегодовой сток из озера (73×10<sup>6</sup> м<sup>3</sup>).

да на главный поток приточных вод продольного направления, параллельно направлению главной оси водоема, накладывается поперечный к ней поток крупного притока, но обычно значительно меньший; поперечно-боковая приточность и проточность (рис. 7 и 8).

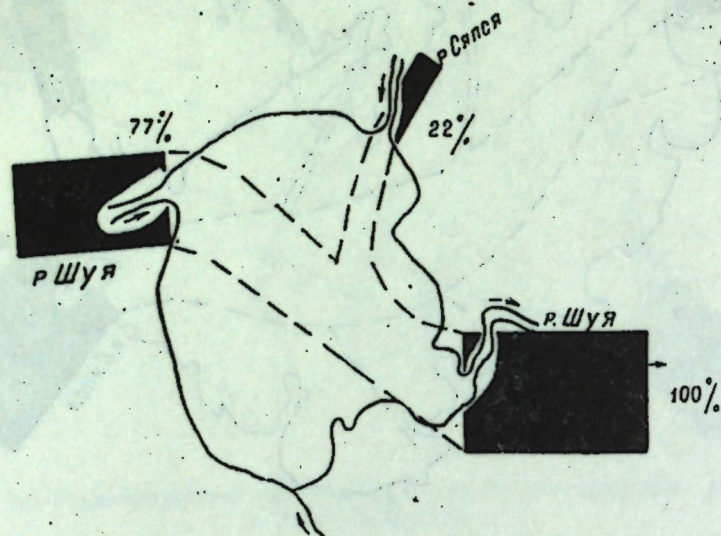


Рис. 8. Тип продольно-поперечной приточности и проточности оз. Вагат (бассейн р. Шуи)

В каждом отдельном случае можно построить схему приточности водоема и наметить зоны активного и полупассивного водообмена. Эти зоны во многих случаях хорошо проверяются гидрохимическими и термическими разрезами (см. рис. 7).

#### ВЫВОДЫ

Введение предлагаемых понятий — линейной и приведенной озерности бассейнов, удельного водосбора водоема, его условного водообмена, типа приточности и связанных с ним проточности, активной и полупассивной зон водообмена позволяет:

- подойти к новой гидрологической классификации озер;
- облегчает понимание природы водоема и направления происходящих в нем процессов;
- правильно наметить исследование его режима — гидрологического, гидрохимического, гидробиологического.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев Г. А. Построение гидрографов паводков на основе расчета трех главных элементов паводка. Труды ГГИ, вып. 43/97, 1954.  
 Бернацкий Н. М. Теория расчета прудов-холодильников. Материалы по гидрогр., гидрол. и водн. силам СССР, вып. 5. Гос. техн. изд., Л., 1930.  
 Близняк Е. В. Гидрография СССР. Гидрометеониздат, М.—Л., 1945.  
 Григорьев С. В. Гидрография рек и озер Карелии. Рукопись. Архив Кар. филиала АН СССР. Петрозаводск, 1948.  
 Григорьев С. В., Грицевская Г. Л. Каталог озер Карелии (в печати). Изд. АН СССР. М.—Л., 1958.  
 Даль Вл. Толковый словарь живого русского языка. 6-е изд., 1955.  
 Книга Большому Чертежу. Подготовка к печати и ред. К. Н. Сербинской. Изд. АН СССР. М.—Л., 1950.

Малявкин А. Н. Геолого-гидрологический очерк Карелии и характеристика речного стока. Уч. зап. КФ Гос. ун-та, т. I, 1947.

Наумани Э. Цель и основные проблемы региональной лимнологии (в русск. переводе). Труды Косинской биол. станции, вып. 6, 1927.

Соколов А. А. Максимальный сток рек с озерным питанием и методика его расчета. Труды ГГИ, вып. 50 (104), 1955.

Сумароков В. С. Среднегодовые амплитуды колебания уровня водоемов Севера СССР. «Метеор. и гидрология», № 6, 1947.

Naumann Einar. Limnologische Terminologie. Wien, Urban u. Schwarzenberg, 1931.

Renquist H. Den vägda sjöprocenten. «Terra», Helsinki, 1937, № 3.

Л. К. ПОПЕНКО

## ОЗЕРО ТИКШОЗЕРО

Проводимые летом 1951 г. гидрологические исследования Тикшозера являлись частью комплексного изучения с целью составления рыбопромыслового атласа. Работа эта была выполнена Карельским филиалом АН СССР по заданию правительства СССР. Предлагаемый очерк является обобщением гидрологических и гидрографических материалов (Попенко, 1952) с использованием имеющихся по данному району источников (Бискэ, 1949; Неустроев, 1938).

Общие сведения. Тикшозеро — третий по площади водоем Лоухского района КАССР (площадь озера 232,4 км<sup>2</sup>) и девятое по величине среди озер Карелии, расположено в северо-восточной части района и непосредственно граничит с Мурманской областью. Северное побережье озера находится в 20 км южнее Северного Полярного круга. Условный центр озера отстоит на 80—90 км от западного побережья Кандалакшской губы Белого моря и имеет географические координаты: 66°15' с. ш. и 31°50' в. д.

Бассейн озера охватывает территорию в 1055,8 км<sup>2</sup> и находится в пределах 66°02'—66°25' с. ш. и 31°15'—32°15' в. д. Почти полностью он входит в состав Лоухского района КАССР и лишь незначительная северо-восточная его часть относится к Мурманской области (рис. 1).

Территория бассейна расположена на отрогах Западно-Карельской возвышенности, являющейся продолжением Фенно-Скандинавской горной системы. Коренные породы представлены в основном кристаллическими сланцами и гранитом, образование которых относится к периоду карельской складчатости.

Современный рельеф развился на фундаменте древнего пенеплена, деформированного позднейшим эрозионно-аккумулятивным ледниковым воздействием. Район бассейна несет черты ледникового ландшафта и характеризуется округлыми холмами, нередко образующими грядообразные цепи, понижения между которыми заполнены торфяно-болотистыми массивами и озерами всевозможных размеров. Отдельные возвышенности, расположенные внутри бассейна и по водораздельной его линии, поднимаются над прилегающей местностью на 80—100 м. Весь бассейн озера расположен на 110—380 м над уровнем моря; средняя высота бассейна около 135 м.

Для характеристики климата использовались данные метеорологических станций в селах Кестеньга и Лоухи, расположенных от озера почти на одном расстоянии — около 70 км: Кестеньга — юго-западнее, Лоухи — юго-восточнее. Предпочтение отдано станции в Лоухах, как имеющей более длительный ряд наблюдений и более высокий класс. В районе бассейна озера метеорологической станции нет.

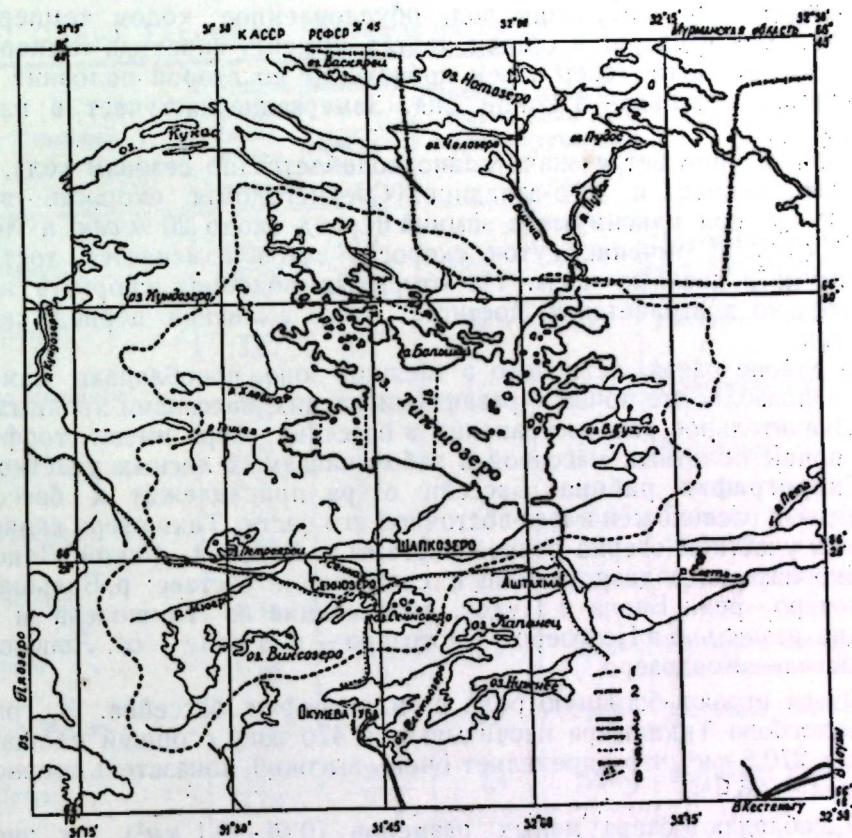


Рис. 1. Карта бассейна Тикшозера

1 — водосборная граница бассейна озера; 2 — граница КАССР; 3 — железная дорога; 4 — грунтовая улучшенная дорога; 6 — тропа; 7 — дорога-гать; 8 — термический профиль.

Умеренно холодный климат бассейна озера, обусловленный значительной широтой местности, характеризуется относительно теплой зимой и умеренно теплым летом. Основными чертами климата бассейна являются: большая среднегодовая влажность (80%), низкая среднегодовая температура воздуха (около 0°), при наибольшей летней температуре +32° и самой низкой в зимний период —47°, норма годовых осадков около 450 мм, из которых большая часть выпадает в теплый период года.

В районе озера продолжительность безморозного периода в среднем составляет 80 дней; средняя дата последнего мороза относится к началу июня, а первого мороза — к концу августа — началу сентября. Снежный покров держится в среднем 185 дней, начинаясь в середине октября и сохраняясь до середины мая (табл. 1).

Таблица 1

Даты установления и схода снежного покрова

Пункт	Число дней со снежным покровом	Начало снежного покрова среднее	Конец снежного покрова	Начало устойчивого покрова			Конец устойчивого покрова		
				среднее	раннее	позднее	средний	ранний	поздний
Лоухи	184	11/X	8/V	11/XI	—	21/XII	4/V	17/IV	16/V
Кестеньга	186	11/X	14/V	15/XI	19/X	23/XII	1/V	12/IV	25/V

Вскрытие и замерзание вод, обусловленное ходом температур воздуха, соответствует в общих чертах моменту перехода температур через 5°. Вскрытие озер и рек происходит во второй половине мая, а очищение ото льда—в конце мая. Замерзание наступает в начале ноября.

Направление ветра значительно колеблется по сезонам года, преобладает южное и юго-западное. Среднегодовая скорость ветра 3—4 м/сек, при максимуме в зимний период около 20 м/сек и летом до 15 м/сек. В течение суток скорость ветра изменяется, достигая максимума в дневные часы. На открытых водоемах скорость ветра значительно повышается и достигает даже в летний период свыше 20 м/сек.

В районе озера, лежащего в таежной зоне, преобладают каменистые и подзолистые почвы с развитыми на них массивами хвойных лесов. Значительное распространение в бассейне озера имеют торфянистые почвы болотных массивов и заболачиваемых лесных участков.

**Гидрография района.** Бассейн озера принадлежит к бассейну р. Ковды и расположен в юго-восточной его части. Тикшозеро является озерным участком озерно-речной системы р. Лопской. Рекой Лопской условно названа водная система в следующем составе: р. Большая—Тикшозеро—реки Винча и Пудос, вытекающие из Тикшозера и впадающие раздельно в Нотозеро:—Нотозеро—р. Тюлле—оз. Лопское—р. Лопская—Ковдозеро.

Озера играют большую роль в гидрографии бассейна. В границах водосбора Тикшозера насчитывается 470 озер с общей площадью зеркала 270,8 км<sup>2</sup>, что определяет очень высокий показатель озерности бассейна—26,3%.

Преобладают озера малых размеров (0,01—0,1 км<sup>2</sup>), их насчитывается 401, при общей площади 9,21 км<sup>2</sup>. Большая часть малых озер не имеет видимого стока. Озер с площадью зеркала 1 км<sup>2</sup> и более в бассейне Тикшозера всего 12, но площадь их составляет 243,8 км<sup>2</sup>, или 88% от суммы всех площадей озер (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Распределение озер и их площадей в бассейне Тикшозера<sup>1</sup>

Озера	Число озер	Суммарная площадь зеркала (км <sup>2</sup> )	Озера с площадью (км <sup>2</sup> )								Площадь водосбора (км <sup>2</sup> )	Озерность (%)
			5 и выше		1—4,99		0,1—0,99		0,01—0,09			
			число	сумма площадей	число	сумма площадей	число	сумма площадей	число	сумма площадей		
Сточные	470	270,78	2	221,78	10	22,03	57	17,76	401	9,21	1055,8	26,3
Бессточные	376	—	0	0	1	3,35	26	—	349	—	—	—

Речная сеть на территории бассейна представлена многочисленными порожистыми речными потоками, протекающими в большинстве случаев через ряд озер. Сведения о реках бассейна, протяжением более 10 км, приводятся в табл. 4

<sup>1</sup>По данным каталога озер Карелии (Григорьев и Грицевская, 1957).

Таблица 3

Озера бассейна Тикшозера площадью свыше 1 км<sup>2</sup>

Название	Площадь озера (км <sup>2</sup> ) общая зеркала	Большая ось наибольшая длина (км)	Наибольшая ширина (км)	Отметка уровня воды над уровнем моря (м)	Река, протекающая или вытекающая из озера
Сеннозеро . . . . .	13,40 13,00	8,9 9,1	3,4	135,2	Вытекает Сенная
Кухто Большое . . . . .	3,66 3,66	4,0 4,0	1,7	126,9	Протекает Кухтозерка
Петроярви . . . . .	3,60 3,35	4,4 4,4	1,1	157,5	Бессточное
Виксозеро . . . . .	3,23 2,84	5,1 5,8	1,7	145,0	Протекает река без названия
Шапкозеро . . . . .	2,44 2,44	2,3 2,3	1,8	126,4	Протекает Большая
Сиговое . . . . .	2,08 2,08	4,6 4,6	1,3	126,0	Проток в озеро без названия
Кухто Малое . . . . .	2,07 2,02	3,1 3,2	1,9	129,4	Вытекает Сяргиеки
Левиска . . . . .	1,66 1,66	2,2 2,2	1,4	129,5	Вытекает Хлебная
Степаново . . . . .	1,52 1,52	2,0 2,5	1,0	116,0	Протока в Тикшозеро
Ромбак . . . . .	1,30 1,26	3,2 3,4	0,8	142,2	Протекает Мюгра
Без названия . . . . .	1,22 1,20	3,1 3,15	1,1	155,1	Протекает Мельничная

Таблица 4

Реки бассейна Тикшозера длиной свыше 10 км

Название реки	Куда впадает	Высота над уровнем моря (м)		Длина реки (км)		Площадь водосбора (км <sup>2</sup> )
		устья	истока	общая	озерных участков	
Большая (Лопская)	Тикшозеро	111,2	150 <sup>1</sup>	30	12,5	314,2
Без названия	Река Большая (Мюгра)	140,0 <sup>1</sup>	150 <sup>1</sup>	13	5,3	46,0 <sup>2</sup>
Без названия	Река без названия № 2	142,0 <sup>1</sup>	150 <sup>1</sup>	15	6,7	51,8
Хлебная	Тикшозеро	111,2	135 <sup>1</sup>	14	1,0	81,3
Сяргиеки	Тикшозеро	111,2	130	11	2,4	36,3

<sup>1</sup> Величина приближенная.

<sup>2</sup> Исключая площадь притока (реку № 3).

Более значительны по водоносности притоки Тикшозера: Большая (Лопская), Хлебная и Тошяя. Удельный вес их суммарного среднего годового стока воды в озеро составляет около 70%. Сток воды в Тикшозеро происходит из северо-восточной части озера, где берут начало реки Винча и Пудос, впадающие раздельно в Нотозеро.

До Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. находились три населенных пункта непосредственно на берегу Тикшозера (Хлебнаволок, Притчаостров и Тикшозеро) и хутор Леманкаварака (в 5 км от юго-восточной части озера. В период оккупации они были уничтожены. За последние годы возникли новые населенные пункты. Наиболее крупный — Аштахма. Здесь сосредоточены жилые дома и управление лесозаготовительного участка Кестеньгского леспромхоза. Отсюда ведётся руководство всеми лесозаготовительными работами, производимыми в бассейне Тикшозера и в соседнем с ним бассейне р. Елеть-Кереть. На острове Большом и в верховьях восточных притоков Тикшозера тоже возводятся поселки для лесорубов.

Ближайшим (70 км по грунтовой дороге) населенным пунктом является бывший районный центр с. Кестеньга. Приблизительно на таком же расстоянии, но к востоку от озера, находится центр Лоухского района — с. Лоухи, при крупной железнодорожной станции того же названия на Кировской железной дороге.

Основные занятия местного населения — рыболовство (в районе имеется несколько рыболовецких колхозов) и лесозаготовки.

Дорожная сеть в районе озера почти отсутствует. От 34-го км автодороги Лоухи — Кестеньга к озеру отходит грунтовая дорога на пос. Аштахма. Из Аштахмы к берегу Тикшозера сообщение возможно только на волокушах по гати, проходящей через болотный массив.

Параллельно тракту, от железнодорожной станции Лоухи к Кестеньге, проходит одноколейное железнодорожное полотно. В настоящее время ветка на Кестеньгу не восстановлена.

Морфометрия и гидрология озера. Исходными картографическими материалами для полевых и камеральных работ являлись имеющиеся топографические карты.

Названия островов, мысов, заливов, губ и других местных ориентиров получены в результате опросов местных жителей-рыбаков, частично по топографической карте. Число островов, их положение уточнено во время полевых работ. По данным топографической карты, на озере значится 202 острова, после проверки экспедицией их оказалось 342 (табл. 5).

Площадь всех островов — 23,7 км<sup>2</sup>. На долю более крупных, с площадью от 0,1 км<sup>2</sup> и более, приходится 21,3 км<sup>2</sup>, а площадь остальных островов, число которых 317, составляет всего 2,4 км<sup>2</sup>.

Общее число всех притоков озера — 20. Половина из них представляет собой ручейки, берущие начало из ближайших к берегу озер или болот. Водосбор таких притоков исчисляется в несколько квадратных километров и редко достигает 10 км<sup>2</sup>. Наиболее крупные притоки помещены в табл. 6.

Большинство притоков имеет в устье ширину 12—25 м, с низкими (0,2—0,3 м) берегами и глубинами в 2—4 м.

Тикшозеро имеет вид скошенного параллелограмма с неправильными сторонами, вытянутого с юго-востока на северо-запад и клинообразным сужением в юго-восточной части.

Наибольшая длина озера — от юго-восточного залива оз. Сяргилакши до северо-западной оконечности озера — составляет 26,7 км; наибольшая ширина озера — 16 км.

Таблица 5

## Наиболее крупные острова Тикшозера

Название острова	Площадь (км <sup>2</sup> )	Положение в озере
Большой (Притча) . . . . .	11,65	Центр. часть озера
Кангас . . . . .	2,32	К зап. от Большого
Келкала . . . . .	1,43	К сев. от о-ва Кангас
Ваара . . . . .	0,96	В вост. части озера
Теппан . . . . .	0,74	В сев.-вост. части
Митькан . . . . .	0,52	В вост. части
Хаукка . . . . .	0,52	К сев. от устья р. Большой
Поросурни . . . . .	0,43	Между о-вами Ваара и Большим
Койра . . . . .	0,29	В сев.-зап. части
Паварии . . . . .	0,26	К юго-зап. от о-ва Кангас
Уккон . . . . .	0,26	В зап. части, к зап. от о-ва Митькан
Лауккун . . . . .	0,26	К югу от о-ва Митькан
Без названия . . . . .	0,19	В сев. части, к сев. от о-ва Большого
Карьялан . . . . .	0,17	К зап. от о-ва Кангас
Дьеккон . . . . .	0,17	К зап. от о-ва Кангас
Ламмас . . . . .	0,17	К сев. от Харвалакши
Пимеа . . . . .	0,14	В вост. части, к югу от о-ва Лауккун
Палакота . . . . .	0,14	В зап. части, к зап. от о-ва Кангас
Без названия . . . . .	0,14	К сев.-вост. от о-ва Большого
Ухтеини . . . . .	0,12	В сев.-зап. части
Рихи . . . . .	0,12	К зап. от о-ва Кангас
Без названия . . . . .	0,10	К сев. от о-ва Палакота
Урос . . . . .	0,10	К зап. от о-ва Кангас
Каухеа . . . . .	0,10	К юго-зап. от о-ва Кангас

Береговая линия озера значительно изрезана и расчленена заливами и губами в северной, восточной и западной частях озера; южный берег относительно правильный и мало изрезан.

Большая часть губ и заливов, мысов озера и островов имеет северо-западное простираение. Но встречаются формы, перпендикулярные этому простираению с северо-восточной ориентировкой. К ним относится ряд островов и заливов северо-западной и восточной частей озера, а также северо-восточная губа озера, оканчивающаяся на севере истоками рек Винча и Пудос.

Наиболее изрезана береговая линия северо-западной части озера. Здесь наблюдается чередование многочисленных узких, вытянутых заливов, губ и мысов. В северо-восточной части озера изрезанность береговой линии также значительна, но она определяется сравнительно небольшим числом крупных губ и заливов.

Северное побережье озера имеет небольшую расчлененность береговой линии; здесь слабо выпуклые участки изредка сменяются немногочисленными заливами озера. Сравнительно прямолинейную береговую линию с незначительным числом слабо вдающихся в сушу заливов имеет южное побережье озера.

Общая протяженность береговой линии озера — 204 км; коэффициент изрезанности берега — 4, а с учетом береговой линии островов он увеличивается до 7. Расчлененность акватории озера определяют многочисленные острова, сконцентрированные преимущественно в северо-западной части озера. К западу от острова Большого расположено около двух третей общего числа всех островов.

Таблица 6

Притоки Тикшозера длиной свыше 5 км.

Название реки	Площадь водосбора (км <sup>2</sup> )	Высота истока над уровнем моря (м)	Общая длина реки (км)	Длина озера в составе реки (км)	Среднегодовой расход реки (м <sup>3</sup> /сек) <sup>1</sup>
Большая (Лопская) . . . . .	314,2	150	30	12,5	3,78
Тошя . . . . .	63,0	157	8,5	—	0,75
Хлебная . . . . .	81,3	135	14	1,0	0,98
Без названия . . . . .	30,0	160	9	4,7	0,36
Мельничная . . . . .	30,7	—	6	1,8	0,37
Луйкоёки . . . . .	25,7	140	7	0,8	0,31
Кухтозерка <sup>2</sup> . . . . .	47,8	130	9	5,1	0,57
Сяргиеки . . . . .	36,3	130	11	2,4	0,42
Майюёки . . . . .	16,4	135	9	0,5	0,20

Различное очертание островов, разнообразие их размеров и ориентировки, отсутствие закономерности в их распределении по озеру создают очень пеструю и сложную форму зеркала воды этой части озера, значительно затрудняя ориентировку на озере. Острова восточной части озера более крупные по своим размерам и располагаются двумя параллельными цепочками вдоль восточного берега Тикшозера.

Между островом Большим и южным берегом озера расположен центральный плес, представляющий собой открытую, с небольшим числом островов, водную поверхность длиной до 20 и шириной 8 км.

Разнообразие берегов обусловлено прилегающей к озеру местностью, ее строением и происхождением. Значительная часть побережья озера сложена кристаллическими коренными породами. Коренные породы разбиты трещинами и разломами, частично обнажены, частично покрыты тонким почвенным покровом, на котором развита преимущественно хвойная растительность. Отдельные возвышенности, расположенные вблизи берега озера, имеют крутые склоны (до 25—30°), подходящие к самому урезу воды.

На озере выделяются три основных типа берегов: скалистые, валунные и низкие заболоченные.

Высокие скалистые берега на озере представлены в виде крутых и обрывистых выходов коренных пород высотой 3—10 м, либо в виде отдельных скалистых глыб — „бараньих лбов“ высотой 3—15 м и протяжением до 50 м. Значительно чаще встречаются невысокие (1—2 м) каменистые берега, полого уходящие под воду.

Валунные берега, сложенные валунами диаметром 0,3—1 м, обна-

<sup>1</sup> Подсчитан по модулю стока, оцениваемому в 12 л с 1 км<sup>2</sup>/сек.

<sup>2</sup> Реки Кухтозерка, Сиговая и Холды в верховьях своих имеют озера, соединяющиеся между собой речными протоками. Данные приводятся для Кухтозерки. Площадь водосбора и объем годового стока даны общие для трех рек.

жены до линии высоких вод, а выше ее задернованы и покрыты древесной и луговой растительностью. Валунные берега имеют высоту 2—4 м; распространение их незначительное.

Невысокие пологие валунно-галечные берега сложены валунами и галькой от 2—10 см до 0,3—0,8 м. В губах и заливах озера преобладают низкие, частично заболоченные берега. Лес на этих участках частично затоплен до высоты 0,3 м, ввиду подъема уровня воды в озере плотинами в истоках рек Винча и Пудос.

В северной части озера преобладают острова, сложенные коренными породами. Берега их каменистые, высотой до 1,5—2 м, круто уходящие под воду. Валунные острова в виде удлиненных гряд распространены в южной части озера. Исключением для южной части являются острова в Тайболгубе, представляющие собой глыбы коренных пород с крутыми высокими берегами.

Северный плес озера, расположенный севернее острова Большого, имеет невысокие берега, сложенные валунным материалом и отдельными обнажениями коренных пород. Западнее устья р. Мельничной берег представлен выходами коренных пород: высота берега не превышает 1,5—3 м. Восточная часть этого плеса имеет низкие валунные берега, возвышающиеся всего на 0,5—1 м над урезом воды. Берег северо-восточной части озера низменный, заболоченный.

Центральный плес озера по характеру берегов разнообразен, преобладают валунные берега высотой 0,5—2 м. Берега юго-западной части острова Большого, мыса Митькенниэми (восточный берег озера), мыса Уконниэми (восточнее острова Большого) и других пунктов озера представлены высокими, обрывистыми, скальными обнажениями. Наиболее высокий берег имеет остров в Тайболгубе; высота его достигает 10—12 м. Иногда наблюдаются и заболоченные низкие берега (губа Сяргилакши).

В юго-западной части озера почти повсюду видны невысокие берега; в устьевых участках рек Тошей, Хлебной и других берег низкий, заболоченный. Лишь отдельные береговые участки этого плеса имеют валунный высокий берег, задернованный и покрытый луговой и кустарниковой растительностью (к западу от Тайболгубы, мыс Хлебнаволок).

Чрезвычайно пестрое распределение и сочетание типов берегов имеет северо-западный плес озера. Здесь наблюдаются чередование крутых высоких валунных берегов („бараньих лбов“) и выходов коренных пород с низкими (до 0,3—0,5 м) заболоченными берегами. Преобладают невысокие валунные берега; их общее распространение по береговой линии этой части озера превышает 60—70%.

Такой характер строения берегов озера (камень, валуны) определяет чрезвычайно слабое развитие прибрежной водной растительности.

Водная растительность наблюдается лишь в небольших, почти отчлененных губах озера и представлена в основном хвощами, поднимающимися иногда до поверхности воды с глубины около 2 м (при полосе до 20 м). В устьевых участках притоков озера (рр. Хлебная, Тошя и др.) отмечаются значительные массивы водной растительности, состоящие в основном из тростниковых видов.

Дно озера характеризуется сложным строением. Строение ложа озера в северо-западной части обусловлено расположением и простираем цепочек и групп островов, между которыми помещаются небольшие, но довольно глубокие впадины (до 15—20 м). Простираем понижений дна носит преимущественно северо-западное и северо-восточное направление. Глубины межостровных пространств не превышают 5 м. Повсеместно распространены в этой части озера мелковод-

ные участки, подводные и надводные луды, сложенные коренными породами и различных размеров валунами.

Все губы и заливы северо-западной части озера имеют глубины около 3—4 м, с отдельными понижениями дна до 8 м.

Плес, расположенный к северу от острова Притча, имеет сравнительно ровное дно с глубинами 5—10 м. В западной части его располагается значительная по площади впадина с глубинами свыше 20 м. Северо-восточная часть озера имеет сравнительно ровное глубокое дно; изолинии глубин вытянуты в направлении простирающегося плеса.

Юго-восточная часть озера имеет почти ровную поверхность дна с глубинами 5—10 м.

В юго-западных заливах озера, в губах Екилакши, Лейбелакши и Какорной дно ровное и глубины не превышают 5 м.

В центральном плесе озера, лежащем к югу от острова Большого, преобладают глубины около 8—12 м; к югу и северу от подводного плато располагаются параллельно берегам впадины с глубинами от 15 м в южной до 25 м в северной части плеса. В северной части этого плеса, несколько восточнее острова Большого, находится самое глубокое место озера—41 м. В непосредственной близости от впадины с севера к ней примыкает крутой, высокий, скалистый берег, а в 0,3 км к югу от нее и параллельно ей расположен подводный кряж длиной до 1 км, с глубинами над ним 3,8—8 м.

Одной из характерных черт ложа озера является отсутствие сколь угодно обширных мелководных прибрежных пространств, а литоральная зона с глубинами до 3 м здесь занимает очень узкую прибрежную полосу.

Подробная характеристика различных плесов озера дана в табл. 7.

Таблица 7

## Морфометрия Тикшозера по участкам

Название участка	Площадь (км <sup>2</sup> )		Максимальная глубина (м)	Средняя глубина (м)	Объем (млн. м <sup>3</sup> )
	зеркала	островов			
Акименселька (к северу от о-ва Большого)	20,3	1,75	28,8	6,6	132,4
Северо-восточный плес	24,4	2,27	22,2	7,1	175,7
Центральный плес (к югу от о-ва Большого)	116,9	1,17	41,0	9,8	1135,4
Юго-западный плес (губы Какорная, Лейбелакши, Екилакши)	21,5	0,20	14,2	5,4	116,0
Северо-западный плес (к западу от о-вов Большого и Кангассуари)	25,7	2,36	20,0	5,2	133,1

Примечание. В цифры не входит площадь островов, по которым проходят границы участков.

Наиболее глубоководным плесом является центральная часть озера, со средней глубиной 9,8 м. В этом плесе заключено 70% объема воды озера. Остальные участки озера менее значительны по площади и объему воды, имеют средние глубины 5,2—7,1 м (табл. 8).

В озере преобладают глубины в 5—10 м. Средняя глубина озера, подсчитанная как отношение объема воды к площади зеркала озера, составляет 8 м.

Таблица 8

## Гипсографические характеристики озера

Изолиния глубины (м)	Площади изолиний глубин		Объем воды между горизонталями (млн. м <sup>3</sup> )	Суммарный объем	
	км <sup>2</sup>	%		млн. м <sup>3</sup>	%
0	208,8	100	934,35	1682,6	100
5	147,12	71,6	509,72	748,25	44,4
10	56,24	27,0	183,56	238,53	14,2
15	14,04	6,7	43,53	54,97	3,3
20	3,48	1,6	8,68	11,44	0,7
25	0,50	0,24	1,80	2,75	0,16
30	0,23	0,11	0,75	0,95	0,05
35	0,07	0,03	0,20	0,203	0,01
40	0,01	0,005	0,003	0,003	0,0017

Исследования грунтов, производившиеся одновременно с промерными работами, носили визуальный характер. Визуально грунт определялся на озере в 1500 точках, а отдельные, типичные виды грунтов, числом 21, были взяты как пробы для химического и механического анализов.

В озере отмечены следующие типы грунтов: илистый, глинистый, каменистый, песчаный и отложения руды. На озере встречается свыше 25 сочетаний всевозможных типов грунтов. Карта построена для основных типов грунтов—илистого (серо-зеленого и бурого), песчаного, каменистого, глинистого и отложений руды. В случаях смешения этих типов грунтов между собой на карте показывается несколько условных знаков, соответствующих этим типам (рис. 2).

Почти повсюду в литоральной зоне озера расположены совместно каменистые и песчаные грунты; ширина распространения которых в среднем составляет около 100 м, но в отдельных пунктах, где у побережья сосредоточены группы островов, ширина достигает 1 км. Чисто песчаные грунты наблюдаются очень редко, распространение их вдоль береговой линии не превосходит 10—20 м; лишь возле мыса Сяргиниэми имеются значительные по площади и протяжению (до 1 км) отложения крупнозернистого песка (табл. 9).

Таблица 9

## Распределение грунтов дна озера

	Площадь (км <sup>2</sup> )	% от всей площади
Ил серо-зеленый . . .	129,5	62,0
Ил бурый . . . . .	2,3	1,2
Глина . . . . .	11,4	5,4
Ил с глиной и рудой	25,9	12,5
Руда . . . . .	3,2	1,4
Камни и песок . . . . .	36,5	17,5

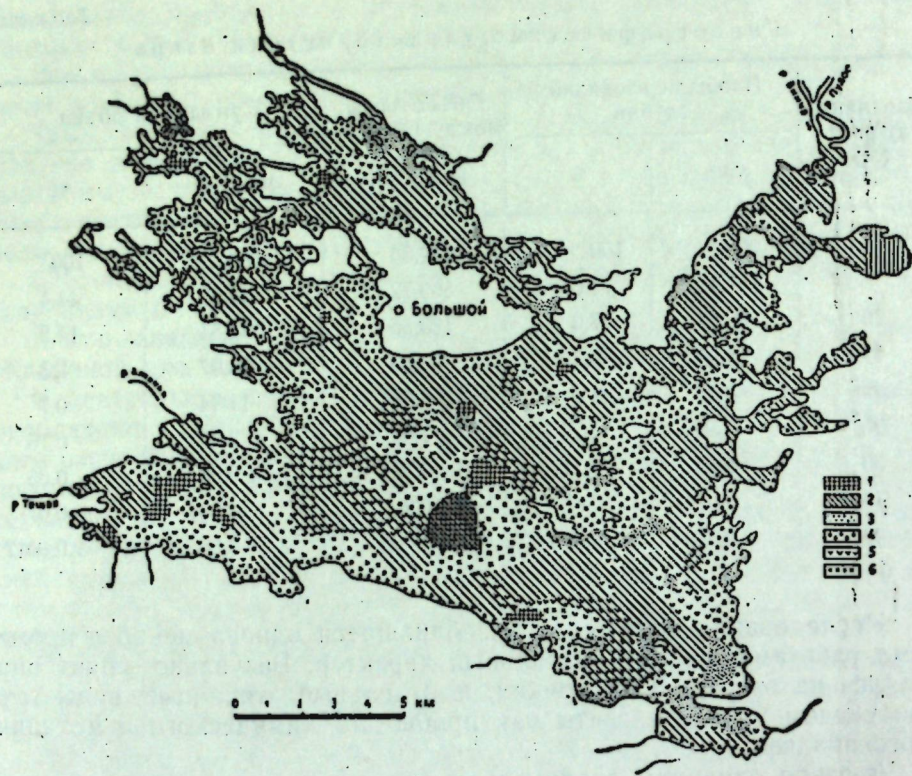


Рис. 2. Карта грунтов Тикшозера

1—ил бурый; 2—ил серо-зеленый; 3—песок; 4—камни; 5—руда; 6—глина.

Каменные грунты представлены валунами и выходами коренных пород.

В более глубоких зонах озера наблюдаются илистые грунты, занимающие почти 75% площади озера. Серио-зеленый ил покрывает значительную часть поверхности дна озера (70%) и в свежем состоянии представляет собой обычно густую липкую массу; при высыхании ил значительно уменьшается в объеме и приобретает светло-сероватый цвет.

Механический анализ такого ила дает преобладание частиц диаметром менее 0,01 мм (до 85%). Бурый ил, расположенный отдельными и редкими пятнами по дну озера, имеет в своем составе органическое вещество в виде детрита.

Глинистые грунты в озере встречаются в виде голубой, желтой и других оттенков глин или с примесью песка и конкреций руды.

Рудные образования в озере находятся в большей части совместно с глинистыми и илистыми отложениями, изредка—обособленными площадками на коренных скальных породах. Руда на дне озера находится обычно в виде горохообразных образований, реже—в виде корки. В составе руды преобладают элементы железа, марганца и кремния.

Результаты спектрографического анализа (по 8 пробам) грунтов дна озера, произведенные химической лабораторией филиала (аналитик Г. Ф. Карельская), характеризует качественный (и до некоторой степени количественный) состав элементов, образующих основные типы отложений дна озера (табл. 10).

Таблица 10

## Качественный анализ грунтов Тикшозера

№ пробы и место взятия	15 центральный плес	12 северный плес	18 центральный плес	14 центральный плес	10 губа Харвелакиши	13 центральный плес	17 центральный плес	21 восточная часть озера
элемент	серо-зеленый ил	серо-зеленый ил	серо-зеленый ил, сверху коричневая глина	серо-зеленый ил с бурой глиной и коркой руды	руда	руда	ил с рудой	гороховидная руда
Be	следы	—	н. следы	оч. слаб.	оч. слаб.	н. следы	оч. слаб.	оч. слаб.
P	среди.	среди.	среди.	среди. +	сильн.	сильн.	среди.	сильн.
Mn	среди. +	среди. —	среди.	сильн.	среди. +	среди. —	сильн. +	среди.
Mg	оч. сильн.	оч. сильн.	оч. сильн.	оч. сильн.	среди. +	в. среди.	сильн.	оч. сильн.
Si	в. среди.	среди. +	среди. +	среди. +	среди. +	сильн.	сильн. +	оч. сильн.
Fe	среди. +	среди. +	среди. +	среди. +	среди. +	сильн.	сильн. +	в. среди.
Al	—	—	—	среди. ?	среди. ?	следы	среди. ?	?
Mo	следы	н. следы	оч. слаб.	слаб.	оч. слаб.	н. следы	слаб.	слаб. +
V	среди. —	среди. —	среди. —	среди. —	слаб. +	слаб. +	среди.	среди.
Ti	слаб.	слаб.	слаб.	слаб.	оч. слаб.	слаб.	среди. +	слаб.
Cu	среди. +	среди. ?	среди.	среди.	слаб. +	среди. —	среди. +	среди. +
Na	—	—	н. следы	слаб.	оч. слаб.	слаб.	оч. слаб.	слаб.
Co	следы	следы	следы	слаб.	следы	слаб. +	слаб.	слаб.
Ni	—	н. следы	следы	среди. —	среди. —	среди.	—	—
Zr	среди. +	среди.	среди.	среди. +	среди. +	среди.	среди. +	среди. +
Ca	среди.	среди. +	среди. +	среди.	среди. +	среди.	среди.	среди.
K	слаб. +	слаб. +	слаб. +	слаб.	слаб.	слаб.	слаб.	н. следы
Sr	следы	—	следы	следы	н. следы	слаб. +	следы	среди. —
Cr	слаб.	оч. слаб.	оч. слаб.	слаб.	среди. —	слаб. +	среди. —	среди. —
Ba	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Очень сильные и сильные — соответствуют десяткам процентов (основные элементы пробы); выше средних (в.) и средние + — около 10% (1—10 и 10—20%); средние и ниже средних (н.) — 0,01 — 0,1%; очень слабые и следы — 0,001 — 0,01%; незначительные (н.) следы — менее 0,001%; черточка означает, что данный элемент в пробе не обнаружен.

27 элементов в пробах не были обнаружены: As, Te, В, Hg, Sc, Sb, Pt, Au, Ta, Tl, Pb, Th, Sn, Nb, Ga, W, Ge, In, Li, La, Cd, Y, Bi, Ag, Zn, U, Ce. Остальные элементы периодической таблицы, к сожалению, вовсе не определялись.

Илы озера имеют в качестве основного составляющего кремний, который занимает около 40% от всех других элементов; приблизительно столько же (40—45%) здесь магния, железа, алюминия, натрия, кальция вместе взятых.

В рудных отложениях (проба №10) преобладает железо (50—60%); количество марганца и алюминия достигает 20% каждого.

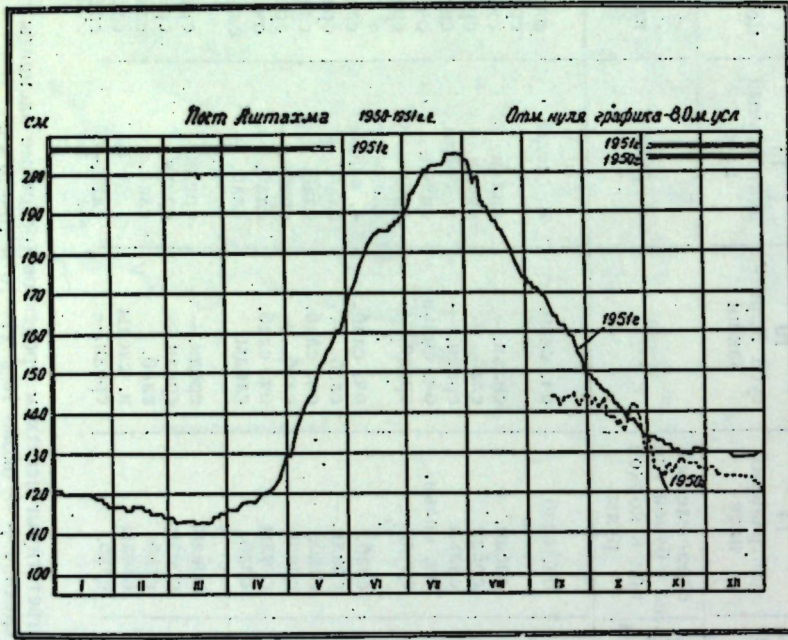


Рис. 3. График колебаний уровня воды Тикшозера за 1950—1951 гг.

Произведенные валовые химические анализы отдельных типов грунтов позволяют судить об основных химических компонентах, входящих в состав донных отложений (табл. 11).

Обращает внимание преобладание в мягких отложениях элементов кремния, алюминия и железа, а также значительные колебания в содержании этих элементов в грунтах, взятых в разных частях озера. Значительные отличия в содержании окислов железа, марганца и магния имеют рудные образования (станции 4 и 6) отдельных частей озера.

Гидрологически озеро слабо изучено. Наблюдения над уровнями и температурой воды озера начались с сентября 1950 г., когда Управление гидрометслужбы КФССР открыло гидрологический пост. Сток рек, впадающих и вытекающих из озера, не изучался. Отдельные гидрологические характеристики приводятся на основании расчетов.

Годовой ход уровня воды Тикшозера характеризуется одним максимумом в июне-июле и одним минимумом в марте-апреле (табл. 12). Подъем уровней весеннего половодья начинается в апреле и продолжается по июнь-июль, и после этого наступает медленное падение уровня, продолжающееся до марта-апреля и сопровождающееся отдельными подъемами горизонтов воды в период выпадения интенсивных и длительных осадков и оттепелей. Годовая амплитуда колебаний уровня между наименьшими и наивысшими горизонтами воды составляет 0,6—1 м. (рис. 3).

Таблица 11

Химический состав грунтов дна Тикшозера

№ пробы по списку	Место взятия пробы	Дата (1951)	Глубина (м)	Тип донного отложения	Влажность (%)	Потери при прокаливании	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	S	Сумма
15	Центр. плес; 3 км сев.-зап. устья р. Большой	11/VIII	14,4	Серо-зеленый ил	6,53	20,88	50,70	0,37	10,86	0,11	1,55	2,27	2,14	1,24	—	99,88
12	Сев. плес; между о-вом Большим и устьем р. Луикоеки	28/VII	10,5	Серо-зеленый ил	8,66	27,18	48,38	0,26	6,90	0,43	0,69	1,63	1,24	0,60	—	100,32
18	Центр. плес; 1 км южнее о-ва Большого	20/VIII	13,5	Серо-зеленый ил, сверху коричневая глина	7,52	20,78	36,68	0,40	8,16	0,11	1,15	1,77	1,57	1,28	—	100,04
10	Губа Харвелакши	31/VII	6,0	Руда	10,48	17,84	5,03	0,18	2,30	3,78	0,24	0,24	He опр.	—	0,034	—
17	Центр. плес; 3 км сев.-вост. Тайбогубы	2/VIII	8,9	Ил с рудой	9,32	15,68	17,39	0,43	8,66	5,35	0,98	1,66	—	—	0,07	—
13	Центр. плес; между о-вом Большим и южным берегом озера	20/VIII	7,0	Руда	19,70	20,10	8,35	0,19	14,16	33,37	1,93	2,00	—	—	0,016	—
21	Вост. часть озера; между мысом Митканниэм и о-вом Ваара-суари	24/VII	8,0	Руда гороховидная	6,32	8,93	26,25	0,24	6,61	10,10	1,55	0,02	—	—	0,101	—

Таблица 12

Уровни воды Тикшозера (см)  
Пост Аштахма, 1951 г.

Уровни	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За год
Среднемесячные . . . . .	120	116	113	120	148	183	200	187	163	142	132	130	146
Наибольший . . . . .	121	117	116	129	166	190	205	203	172	150	134	131	205
Наименьший . . . . .	117	114	113	116	129	169	191	174	151	134	130	129	113

Продолжительное стояние высоких горизонтов воды (с июня по август) и относительно повышенное значение уровней летнего периода (на 0,4—0,6 м) объясняются действием подпорных лесосплавных плотин в истоках из озера рек Винча и Пудос.

Лед образуется в конце октября в виде заберегов, которые, смерзаясь к началу ноября в наиболее защищенных и мелководных губах, образуют сплошную ледяную поверхность. В отдельные годы при оттепелях и сильных ветрах бывают случаи ломки заберегов и тонкого ледяного покрова и перенос льда в наветренные районы озера. Начало сплошного ледостава наступает в начале ноября и продолжается по май. Наибольшей толщины лед достигает в конце марта—начале апреля. В апреле-мае от повышения температуры воздуха и притока талой воды в озеро уменьшается толщина льда, и сплошной ледяной покров распадается на отдельные ледяные поля. Очищение озера ото льда происходит в конце мая. В 1951 г. конец ледостава и движение льда наблюдались 16 мая, а полное очищение озера ото льда—29 мая.

Термический режим озера изучался один год на водомерном посту в губе Сяргилакши. Наблюдения проводились в период полевых работ (июль-август 1951 г.) по акватории озера и на временном гидрометеорологическом посту у острова Большого. Переход температуры воды через 5° наступает в конце мая; наивысших значений температура воды достигает в августе. Ход температуры воды имеет скачкообразный вид в связи с изменениями температуры воздуха. В этих случаях наблюдается кратковременное, а иногда до 8—10 дней, но значительное (до 8—10°) понижение температуры воды.

В летний период распределение температур воды по акватории озера, в результате ветрового перемешивания и небольших глубин озера, носит в общем однообразный характер. Температуры поверхностных слоев открытой части озера и его заливов и губ отличаются не более как на 2—3°.

Изменения температур воды по месяцам и декадам, а также крайние значения (наибольшие и наименьшие) помещены в табл. 13.

Произведенная 29 августа 1951 г. термическая съемка озера позволяет охарактеризовать в общих чертах термику отдельных частей его, распределение температур по глубине в разных плесах.

Съемка озера проводилась с двух моторных лодок; кроме того, наблюдения над суточным ходом температур велись на стационаре на четырех горизонтах от поверхности: 0,5, 5, 10, 14 м. Изменения температур в течение дня на всех горизонтах были незначительные, что позволяет произвести сравнение и оценку температурных данных, полученных в разное время дня в различных частях озера (рис. 4).

Обнаруживаются два типа распределения температур по глубине, приуроченные к различным по характеру водообмена плесам озера.

Таблица 13

Температура воды Тикшозера  
Пост Аштахма, губа Сяргилакши, 1951 г.

Температура	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Среднемесячная . . . . .	—	4,7	11,0	14,7	16,8	10,0	4,2	—
Наибольшая . . . . .	2,0	6,2	14,8	17,4	19,1	17,3	6,0	0,4
Наименьшая . . . . .	—	1,5	5,8	8,2	15,3	5,4	—	—
Среднедекадная:								
I	—	2,0	7,6	15,0	16,9	15,2	5,8	0,1
II	0,1	4,1	11,5	15,9	16,9	10,0	5,6	—
III	1,0	3,4	13,9	13,1	16,5	5,8	1,7	—

В северных и северо-западных районах озера изменения температур воды по глубине достигают 8—10°. Наблюдается слой скачка между глубинами 10 и 15 м, где на каждый метр глубины температура падает более чем на 1°. Поверхностные слои воды этой части озера более нагреты и имеют температуру около 18° (рис. 5, профили №1—4).

Совершенно другой характер распределения изотерм по профилю имеют части озера, лежащие к югу от острова Большого. Здесь

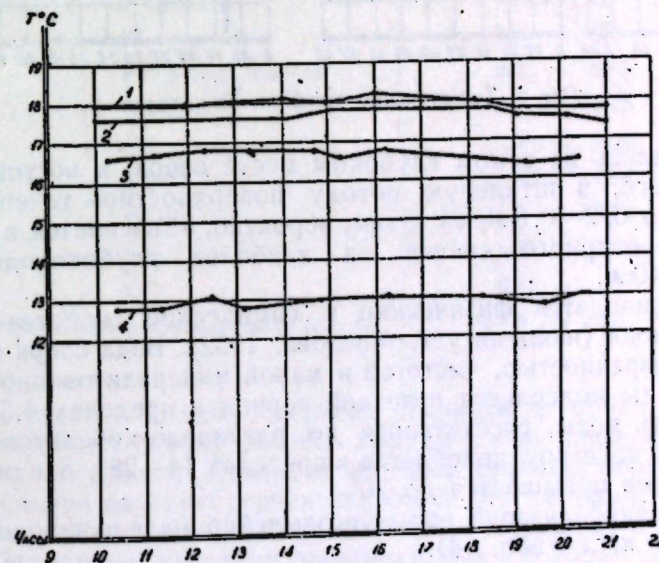


Рис. 4. Дневной ход температуры воды на стационаре  
Горизонты воды: 1—0,5 м; 2—5 м; 3—10 м; 4—14 м.

наблюдается почти гомотермия; изменения температур с глубиной почти не происходит, изотермы очень редки. Такое явление, вероятно, объясняется морфометрическими и гидрологическими особенностями главного плеса озера и большими размерами его, что способствует хорошему перемешиванию воды при ветре, небольшими глубинами в центре плеса с хорошим прогреванием толщи воды; значительным притоком речных теплых вод (реки: Большая, Тошяя, Хлебная и др.) и, вероятно, — наличием компенсационных течений (глубинных и поверхностных) из более прогретых частей озера.

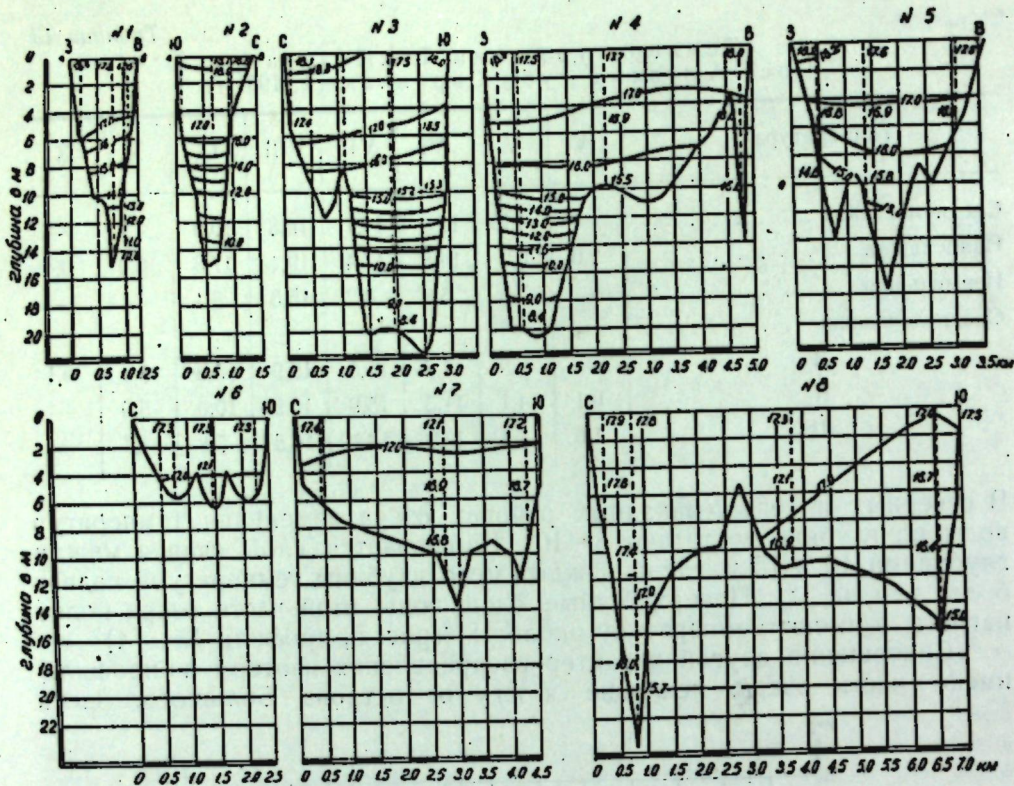


Рис. 5. Термические профили Тикшозера

Наблюдалось на самом глубоком месте озера, к востоку от острова Большого, в штилевую погоду поверхностное течение со скоростью около 0,2—0,3 м/сек. Этим, вероятно, объясняется и отсутствие слоя температурного скачка на наиболее глубоководной станции озера — 40 м.

Ниже приводятся физические и химические свойства воды для летнего периода (июль-август, Маслова, 1952). Вода озера отличается большой прозрачностью, чистотой и малой минерализованностью. Прозрачность воды колеблется в летний период в пределах 4,5—7,8 м.

Цветность воды, рассчитанная по платиново-кобальтовой шкале, небольшая и по озеру колеблется в пределах 14—28°, а в местах впадения притоков повышается до 70°.

Общая минерализация воды чрезвычайно мала и находится в пределах 18—23 мг/л (табл. 14).

Содержание щелочно-земельных металлов, определяющих в основном величину общей минерализации и жесткости воды, незначительно.

Кальций и магний в воде озера находятся в пределах 1—3,5 мг/л. Значительно больше имеется в воде озера карбонатных соединений ( $\text{HCO}_3^-$ ), величина их достигает до 17 мг/л.

Активная реакция воды близка к нейтральной и меняется по озеру от 6,82 до 7,19.

Газовый состав воды характеризуется значительным содержанием кислорода и сравнительно небольшим количеством свободной углекислоты — до 3,4 мг/л.

Жесткость, не превышающая 1°Н, и малая минерализация воды озера определяют значительную агрессивность ее на бетоны. Вели-

чина агрессивности вод озера, вычисленная по методу прямого определения (по  $\text{CaCO}_3$ ), достигает 28 мг/л.

Тикшозеро относится к типу проточных озер: в него впадает ряд довольно крупных притоков (табл. 3) и вытекают реки Винча и Пудос.

Основную массу воды в озере (свыше 50% от общего объема) вносят реки Большая (Лопская), Тошяя, Хлебная, Кухтозерка и Сяргички. Около  $\frac{1}{3}$  всего стока воды дает р. Большая.

Таблица 14

Химические показатели воды Тикшозера  
(июль-август 1951 г.)

Химические ингредиенты	Пределы изменения
pH	6,82—7,19
$\text{CO}_2$ (мг/л)	1,6—3,4
$\text{O}_2$ (%)	87,0—100,0
$\text{O}_2$ (мг/л)	7,98—9,94
Окисляемость $\text{O}_2$ (мг/л)	2,6—10,0
Общая жесткость (нем. град.)	0,57—1,0
Цветность (град.)	14—28
P (мг/л)	0,018—0,057
Si	1,0—2,6
$\text{Fe}^{++} + \text{Fe}^{+++}$ (мг/л)	0,0—0,88
N— $\text{NO}_3$	0,0—0,15
$\text{Ca}^{++}$	2,53—3,23
$\text{Mg}^{++}$	1,09—1,94
$\text{HCO}_3^-$	11,0—17,0
$\text{SO}_4^{--}$	0,16—2,55
$\text{Cl}^-$	0,35—1,37
Общая минерализация воды (мг/л)	18,3—22,9

Модуль стока для рек бассейна Тикшозера принят в 12 л/сек с 1 км<sup>2</sup> (табл. 15). В основу расчета модуля стока послужили данные аналогов рек бассейна р. Ковды, по которым имелись стоковые данные.

Значительная зарегулированность стока рек озерами, входящими в состав рек, создает довольно ровный ход изменения стока в течение года. Отношение значений максимальных расходов к минимальным в течение года колеблется в пределах 10:1—5:1.

Коэффициент условного водообмена (проточности) озера, подсчитанный как отношение годового притока воды к объему озера

$$\left( \frac{398,5 \times 10^6 \text{ м}^3}{1682 \times 10^6 \text{ м}^3} \right),$$

составляет 0,24, т. е. весь объем озера (условно) обменивается за 4 года. Показатель этот условный, так как значительная расчлененность озера губами и заливами создает пассивные зоны, в которых проточность значительно замедлена.

Ресурсы озера и их использование. В хозяйственном и экономическом отношении в настоящее время озеро и его притоки используются слабо.

Таблица 15

## Распределение притока воды в Тикшозеро

Название реки	Площадь водосбора (км <sup>2</sup> )	Средне-годовой расход (м <sup>3</sup> /сек)	Объем годового стока (млн. м <sup>3</sup> )	% от общего притока
Большая (Лопская) . . . . .	314,2	3,78	119,0	30,0
Тошяя . . . . .	63,0	0,75	23,6	6,0
Хлебная . . . . .	81,3	0,98	30,8	7,7
Кухтозерка (3 русла) . . . . .	47,8	0,57	17,9	4,3
Сяргиеки . . . . .	36,3	0,42	13,2	3,3
Остальные притоки (по табл. 3)	116,6	1,40	44,1	11,1
Собственный водосбор озера	396,0	4,76	149,9	37,6
Всего	1055,2	12,66	398,5	100,0

Лесозаготовки проводились вблизи берегов озера; древесина сплавлялась к истокам рек Винча и Пудос. Лесоразработки внутри бассейна, где сосредоточены большие запасы древесины, еще не нашли должного развития.

Лесоразработки проводились в районе озера до 1941 г. и возобновились в 1950 г. Пути и направление сплава древесины по озеру связаны с местами рубки леса. Годовой прилав древесины по озеру к истокам рек Винча и Пудос в 1951 г. составил 40 тыс. м<sup>3</sup>. По р. Винча лес сплавляется в Нотозеро, а оттуда в Ковдозеро. В истоках рек Винча и Пудос установлены плотины, которые позволяют производить сплав леса по порожиистой реке Винча почти в течение всего навигационного периода.

Общая потенциальная мощность рек бассейна Тикшозера незначительна и составляет всего около 1600 квт, из которых почти половина приходится на главную реку—Большую.

Что касается значения водоема как рыбопромыслового угодья, то работы, произведенные экспедицией Карельского филиала АН СССР в 1951 г. (Зыков, 1952), завершили составлением рыбопромыслового атласа. Он позволяет оценить выявленные рыбные запасы как имеющие промысловое значение. Найденные здесь около 10 видов рыб, из которых имеются и ценные породы (кумжа, ряпушка, сиг, корюшка), позволяют рассматривать водоем как дополнительный источник питания не только местного населения, но и для снабжения рыбопродуктами ряда городов Карелии.

## ЛИТЕРАТУРА

Бискэ Г. С. Четвертичные отложения и геоморфология Калевальского и Кестеньгского районов КФССР. Фонды Карело-Финского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1949.

Григорьев С. В. и Грицевская Г. Л. Каталог рек КФССР. Фонды Карело-Финского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1949.

Григорьев С. В. и Грицевская Г. Л. Каталог озер КФССР. Фонды Карело-Финского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1950.

Зыков П. В. и Попенко Л. К. Рыбопромысловый атлас Тикшозера. Фонды Карело-Финского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1952.

Климатологический справочник КФССР, под ред. О. М. Чалпановой. Гидрометеоздат, М., 1945.

Неуструев Ю. С. К изучению стратиграфии и метаморфизма кристаллических пород Северной Карелии. ГОНМИ, М. — Л., 1938.

Павлова М. Д. Климат западных районов КФССР. Фонды Карело-Финского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1951.

Попенко Л. К. Озеро Тикшозеро (гидрография озера). Фонды Карело-Финского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1952.

Сведения об уровнях воды за 1950—1951 гг. Фонды Карело-Финского Управления гидрометслужбы. Петрозаводск, 1952.

Н. М. ЛАЗАРЕВСКАЯ и Л. К. ПОПЕНКО

## ОЗЕРА БАСЕЙНА Р. КАМЕННОЙ—КАМЕННОЕ, ЛУВОЗЕРО, КИМАСОЗЕРО И НЮК

Карельским филиалом АН СССР в 1948—1950 гг. производились исследования в районе строящейся Западно-Карельской железной дороги, в том числе рек Лендерки и Каменной — притоков р. Чирка-Кеми — с озерами, входящими в состав этих рек. Река Каменная и крупные водоемы, такие, как озеро Нюк (222 км<sup>2</sup>) и Каменное (105 км<sup>2</sup>), расположенные вблизи трассы новой железнодорожной магистрали, будут иметь несомненное значение в хозяйственном развитии района.

Систему р. Каменной образует цепь озер — Каменное, Лувозеро, Кимасозеро, Нюк, — соединяемых порожистыми речными участками. Бассейн этой системы занимает юго-западную часть бассейна р. Чирка-Кеми — крупнейшего притока р. Кеми.

До последнего времени бассейн р. Каменной в гидрологическом отношении являлся слабо изученным районом КАССР. Одиночные путешественники и туристы побывали лишь на части территории бассейна. Наиболее ценные сведения по геологии бассейна р. Каменной появляются в 1877 г. в трудах А. А. Иностранцева. В 1917 г. местный учитель И. В. Оленев издал путевые заметки, в которых описал свои впечатления о поездке по водным путям бассейна р. Каменной. Ценные сведения по отдельным водным объектам района, основанные на опросном материале, приводятся в трудах-справочниках, изданных в г. Петрозаводске в 1915 и 1928 гг. („Водные пути АКССР“, 1928; „Естественные и экономические условия рыбного промысла Олонецкой губернии“, 1915).

Изучение западной части Карелии начинается лишь после Великой Октябрьской социалистической революции. В 1928—1930 гг. Ленинградское геологическое управление производит геологические съемки районов бассейна р. Каменной. С 1930 г. Ленинградское отделение Гидроэнергопроекта, а затем УГМС устраивают ряд гидрологических станций на реках и озерах бассейна.

Важную роль в изучении природных богатств Западной Карелии сыграла Западно-Карельская комплексная экспедиция в составе Карельского филиала АН СССР.

В 1949 г. отдел гидрологии филиала провел исследования рек и озер верхней и средней частей системы р. Каменной: озер Каменное, Лувозеро и Кимасозеро (Попенко, 1949, 1950).

В 1950 г. проводилось комплексное изучение (гидрологические, ихтиологические, гидробиологические работы) оз. Нюк (Лазаревская, 1951).

При составлении настоящего очерка были использованы отчеты этих исследований. Гидрография бассейна и озер Каменное, Лувозеро и Кимасозеро составлены Л. К. Попенко; описание озера Нюк — Н. М. Лазаревской.

Общие сведения. Бассейн р. Каменной входит в состав бассейна р. Кеми. Располагаясь в пределах 64° 11' — 64° 39' с. ш. и 30° 00' — 32° 01' в. д., бассейн имеет вытянутую в широтном направлении форму с клинообразным сужением в своей восточной части и через р. Чирка-Кемь и далее р. Кеми отдает свои воды в Белое море (рис. 1).

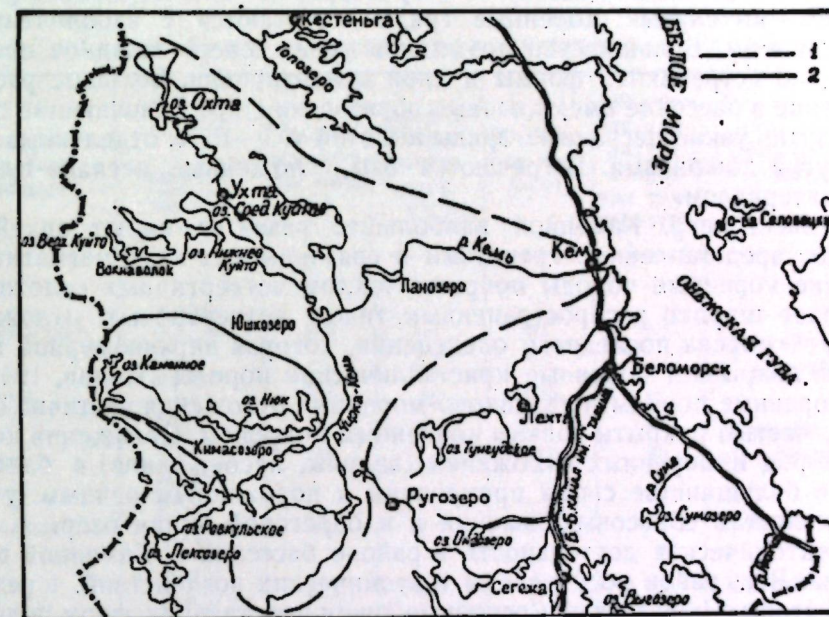


Рис. 1. Схематическая карта бассейна р. Кеми

1 — граница бассейна р. Кеми; 2 — граница бассейна р. Каменной.

Территория бассейна относится к двум административным районам КАССР. Меньшая часть бассейна, северная, включающая половину озер Каменное и Нюк, входит в район Калевалы. Южная, большая часть бассейна, образует северную часть Ругозерского района. Незначительная площадь бассейна р. Каменной в северо-западной части находится за пределами КАССР, в Финляндии (менее 1% всего водосбора).

Бассейн р. Каменной граничит на большом своем протяжении с верховьями притоков р. Кеми, на юго-западе — с бассейном р. Лендерки (бассейн р. Вуоксы), на западе — с бассейнами рек Финляндии — Кемь и Оулу. С севера бассейн соприкасается с притоками группы озер Куйто, также бассейна Кеми. На северо-востоке и юго-востоке к границе бассейна подходят верховья притоков р. Чирка-Кеми. Общая площадь бассейна свыше 3000 км<sup>2</sup>. Наибольшая длина бассейна с запада на восток 105 км, при наибольшей ширине (по меридиану 31°) 46 км и средней ширине бассейна 31 км.

Территория бассейна р. Каменной, приуроченная к восточной части Балтийского кристаллического щита, как и вся площадь Западной Карелии, относится к древней холмистой области. Современный рельеф бассейна развился на фундаменте древнего пенеплена, образованного в результате длительных денудационных процессов.

В третичный период тектонические процессы разбили территорию Карелии на ряд горстов и грабен, простирание которых носило северо-западное направление.

Большую роль в создании современного рельефа сыграло оледенение и деятельность ледника. В ледниковый период произошло сглаживание коренных пород, а отложение ледником моренного материала в виде друмлинов и оз, простирание которых в большинстве случаев имеет направление, близкое к широтному, придало друмлиновый ландшафт западу Карелии. В бассейне р. Каменной друмлиновый ландшафт ярко выражен возле впадения ее в Лувозеро, где положительные формы рельефа—вытянутые моренные гряды—сочетаются с заболоченными понижениями. Большинство друмлинов имеет северо-западное простирание, но встречаются формы и иной ориентировки. Большое распространение в бассейне имеют озевые образования, представляющие собой вытянутые узкие песчаные гряды высотой в 3—15 м, отделенные одна от другой ложбинами. Встречаются озы, сложенные песчано-гравийным материалом.

В бассейне р. Каменной наибольшее развитие имеют архейские породы, представленные гранитами и связанными с ними магматитами. Древние коренные породы покрыты чехлом четвертичных отложений. Наиболее широко распространенным типом четвертичных отложений является ширена последнего оледенения, которая неравномерной мощностью покрывает коренные кристаллические породы (Попов, 1949).

Коренные породы и ледниково-моренные отложения частично обнажены, частью покрыты тонким почвенным покровом. Обнажения коренных пород и моренных отложений (валуны, песок, глина) в бассейне реки в большинстве своем приурочены к порожистым речным участкам, к местам сбросовых явлений и к береговой линии озер.

Тектоническая деятельность в районе бассейна р. Каменной очень сложна. Весь район носит следы тектонических воздействий, в результате которых образовались основные линии простирания форм рельефа, имеющие взаимно перпендикулярное северо-западное и северо-восточное направление. К этим основным линиям и приурочены главные реки и озера бассейна. Особенно сложный характер рельефа и простирания возвышенностей и впадин между ними имеет западный район бассейна (оз. Каменное).

Из полезных ископаемых обращает на себя внимание осадочная рудная толща, так называемое Костомукшское магнетитово-железорудное месторождение, расположенное на север от оз. Кондоки, на северной границе бассейна. Это месторождение представлено рудной свитой кристаллических сланцев и гипсов. Следует также отметить карельские граниты (мелкозернистый гранит) в районе озер Люхиярви и Вонгозеро. Строительные материалы (гранит, пески, гравий, глина, валуны) разбросаны отдельными включениями по всей территории бассейна.

В орографическом отношении бассейн представляет покату (с севера и с юга) к центральной линии бассейна всхолмленную равнину с общим понижением местности с запада на восток. На юго-западной границе бассейна—части общего Беломорско-Балтийского водораздела—отдельные высоты достигают 280 м над уровнем моря.

Низшая отметка бассейна р. Каменной при впадении ее в р. Чирка-Кемь—124 м. Водораздельная линия на северо-западе бассейна имеет абсолютные высоты более 260 м. Высотная амплитуда для бассейна в целом составляет около 160 м, при средней высоте бассейна 210 м над уровнем моря. Большая часть территории бассейна располагается на

высотах 150—200 м (43,5%); высоту свыше 250 м над уровнем моря имеет 0,5% всей площади бассейна.

Для характеристики климатических условий бассейна служат материалы наблюдений метеорологических станций в районе бассейна р. Каменной. В октябре 1949 г. КФ УГМС в дер. Бабя Губа (оз. Каменное) открыло дождемерный пост.

В таблице 1 приведены характеристики метеорологических станций, расположенных внутри бассейна и по соседству с ним („Климатологический справочник“, 1945).

Таблица 1

## Характеристика метеорологических станций

Метеорологическая станция	Координаты		Высота над уровнем моря (м)	Среднегодовая температура (°C)	Осадки за год (мм)	Абсолютная амплитуда колебания температуры	Местоположение
	широта	долгота					
Кимасозеро	64°23'	31°13'	145	1,1	507	—	Бассейн р. Каменной
Кондоки	64°35'	30°35'	205	—	566	—	Бассейн р. Вуоксы—Лендерки
Реболы	63°47'	30°35'	182	1,2	562	80	Бассейн р. Суны
Лубосалма	63°01'	31°44'	230	—	612	—	Бассейн р. Кеми
Ухта	65°12'	31°10'	112	0,3	449	80	Бассейн р. Кеми

Характерными чертами климата являются: относительно небольшие среднемесячные температуры воздуха зимнего периода, довольно теплое лето, сравнительно небольшая амплитуда колебаний температуры воздуха, высокая относительная влажность.

Все эти основные черты создают господствующую в районе барическая обстановка и связанное с ней движение больших масс воздуха. В зимний период барическая обстановка в основном создается исландским минимумом с барическим градиентом, направленным с юго-востока на северо-запад и вызывающим преимущественно юго-западное движение воздушных масс.

В конце зимы исландский минимум отступает на запад и распространяется влияние азорского антициклона, который создает летнюю циркуляцию масс воздуха. С осени вновь происходит переход к зимнему состоянию атмосферы, устанавливается юго-восточный барический градиент, вызывающий движение масс воздуха западного направления.

Временные вторжения циклонов и полярных масс воздуха изменяют общий ход погоды; циклоны, идущие от Ирландии и Шотландии, приносят значительные осадки и теплые массы воздуха, что еще более способствует смягчению климата. В зимний период господствуют ветры

южной четверти. В летний период направление ветра часто изменяется с юго-запада на северо-восток.

В течение года около 50% направлений суммы ветров приходится на юго-западную четверть. Господство юго-западных ветров обуславливает мягкость климата и довольно высокую влажность воздуха. Большую роль в водном балансе района, входящего в зону избыточного увлажнения, играют осадки и их распределение в году. Количество выпадающих осадков закономерно изменяется по территории. В юго-западной части количество осадков достигает 600 мм в год, тогда как годовая сумма осадков на северо-востоке республики не превышает 400 мм.

Таблица 2

## Среднемесячные метеорологические характеристики

Характеристики и станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За год
Температура воздуха ст. Кимасозеро (°C)	-10,8	-11,8	-7,4	-0,1	6,2	12,4	15,6	12,9	7,6	1,5	-4,4	-9,0	1,1
Осадки, ст. Кимасозеро (мм)	27	25	24	27	35	54	65	69	55	52	42	32	507
Осадки, ст. Кондоки (мм)	31	29	27	26	40	63	62	75	22	58	47	36	566
Относительная влажность	88	85	78	70	64	64	65	75	86	86	90	90	78

Примечание. Данные по влажности приводятся на основании материалов ст. Сегежа, ввиду отсутствия наблюдений над влажностью в бассейне р. Каменной.

В районе бассейна р. Каменной количество осадков достигает 566 мм в год (ст. Кондоки). В табл. 2 приводятся абсолютные значения метеорологических характеристик по месяцам. По сезонам года осадки распределяются крайне неравномерно (табл. 3).

Таблица 3

## Осадки по сезонам года

Станция	Осень (IX—XI)	Зима (XI—II)	Весна (III—V)	Лето (VI—VIII)	За год
Кимасозеро					
мм	149	84	86	188	507
%	29	17	17	37	100
Кондоки					
мм	177	96	93	200	566
%	31	17	16	36	100

Около 65% осадков выпадает в теплый период года в виде дождя и 35% приходится на зимний период. Данные всего по двум пунктам, лежащим на разных высотах (Кимасозеро—145 м; Кондоки—205 м над уровнем моря), не позволяют проследить распределение осадков по территории. Но наличие даже столь неполных данных дает право предположить, что в районах бассейна с высотой местности более 200—250 м выпадает повышенная сумма осадков.

В юго-западной части республики среднегодовая температура воздуха составляет 3°, с передвижением на север она опускается до 0,2°. Для бассейна р. Каменной, расположенного почти в центральной части (по долготному направлению), среднегодовая температура 1,1° (приведено к многолетнему периоду). Сравнительно небольшие среднемесячные температуры воздуха холодного периода 11;3° в феврале. Амплитуда среднемесячных температур холодного и теплого времени года составляет всего 26,9°. Амплитуда абсолютных температур (срочные температуры) доходит до 80°. Наименьшая температура зимнего периода для ст. Кимасозеро неизвестна, но по данным окружающих ее метеостанций (Реболы и Ухта) можно считать около 45°.

Наивысшие температуры воздуха наблюдаются в июле, среднемесячная — 15,6°, при абсолютном максимуме — 32°.

Продолжительность зимнего периода с среднесуточными температурами ниже нуля в среднем — 175 дней. Переход температур воздуха через нуль происходит 15—17 апреля, осенью 23—25 октября. Годовой температурный баланс в районе бассейна положительный и оценивается в 423 градусо-дня. Отрицательная часть температурного баланса составляет —1294 градусо-дня, в то время как сумма градусо-дней теплого периода +1717.

Среднегодовые значения влажности изменяются от 5,8 мм в юго-западной части Карелии до 4,2 мм в ее северных районах.

Общая сумма испарения с поверхности бассейна составляет 180—190 мм в год, из которых на летний период приходится 120—130 мм.

В бассейне на каменистых грунтах преобладают супесчаные и суглинистые почвы небольшой мощности.

Гидрография р. Каменной и ее бассейна. Река Каменная — наиболее крупный приток р. Чирка-Кеми и впадает в нее на 60-м километре от ее устья. Площадь водосбора р. Каменной — 3271,6 км<sup>2</sup>, составляет около 40% от общей водосборной площади бассейна р. Чирка-Кеми и 13% всего бассейна р. Кеми.

Рекой Каменной названа система рек и озер, расположенных между оз. Каменным и устьями рек Хяме и Рагас, вытекающих из оз. Нюк и впадающих в р. Чирка-Кемь на расстоянии 0,5 км между собой. Озера соединены между собой речными участками, носящими местные названия: оз. Каменное — р. Каменная, оз. Лувозеро — р. Воньга, оз. Кимасозеро — р. Ногеукса, оз. Нюк — р. Хяме и Рагас; общее протяжение р. Каменной 119 км.

Общая протяженность трех озерных участков (Лувозера, Кимасозера и Нюк) составляет 70,6 км; это определяет высокую линейную озерность системы — 59% (рис. 2). С учетом всех озеровидных расширений речных участков, протяженность озерных плесов в системе р. Каменной — 75,1 км, что дает самый высокий коэффициент линейной озерности.

Свое начало р. Каменная берет из оз. Каменного, расположенного в западной части бассейна на высоте 195,1 м над уровнем моря. За

устье р. Каменной принято впадение рек Хяме и Растас в р. Чирка-Кемь.

Верхняя часть системы длиной 25 км, соединяющая озера Каменное и Лувозеро, носит название р. Каменной. Речной участок между озерами Лувозеро и Кимасозеро имеет местное название р. Воньга, или Кимасозерка. Проток между озерами Кимасозеро и Нюк, длиной 3,8 км, носит местное название р. Ногейкс, или Ногейкса.

Таблица 4

## Звенья системы р. Каменной

Название звена	Расположение от устья (км)	Протяженность (км)	Площадь замыкаемого водосбора (км <sup>2</sup> )	Примечание
Озеро Каменное . . . . .	118,6	—	652,9	Вытекает р. Каменная
Река Каменная . . . . .	118,6—93,4	25,2	759,4	Речной участок между озерами Каменное и Лувозеро
Озеро Лувозеро . . . . .	93,4—83,0	10,4	1266,1	—
Река Воньга . . . . .	83,0—73,0	10,0	1567,5	Проток между озерами Лувозеро и Кимасозеро
Озеро Кимасозеро . . . . .	73,0—49,0	24,0	2458,9	—
Река Ногейкса . . . . .	49,0—45,2	3,8	2471,6	Проток между озерами Кимасозеро и Нюк
Озеро Нюк . . . . .	45,2—9,6	36,2	3214,9	—
Реки Хяме и Растас	9,6—0,0	9,0	3271,6	Из оз. Нюк вытекают два протока. Длина приводится по р. Хяме

Нижняя часть р. Каменной представляет собой два речных потока из озера Нюк (реки Хяме и Растас) в р. Чирка-Кемь, устья которых расположены на расстоянии 0,5 км одно от другого. Течение р. Каменной направлено на восток.

Гидрографическую сеть бассейна образуют: 1) озера, входящие в состав основной водной магистрали бассейна и в состав почти всех ее притоков; 2) реки, связывающие многочисленные озера в единую гидрографическую сеть.

Необходимо отметить в бассейне наличие значительных заболоченных площадей. Истоки большинства притоков приурочены к заболоченным участкам, образованным выходами грунтовых вод, либо к озерам различной величины.

Озера играют большую роль в гидрографии бассейна. В границах водосборной площади бассейна насчитывается 1307 озер с общей площадью 481,8 км<sup>2</sup>, что определяет среднюю озерность бассейна в 14,7%. Общее протяжение озер, входящих в гидрографическую сеть, 173,9 км. Из общего числа озер только 23 имеют площади более 1 км<sup>2</sup>. Наиболее крупных озер, площадь которых более 5 км<sup>2</sup>, всего 7, но эти озера обладают общей площадью зеркала 376,8 км<sup>2</sup>, или 78% от суммы всех площадей озер в бассейне.

Озер малых размеров (0,01 — 0,1 км<sup>2</sup>) — 1088, при общей площади зеркала воды 27,02 км<sup>2</sup>.

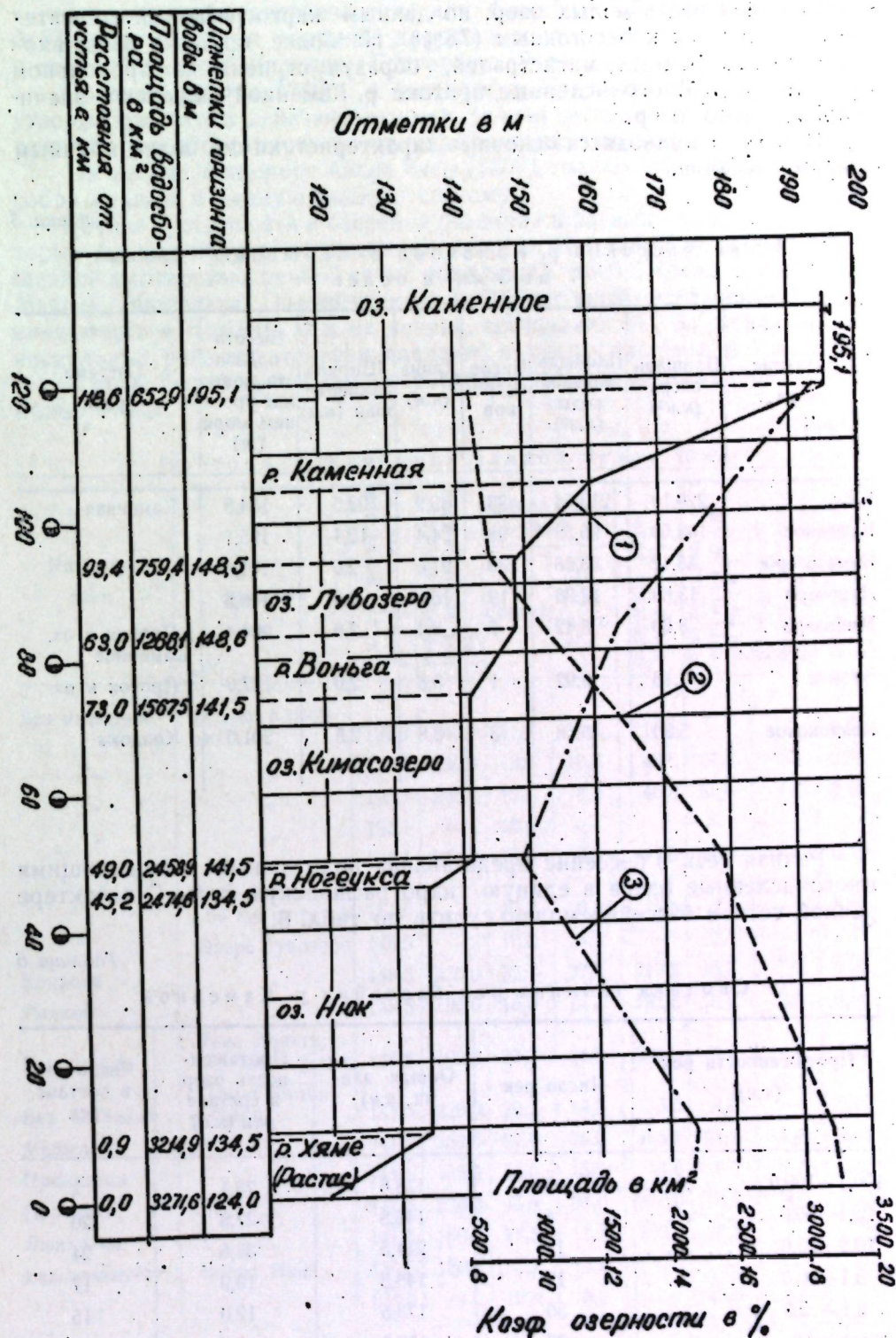


Рис. 2. Схематический продольный профиль р. Каменной  
1 — схематический продольный профиль; 2 — график изменения площади бассейна;  
3 — график изменения озерности.

Большая часть малых озер, по данным картографического материала, относится к бессточным (78%). Наиболее крупные озера входят в состав речных магистралей, образуя ступени на продольном профиле рек. Многочисленные притоки р. Каменной включают значительное число озер.

В табл. 5 приводятся основные характеристики по более крупным озерам бассейна.

Таблица 5

Озера бассейна р. Каменной с площадью зеркала от 5 км<sup>2</sup> и более

Название озера	Площадь озера (км <sup>2</sup> )	Площадь зеркала воды (км <sup>2</sup> )	Число островов	Длина (км)	Ширина наибольшая (км)	Высота горизонта воды над уровнем моря (м)	Система реки
Нюк . . . . .	220,10	213,54	93	39,9	22,5	134,5	Каменная
Каменное	105,50	95,52	98	24,4	12,1	195,1	"
Кимасозеро	38,42	33,86	30	21,0	2,6	141,5	"
Лувозеро	13,80	13,36	19	16,8	2,3	148,5	"
Миозеро	8,60	8,42	7	8,4	2,6	204,4	Проток в оз. Каменное
Эльмис	7,16	6,92	1	5,8	2,0	147,0	Проток в оз. Нюк
Кондокское	5,20	5,18	3	3,8	2,5	201,3	Кондока

Речная сеть в бассейне представлена водотоками, связывающими многочисленные озера в единую гидрографическую сеть. О характере речной сети в бассейне можно судить по табл. 6.

Таблица 6

Сводная таблица рек бассейна р. Каменной

Протяженность рек (км)	Число рек	Общая длина (км)	Протяженность озер в составе рек (км)	Число озер в составе рек
100,1—150,0 . . . . .	1	118,6	73,1	4
25,1—50,0 . . . . .	4	146,8	27,8	20
10,2—25,0 . . . . .	17	244,5	38,5	24
5,1—10,0 . . . . .	19	148,3	19,9	17
2,1—5,0 . . . . .	50	173,5	12,0	15
Менее 2,0 . . . . .	96	113,0	2,6	6
Всего . . . . .	187	944,7	173,9	86

Средняя густота речной сети для бассейна Каменной составляет 0,33 км на 1 км<sup>2</sup> (не учитывая площади, занятой озерами), что близко к средней по всей Карелии (Григорьев, 1948).

Полевые работы 1949 г. в бассейне р. Каменной дают основание утверждать, что в действительности речная система в бассейне более развита, чем это следует по топографическим картам.

Из весьма большого числа озер (1307) только 152 связаны между собой реками в единую водную систему.

Речная густота сети в бассейне различна в разных частях его. Некоторые из водосборов крупных притоков р. Каменной обладают повышенной плотностью речной сети, доходящей до 0,5 км на 1 км<sup>2</sup> (реки Максим, Машельга, Пертиёки и др.). Общее число всех рек и ручьев, впадающих в Каменную и ее звенья, составляет 61. За исключением нескольких рек, все притоки впадают в озера системы р. Каменной.

В табл. 7 приводятся характеристики притоков р. Каменной длиной более 10 км.

Таблица 7

Притоки р. Каменной длиной более 10 км

Название реки	Место впадения	Высота устья над уровнем моря (м)	Высота истока над уровнем моря (м)	Длина реки (км)		Площадь водосбора (км <sup>2</sup> )	Коэффициент линейной озерности (%)	Коэффициент озерности (%)	Плотность речной сети (км/км <sup>2</sup> )
				общая	речных участков				
Без названия	Озеро Каменное	195,1	240,0	11,4	11,4	16,5	—	—	0,68
"	"	195,1	230,0	13,6	10,3	49,5	24,3	—	0,53
"	"	195,1	208,0	12,1	4,3	40,5	65,0	—	0,48
"	"	195,1	—	10,0	—	—	—	—	—
"	"	195,1	250,0	13,4	9,4	47,5	30,0	—	0,59
"	Река Каменная, 99 км от устья	151,0	—	10,3	9,8	15,5	4,9	—	0,67
"	Озеро Лувозеро	148,5	—	10,6	8,3	—	12,3	—	—
Кондока . . . . .	"	148,5	230,0	32,7	27,7	219,8	15,3	7,0	0,29
Максим . . . . .	"	148,5	190,0	16,0	14,3	191,8	10,7	2,8	0,50
Вонгозерка	Река Воньга, 75 км от устья	144,5	190,6	31,3	24,5	258,0	21,6	4,8	0,21
Без названия	Озеро Кимасозеро	141,5	220,0	20,7	16,9	73,0	14,0	—	0,42
Машельга	"	141,5	250,0	37,0	28,9	165,9	21,8	2,6	0,44
Принкаёки	"	141,5	185,0	16,6	15,6	44,6	6,0	—	0,43
Пертиёки	"	141,5	270,0	45,8	38,8	370,0	15,3	4,6	0,45
Люихиёки	"	141,5	150,2	17,5	11,1	102,5	36,5	—	0,18
Без названия	Озеро Нюк	134,5	180,0	13,2	13,2	—	—	—	—
"	"	134,5	—	10,0	5,2	—	48,0	—	—

Реки бассейна имеют значительное среднее падение (от 0,5 до 4,0 м/км), по величине соответствующее рекам полугорного типа. Река Каменная, имея в своем составе большую протяженность озер, обладает средней величиной падения 0,60 м/км.

Следует указать на различный характер распределения падения по длине рек бассейна. Некоторые реки бассейна (Каменная, Пертиёки) обнаруживают тенденцию к выработке нормального профиля равновесия.

### ГИДРОГРАФИЯ ОЗЕР

Озеро Нюк. Оз. Нюк имеет несколько вытянутую форму в направлении большой оси, с северо-запада на юго-восток.

Рельеф района озера представляет собой камово-озовый комплекс, с мягкими очертаниями положительных форм рельефа и небольшими относительными превышениями.

Высшая точка бассейна лежит у юго-западной границы бассейна в 280 м над уровнем моря. Водораздел рек Каменной и Чирка-Кеми имеет отметки около 220 м. Наибольшая высота расположена на южном берегу озера и представляет собой сглаженную возвышенность с отметкой 231 м — на 95 м выше уровня воды оз. Нюк.

Острова, которыми изобилует озеро, могут быть отнесены по своему строению к двум типам. К первому типу относятся острова, сложенные коренными породами, сглаженные ледником, сравнительно небольшие, возвышающиеся над уровнем воды на 5—10 м. Часто они вытянуты цепочкой, которая продолжается в виде подводной каменной гряды. Ко второму типу островов, более многочисленных, относятся острова, сложенные ледниковыми отложениями. Среди них имеются довольно крупные, как, например, Кюнзимасуари, площадью, 0,92 км<sup>2</sup>; он представляет собой оз высотой до 20 м над уровнем озера.

Большое число низких островов сложено валунами. Их высота над урезом воды не превышает 1,5—2 м. Эти валунные острова имеют иногда подковообразную форму, как, например, остров без названия в губе Хяме и остров Сельгасуари в центральном плесе озера. Ширина этих островов 4—6 м и высота до 1,5 м над уровнем озера.

Территория района оз. Нюк покрыта хвойным, преимущественно сосновым лесом. На возвышенных формах рельефа растет густой, состоящий из крупных деревьев лес; на низких заболоченных участках — редкий лес с примесью лиственных пород. Исключение составляют участки выходов оголенных коренных пород, а также участки, расположенные вблизи бывших населенных пунктов, где лес уничтожен.

Намечаются три основных типа берегов: 1) скалистые, 2) аккумулятивные, сложенные моренным материалом или однородными песками озера происхождения, и 3) низкие заболоченные.

Среди скалистых берегов одни представлены высокими берегами, со склонами, почти отвесно уходящими под воду. Уже вблизи берега глубины достигают свыше 10 м. Иногда подножье таких отвесных берегов загромождено крупными неправильной формы каменными глыбами, образующими у уреза воды узкую полосу штранда. Скалистые берега сглажены ледником и имеют мягкие, округлые формы в виде „бараньих лбов“. Крутые скалистые берега встречены по берегам мысов Раубиониэми, Юнтанниэми мыса, расположенного к юго-востоку от острова Тороссуари, и др.

Другой разновидностью скалистых берегов являются плоские, хорошо отшлифованные скалы, полого спускающиеся под воду. Поверхность их выше горизонта высоких вод озера покрыта многочислен-

ными валунами. Такие берега встречаются повсеместно; таковы берега небольших мысов в различных частях озера: мыс Тиманниэми, в заливе Каллямлакши, на южном берегу губы Растас, на западном берегу губы Хяме, на южном берегу озера против острова Тороссуари, в губе Шаунялакши и др. Скалистые берега почти лишены древесной растительности. Только в трещинах пород укореняются отдельные сосны. Водная растительность у таких берегов отсутствует.

Аккумулятивные берега выражены в различных формах, в зависимости от состава слагающих их пород. Среди них можно выделить три подгруппы: а) песчаные, б) моренные и в) валунные берега. Наибольшее распространение имеют валунные берега. Они представлены в виде валунных россыпей из средних и мелких валунов, возвышающихся над урезом воды на 2 м. Эти берега часто заболочены. Преобладающей растительностью является сосновый лес с редкой примесью ольхи и березы и с подлеском из багульника, черники и пр. Нагромождение валунов часто продолжается далеко под водой, образуя каменные отмели. Водная растительность вдоль таких берегов развита слабо и встречается только в местах, защищенных от действия волн.

В местах, где происходит подмыв берегов, сложенных из материала ледниковых морен, развиты берега в виде довольно крупных осыпей, состоящих из песка, глины и мелких валунов. Высота осыпей достигает иногда 5 м, и у подножья их почти всегда имеется узкая полоса пляжа. Подобные осыпи встречаются на северном берегу к западной и центральной частям озера, на южном берегу губы Хяме и др.

Аккумулятивные берега из однородных озерных или перемытых озерно-ледниковых песков распространены в южной части губ Хяме и Растас. Это — преимущественно низкие берега до 1 м высоты с довольно широкой отмелью, полого уходящей под воду. Такие же песчаные отмели имеются вдоль южного берега озера, к востоку от залива Сухая губа, и во многих неглубоких бухточках вдоль всей береговой полосы озера и островов. Рыхлый песчаный материал переносится вдоль берегов и отлагается в виде разнообразных кос, которые протягиваются иногда между отдельными мысами и островами или замыкают небольшие лагуны.

Обилие наносного материала в юго-восточной и восточной частях озера способствует выравниванию береговой линии. Вблизи песчаных берегов почти везде встречается редкая поросль тростника. Последняя группа берегов, представленная низкими заболоченными берегами, развита главным образом в концах глубоких бухт и заливов северного берега озера. Заболоченные берега покрыты редким смешанным лесом с густым травяным покровом; береговая линия выражена неясно из-за густых зарослей водной растительности, главным образом тростника.

Валунные берега занимают до 73% протяжения береговой линии озера, песчаные — 11%, болотистые — 5%, высокие берега — 8% и берега, покрытые травой (луга), — всего 3%.

Площадь озера определена планиметрированием в 220,9 км<sup>2</sup>, площадь 126 островов составляет 10,3 км<sup>2</sup>, площадь зеркала — 210 км<sup>2</sup> и коэффициент островистости — 4,6%.

Полученные нами величины площади озера несколько меньше площадей, указанных в каталоге озер КАССР. По этим данным площадь озера составляет 222,1 км<sup>2</sup>, площадь 93 островов — 6,6 км<sup>2</sup> и площадь зеркала озера — 213,5 км<sup>2</sup>.

При исследовании озера выяснилось, что губа, расположенная в северной части озера, в действительности представляет самостоя-

тельное озерко с ясно выраженным стоком в озеро. То же относится к заливу озера на южном берегу, вблизи бывшего села Барышнаволок—Кольчярви. Это озерко Кольчярви имеет протоку в озеро с хорошо выраженным падением. Таким образом, из общей площади озера нами выключена площадь двух прилежащих небольших озер с общей площадью 1,9 км<sup>2</sup>; расхождение в определении площадей озера по каталогу и нами составляет 220,9 км<sup>2</sup> (222,1—1,9) или 0,2%. Это расхождение лежит за пределами точности планиметра.

На карте показано 93 острова с общей площадью 8,6 км<sup>2</sup>. При производстве работ на озере обнаружено 126 островов площадью 10,3 км<sup>2</sup>, т. е. на 1,7 км<sup>2</sup> больше.

Озеро Нюк имеет две вытянутые впадины, пересекающиеся под углом около 60°. Наибольшее простираение имеет впадина, имеющая направление с северо-запада на юго-восток, от Пизьмагубы до губы Хяме, имеет длину 22,5 км. Первая величина условно принята как большая ось озера, вторая — как наибольшая ширина, совпадающая с малой осью. Наибольшая ширина впадины, простирающейся с запада на восток, не превышает 6,1 км, а впадины, имеющей направление с северо-запада на юго-восток — 5,2 км. Многие острова (126) имеют размеры от 0,005 до 1,11 км<sup>2</sup>.

Наиболее крупные острова: Тороссуари, расположенный в западной части оз. Нюк, площадью 1,11 км<sup>2</sup>; Кюнзимасуари, в губе Хяме — 0,92 км<sup>2</sup>; Кеурисуари, расположенный в средней части озера, — 0,85 км<sup>2</sup>.

Береговая линия оз. Нюк и островов сильно изрезана. Длина береговой линии озера составляет 254,6 км, длина береговой линии островов — 121,9 км. Коэффициент извилистости береговой линии озера равен  $\frac{254,6}{51,5} = 5$ . Коэффициент извилистости береговой линии озера

и островов равен  $\frac{376,5}{51,5} = 7,3$ .

Промеры глубин оз. Нюк производились с 29 июня по 1 августа 1950 г. За это время уровень воды озера колебался в пределах 0,05 м. Точность измерения глубин не превышает —0,1 м, поэтому срезка глубин на колебаниях уровня воды оз. Нюк не производилась. Отметка уровня воды озера условно принята 134,5 м абс.

Наибольшая глубина озера — 40 м (отм. 94,5 м) — найдена только в одной точке, в 200 м севернее острова Кеурисуари.

Впадина, простирающаяся с запада на восток от устья р. Ногексы до центрального плеса озера, имеет дно, изобилующее ямами, подводными повышениями, отдельными возвышающимися над водой камнями.

Впадина, тянущаяся с северо-запада на юго-восток от Пизьмагубы до губы Хяме, имеет более плавные очертания дна с горизонталями, вытянутыми примерно параллельно берегам.

В табл. 8 приводятся данные планиметрирования горизонталей и подсчет объема водной части озера.

Средняя глубина озера, полученная как частное от деления объема его на площадь зеркала, — 8,6 м. Средняя глубина озера, полученная делением суммы глубин всех промерных точек на их число, — 9 м. Показатель емкости озера, как отношение средней гл-

бины озера к наибольшей ( $\frac{8,6}{40,0}$ ) = 0,22. Глубины до 6,5 м занимают около половины объема озера. На призму глубиной свыше 10,5 м

Таблица 8

## Гипсографическая характеристика озера Нюк

Отметка (м)	Глубина (м)	Площадь горизонтали		Объем призм (млн. м <sup>3</sup> )	Объем озера	
		км <sup>2</sup>	% от общей		млн. м <sup>3</sup>	% от общего
94,5	40,0	0		0	0	
104,0	30,5	0,17	0,01	0,26	0,26	0,01
108,0	26,5	1,55	0,7	3,44	3,70	0,2
112,0	22,5	6,63	3,1	16,36	20,06	1,1
116,0	18,5	18,37	8,6	50,00	70,06	4,0
120,0	14,5	39,13	18,5	115,00	185,06	10,2
124,0	10,5	70,28	33,0	218,82	403,89	28,0
128,0	6,5	113,16	54,0	366,88	770,77	42,0
132,0	2,5	168,94	80,0	564,21	1334,98	74,0
Урез 134,5	0	210,62	100,0	474,45	1809,44	100,0

приходится 28% объема озера. Объем водного тела озера ниже глубины 30,5 м и составляет всего лишь 0,01%. Кривая площадей и объемов озера в абсолютных величинах и в относительном виде показана на рис. 3.

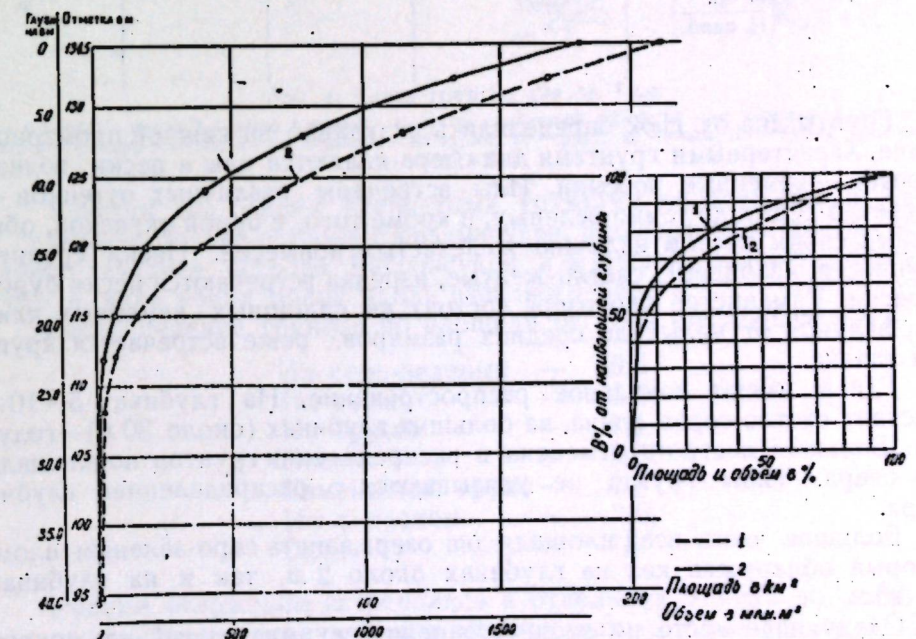


Рис. 3. Кривые площадей и объемов оз. Нюк  
1 — объемы; 2 — площади.

Основной поток воды р. Каменной (Ногекса) направляется от западного берега озера к восточному — к рекам Хяме и Растас, вытекающим из озера. Губы Шаунялакши и Пизьмагуба являются пассивными зонами озера, слабо участвуют в общем водообмене.

Площадь зеркала этих губ составляет 49,73 км<sup>2</sup> или 23,5% от общей площади озера; объем—348,1 млн. м<sup>3</sup>, или 19,3% от общего объема озера. Отчлененной губой является лишь Шаунялакши, с узким входом шириной 0,8 км. Пизьмагуба имеет широкое и открытое горло (ширина в самой узкой части—3,3 км), входящее в наиболее широкую и открытую часть оз. Нюк. Господствующие в летний период ветры северных и южных румбов создают хорошее перемешивание вод озера с водами Пизьмагубы. Губа Хяме пропускает около 60% стока озера и губа Растас—около 40%.

В табл. 9 приводятся основные морфометрические данные по губам оз. Нюк: Шаунялакши, Пизьмагуба, Растас и Хяме.

Таблица 9

Основные сведения по заливам и губам озера Нюк

Показатели	Шаунялакши	Пизьмагуба	Растас	Хяме
Площадь зеркала (км <sup>2</sup> )	8,71	41,02	16,39	26,33
Число островов . . . . .	6	39	3	9
Площадь островов (км <sup>2</sup> )	0,27	3,41	0,14	1,33
Объем (млн. м <sup>3</sup> ) . . . . .	58,53	289,56	82,65	312,76
Средняя глубина (м) . . . . .	6,6	7,0	5,0	11,8
Наибольшая глубина (м)	25,9	26,7	17,5	35,2
Показатель емкости озера ( $\frac{H \text{ ср.}}{H \text{ наиб.}}$ )	0,25	0,26	0,28	0,34

Грунты дна оз. Нюк определялись визуально на каждой промерной точке. Характерными грунтами дна озера являются илы и пески, вблизи берегов — каменные россыпи. Илы встречены различных оттенков — от светло-серых до темно-зеленых, и кроме того, с бурой окраской, обязанные своим цветом наличию железистых примесей. Пески средней крупности, кварцевые, светло-желтые, изредка встречаются пески бурой окраски. Каменистое дно озера состоит из сплошных каменных плит или валунов от малых до средних размеров, реже встречается крупная галька.

Глины имеют локальное распространение. На глубинах 5—10 м залегает светло-серая глина, на больших глубинах (около 30 м)—голубая. Большая пестрота отмечена в распределении грунтов по площади дна озера. Типы грунта не увязываются с распределением глубин озера.

Большая часть всей площади дна озера занята серо-зеленым илом, который обнаружен как на глубинах около 2 м, так и на глубинах 20—25 м.

Следующее место по распространению занимает серый ил, покрывающий значительные участки дна озерной впадины, вытянутой с запада на восток. Бурый ил небольшими вкраплениями встречен во всех частях озера. Наибольшее скопление его в виде крупных пятен выявлено

у западного берега южной части Пизьмагубы, в западной половине центральной части губы Растас и к северо-западу и западу от острова Кюнзимасуари.

Каменистый грунт тянется вдоль берегов озера почти непрерывной полосой. Наиболее широкая полоса каменистого грунта встречена у северного берега губы Растас и в заливе Каллямакши (восточной части Пизьмагубы). Каменистые грунты окаймляют также большинство островов озера.

Песчаные отложения на дне озера распространены в отдельных неглубоких бухточках и вокруг нескольких островов. Наибольшее развитие песчаные грунты достигают в юго-восточной оконечности губы Хяме.

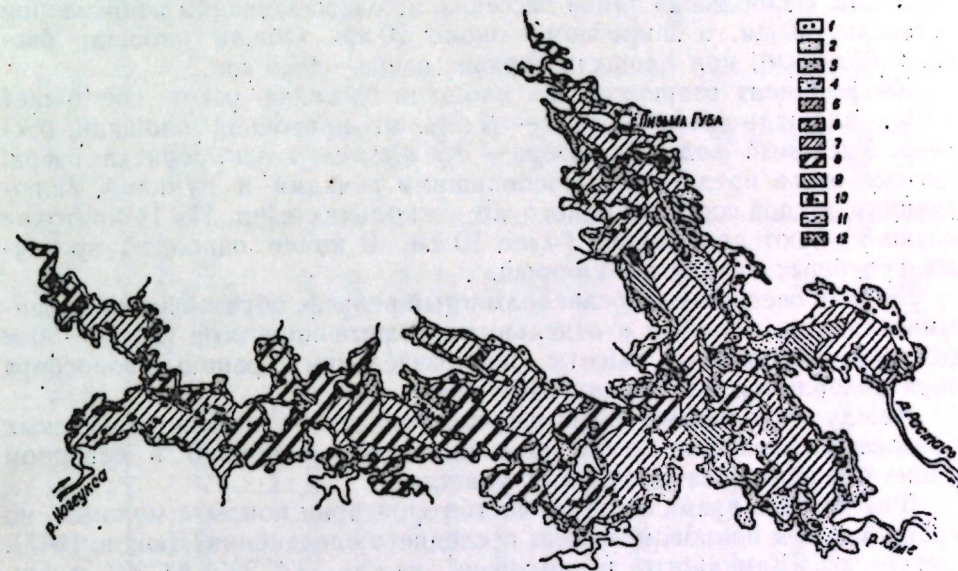


Рис. 4. Карта грунтов дна оз. Нюк.

1 — камни; 2 — песок; 3 — песок с глиной; 4 — песок с железной рудой; 5 — ил с песком; 6 — ил с глиной; 7 — ил серо-зеленый; 8 — ил серый; 9 — ил бурый; 10 — руда; 11 — глина; 12 — бурый ил с вкрапленной рудой.

Участки дна озера с глинистыми грунтами обнаружены в Хяме, а северо-восточнее острова Кюнзимасуари, в центральном плесе озера, северо-западнее острова Рагронсуари и в южной половине Пизьмагубы в виде узких полос вдоль западного берега.

Распределение грунтов по площади оз. Нюк следующее (%):

Ил серо-зеленый	—	49,5
Ил серый	—	25,5
Ил бурый	—	8,5
Песок	—	7,0
Каменистый грунт	—	6,0
Ил с песком	—	2,0
Глина	—	1,5

Рудные отложения встречались в отдельных точках во всех частях озера в очень ограниченных количествах на глубинах от 1—2 до 10—15 м. На рис. 4 дается схематическая карта грунтов дна оз. Нюк. Пробы грунта дна, имеющие по визуальному определению железорудные вкрапления, были подвергнуты химическому анализу. В табл. 10

приводятся результаты химического анализа 13 проб грунта дна оз. Нюк, произведенные химической лабораторией Карельского филиала АН СССР.

Наибольший процент содержания железа отмечен в пробах, взятых в западной части озера, — 41,96 и 42,84% и в губе Хяме — 37,15%. Наибольшее содержание марганца (13,33 и 13,41%) найдено в пробах, взятых в конце губы Шаунылакши и южнее острова Кеуру в средней части оз. Нюк.

Озеро Каменное. Бассейн оз. Каменного расположен в западной наиболее повышенной части района, с абсолютными высотами 200—280 м над уровнем моря.

Озеро Каменное и его бассейн вытянуты в меридиональном направлении. Наибольшая длина бассейна в северо-западном направлении составляет 35 км, в широтном — около 20 км. Общая площадь бассейна 652,9 км<sup>2</sup>, при площади зеркала озера — 95,5 км<sup>2</sup>.

Коэффициент озерности для площади бассейна озера составляет 18,8%, площадь самого озера — 17,2% от приточной площади бассейна. Удельный водосбор озера — 6,9 км<sup>2</sup> на 1 км<sup>2</sup> зеркала озера. Притоки озера представлены небольшими речками и ручьями, включающими в свой состав от одного до нескольких озер. Из 14 притоков только 5 имеют протяжение более 10 км. В конце одной из восточных губ берет начало р. Каменная.

Бассейн озера имеет среднехолмистый рельеф, образованный моренными грядами, холмами и отдельными возвышенностями (до 30—50 м высотой). Абсолютные высоты водораздельной границы водосбора озера колеблются в пределах 240—280 м.

Между отдельными возвышенностями цепочек озов и камовых образований расположено большое число озер, особенно в северном районе бассейна и заболоченных участков.

В настоящее время большая часть территории покрыта мощным, но неравномерным покровом морены последнего оледенения (Дюков, 1947). Контур оз. Каменного расположен между 64°22'—64°34' с. ш. и 30°07'—30°25' в. д. Наибольшая длина озера — 24,4 км, наибольшая ширина — 12,1 км.

Общая площадь озера — 105,5 км<sup>2</sup>. Береговая линия его сильно изрезана и вместе с береговой линией островов достигает 251,6 км.

Основными чертами озера являются: вытянутость в меридиональном направлении, с четырьмя далеко вдающимися в сушу губами или заливами, вытянутыми в широтном направлении. Наиболее изрезан восточный берег озера, имеющий длинные (до 10 км), узкие и глубокие заливы, располагающиеся почти перпендикулярно к простирающему основному озерному плесу.

Западный берег озера имеет более плавные очертания: он представляет собой чередования серпообразных заливов и небольших закругленных мысов.

Поверхность озера разделяется островами и мысами на три плеса. Поперек средней части озера располагается группа крупных и мелких валунных островов, отделяющих узкими проливами северную часть его от средней. Длинный валунно-песчаный оз. тянется с восточной части озера к дер. Тетерनावолок, расположенной на холмистом склоне западного берега озера. Этот оз. вдается узкой косой в озеро на протяжении более 1 км и образует узкую (600—700 м) горловину, соединяющую между собой центральный и южный плесы оз. Каменного.

По крутизне берегов и их высоте оз. Каменное можно подразделить на три района, различных и по строению своего ложа.

Таблица 10

Результаты химического анализа проб грунта дна озера Нюк, взятых в июне-августе 1950 г. (в % к абс. сухой навеске)

№ пробы	Место взятия пробы	Глубина (м)	Наименование грунта	Влажность при 105—110° (%)	Потери при прокаливании	Нерастворимый остаток	Fe	Mn
4	Южнее о-ва Кеурусари	5,0	Гороховидная руда	16,91	10,39	34,23	28,96	11,44
6	Губа Шаунылакши	4,0	Корки черного цвета	12,93	12,67	22,15	28,14	13,33
10	Южнее о-ва Каранго	3,9	Ил бурый	6,03	12,73	68,93	5,49	4,15
11	Южнее о-ва Торосуари	5,0	Ил с конкрециями руды	11,27	14,06	22,82	5,26	9,94
12	Там же	1,2	Конкреции руды	6,52	11,25	—	42,84	1,63
14	Южнее о-ва Кеуру	4,5	Руда темного цвета	14,65	10,82	—	17,98	13,41
3	Губа Юганлакши	5,0	Ил с конкрециями руды	9,55	11,03	38,36	25,17	6,87
9	Сев.-вост. о-ва Кюэнзма	11,8	Корки руды	8,80	13,63	21,49	37,15	2,06
7	Губа Шаунылакши	7,1	Бурый ил	5,49	8,76	60,11	17,29	0,21
82	Зап. о-ва Каллиосуари	5,2	Руда черного цвета	9,96	14,52	—	41,96	4,73
8	Юго-вост. о-ва Кеурусари	3,2	Конкреции руды	3,68	6,74	—	16,12	3,59
23	Южные группы островов Сельгасуари	11,0	Бурый ил с конкрециями руды	10,84	13,47	—	19,22	4,58
27	Зап. о-ва Каранго	6,0	То же	15,24	14,17	—	18,80	1,21

В северной части озера преобладают крутые высокие берега (6—8 м), сложенные валунно-песчаным материалом. Наблюдаются отдельные выходы кристаллических пород, образующие каменисто-галечные берега. Берега этого района представляют склоны холмов и озовые морены (например, у дер. Бабыя Губа, где оз переходит в северо-западном направлении с восточного на западный берег озера), где прибрежная зона состоит из россыпей гальки и гравия и отдельных песчаных кос.

В центральной части озера берег заметно понижается, преобладают пологие песчано-валунные берега; в некоторых местах береговой линии встречаются заболоченные массивы. Почти весь берег южной части озера низменный, заболоченный, а отдельные холмы, поднимаясь на 5—10 м, подчеркивают низменный характер берега.

По озеру наблюдаем чередование типов берегов: моренно-валунный берег сменяется песчаными пляжами или заболоченным берегом; последний переходит в крутой высокий берег, образованный озами и холмами морены.

По характеру дна все озеро разделяется на три области: северную, среднюю и южную.

Северная область озера имеет наиболее сложный рельеф дна и большие глубины. Наибольшие глубины (изобата около 20 м) наблюдаются по обе стороны острова Девичьего, изобаты имеют S-образную форму. Наибольшая глубина этого района и всего озера находится в 100 м южнее оза, проходящего вдоль дер. Бабыя Губа и достигает 26 м. Остров Девичий выступает на поверхность в виде грабена, вокруг которого располагаются наибольшие глубины. От острова на север, северо-запад и северо-восток вытянуты в радиальном направлении заливы (губы) глубиной 10—15 м.

Средняя часть озера, ограниченная широтой дер. Нильмагуба и дер. Тетерनावолок, представляет значительный водный плес с тремя наиболее крупными островами. Рельеф дна ровный и спокойный, с плавным изменением глубин от берега к середине плеса. Ложе озера имеет блюдцеобразную форму, глубины не превышают 15—17 м. В северной области этого района располагается большое количество валунных островов, разделенных между собой узкими и мелкими проливами.

Рельеф дна южного района озера также весьма пестрый и сложный. Дно западной части этого района ровное и нарушается лишь у центральной группы островов. Между островами глубины не постоянны и сильно колеблются от 5 до 15 м.

Таблица 11

## Гипсографическая характеристика оз. Каменного

Изолинии глубин (м абс.)	Глубина (м)	Площадь горизонталей		Объем воды между горизонталями (млн. м <sup>3</sup> )	Суммарный объем озера	
		км <sup>2</sup>	%		млн. м <sup>3</sup>	%
195,0	0	95,50	100,0	400,60	767,20	100,0
190,0	5	64,77	67,8	242,55	366,60	27,8
185,0	10	32,25	34,7	98,90	124,05	16,3
180,0	15	7,31	7,7	22,25	25,15	3,2
175,0	20	1,19	1,25	2,90	2,90	0,4
169,0	26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0

Средняя глубина всего озера, подсчитанная как отношение объема воды к площади зеркала озера, — 8 м. Отношение средней к наибольшей глубине:  $\frac{8}{26} = 0,31$ .

Кривая изменения объема озера по глубине носит плавный характер. Общий объем его составляет 767,2 млн. м<sup>3</sup>. Почти половина всего объема заключена в зоне глубиной 0—5 м.

Острова занимают 10% всей площади озера — 10 км<sup>2</sup>. По величине острова весьма разнообразны. Из общего числа 98 островов только 4 имеют площадь свыше 1 км<sup>2</sup> и 23 — с площадью 0,1 — 1 км<sup>2</sup>; площадь остальных островов не превышает 0,1 км<sup>2</sup>.

Закономерности в распределении островов на озере не существует. Выделяются две группы наиболее крупных островов со значительным числом небольших между ними. Первая группа располагается между северным и средним плесами озера; это — валунно-моренные острова различных размеров. Вторая группа расположена в центральной части южного плеса озера. Размеры островов самые разнообразные; между ними встречаются отдельно выходящие на поверхность каменные гряды. Много мелких островов разбросано по многочисленным губам и заливам озера: Лужмагуба, Нильмагуба.

По составу слагаемых пород острова разделяются на две группы. Крупные сложены коренными породами и прикрыты слоем моренных отложений (валуны, галька, песок). Большинство мелких островов сложено моренным материалом; они небольшой высоты и покрыты кустарниковой и изредка древесной растительностью.

Произведенные полевые визуальные определения грунтов дна озера дают возможность произвести некоторое картирование основных типов грунтов по дну озера (рис. 5). На глубине озера свыше 15 м лежат коричнево-бурые илистые отложения. В зоне 5—15 м глубины преобладает светлый серо-зеленоватый ил. В южной части озера отмечено наличие рудных отложений в виде конкреций.

Озеро Лувозеро. Озеро Лувозеро, площадью зеркала 13,36 км<sup>2</sup> (полная 13,80 км<sup>2</sup>), является одним из озерных участков системы р. Каменной между 83 и 94 км от ее устья. Площадь водосбора у истока из озера р. Воньги (речной участок системы р. Каменной) составляет 1266,1 км<sup>2</sup>; общая озерность для всего бассейна — 12,8%, а удельный водосбор озера возрастает до 95 км<sup>2</sup> на 1 км<sup>2</sup> зеркала.

В озеро впадают, кроме р. Каменной, два наиболее крупных притока всей системы (реки Максим и Кондока) и около десяти мелких ручьев.

От озера в южном направлении местность постепенно повышается и на расстоянии 5—6 км высоты отдельных возвышенностей достигают 250—270 м (абс.), при отметке озера 148,5 м.

Южный район озера представляет собой чередование вытянутых в северо-западном направлении моренных гряд, идущих параллельно простиранию озера. Понижения между ними заняты ручьями с заболоченными берегами и мелкими озерками. Моренные гряды создают камовый ландшафт местности с крутыми облесенными склонами, высотой до 6—8 м. К северу от озера местность более низменная, сильно заболоченная, гряды незначительны по размерам и количеству. Вдоль южного берега озера из дер. Кимасозеро и Лувозеро проходит грунтовая дорога.

Крайними точками озера являются: на западе — устье р. Каменной (64°28' с. ш. и 30°42' в. д.), на востоке (64°24' с. ш. и 30°59' в. д.); северной точкой является залив озера, куда впадает р. Кондока (64°29' с. ш. и 30°43' в. д.).

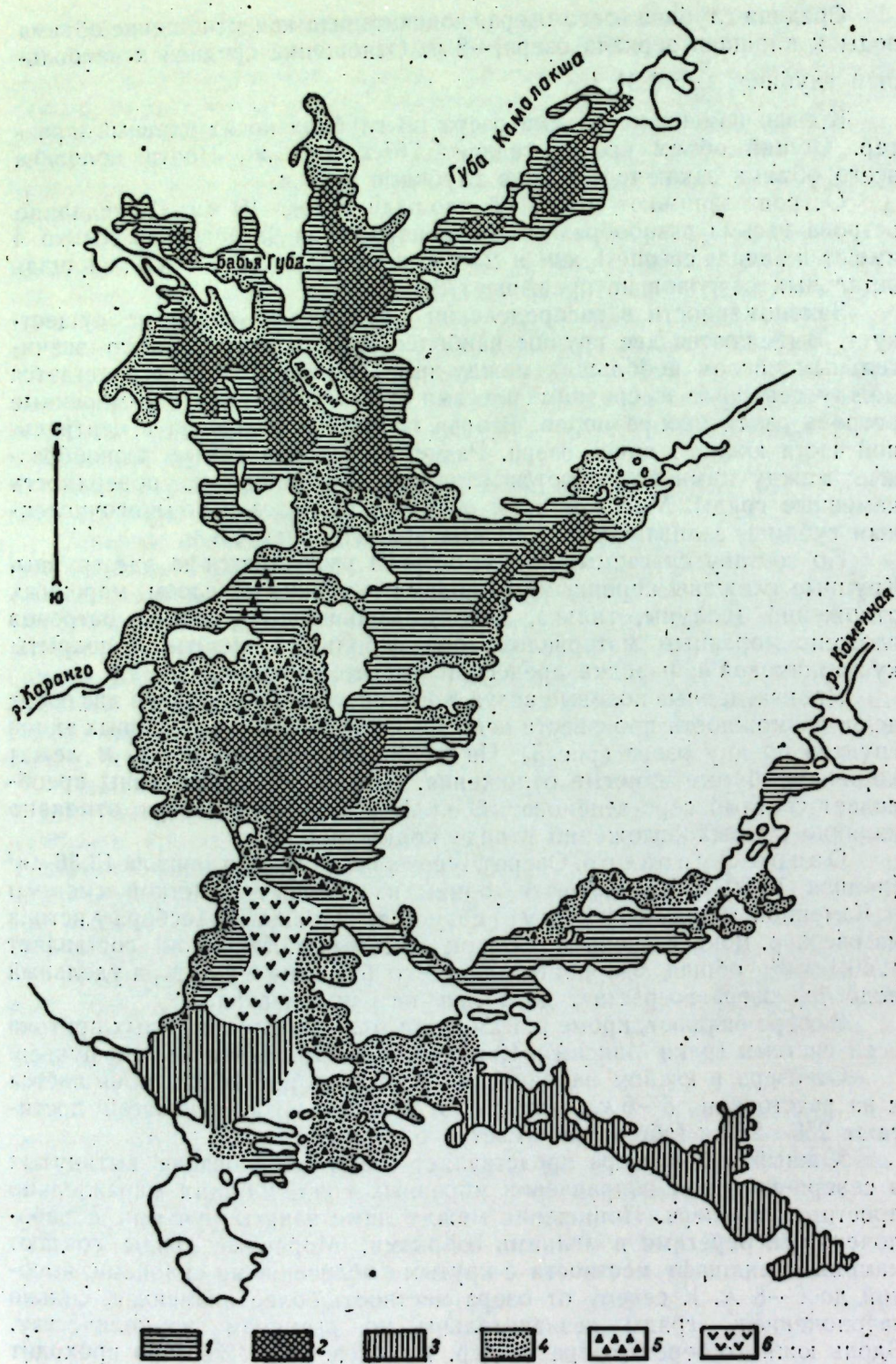


Рис. 5. Карта грунтов дна оз. Каменного

1 — ил светло-зеленоватый; 2 — ил коричнево-бурый; 3 — песок; 4 — галька, гравий и валуны; 5 — рудные отложения; 6 — ил черный.

Озеро Лувозеро вытянуто в северо-западном направлении, где оно более широко (2,3—1,5 км), и уменьшается к юго-западу до 0,3—0,4 км, и на последних 4 км сужаясь до 40—80 м. Длина озера — 16,8 км. Длина береговой линии озера — 44,4 км, с учетом островов — до 51,8 км.

Озеро имеет два плеса — западный и восточный, отделенные узким и коротким проливом. В западной части озера береговая линия изрезана и много островов. Восточная линия озера почти прямолинейна и вытянута на протяжении 10 км; берега ровные, острова почти отсутствуют.

Южный берег озера почти на всем протяжении сложен мореной. Склоны озов, вытянутые вдоль южного уреза воды озера, образуют крутые (40—60°) высокие берега (до 6—8 м), сложены валунами и песками морены. Встречаются низкие заболоченные берега, приуроченные к разрывам сплошной линии озов.

Северный берег озера в основном образован моренными грядами, но меньшей высоты и крутизны склонов. Преобладают валунно-каменистые берега озера; в западной части озера наблюдаются песчаные берега и отмели.

В прибрежной зоне на глубинах до 2 м наблюдаются заросли водной растительности (тростник, кувшинка, осока). Наибольшее распространение водная растительность имеет в западной части озера, в северном заливе его и возле дер. Лувозеро, между окружающими ее островами. В этих местах площадь водной растительности достигает 2—3 га, в остальных частях озера растительности либо отсутствует, либо на протяжении 100 м тянется вдоль берега узкой, полосой в 3—5 м, как например, у впадения в озеро р. Максим.

Число островов (19) значительно, но общая их площадь 0,4 км<sup>2</sup>, или 2,5% от всей площади озера. Острова по размерам небольшие, длиной 80—100 м и шириной 30—50 м. Возле дер. Лувозеро расположен самый крупный остров (0,7×0,2 км). Почти все острова располагаются в средней части западного плеса; в восточном районе озера всего два небольших острова. Все острова сложены моренным материалом, задернованы и покрыты луговой и древесной растительностью. Берега их невысокие, сложены валунами и песками.

Общий характер рельефа дна соответствует конфигурации озера. Наибольшие глубины вытянуты в направлении простирания озера (на северо-запад) и являются, вероятно, впадинами между озами и моренными валами.

Отмечается значительная разница в рельефе дна восточной и западной частей озера. Западный район разбит большим числом островов и подводных повышений. Наибольшие глубины не превышают 15 м; в восточной части этого района, возле пролива, соединяющего два плеса озера, имеется небольшая впадина, глубиной до 20 м. Восточная часть озера более глубока и однообразна. Наибольшие глубины находятся вблизи крутого и обрывистого южного берега, глубина озера в отдельных частях достигает 25 м. В этой части озера имеется вытянутая в северо-западном направлении глубокая впадина с крутыми подводными склонами. В юго-восточной части озера глубины около 5—7 м. В табл. 12 приводятся данные по распределению площади и объема озера.

Средняя глубина озера — 5,7 м (делением объема озера на площадь его зеркала). Отношение средней глубины к наибольшей  $\frac{5,7}{25} = 0,23$ . Общий объем воды озера — 76,39 млн. м<sup>3</sup>, при объеме среднегодового

притока 500 млн. м<sup>3</sup>. Почти половина всего объема заключена в верхнем слое, до глубины 3,5 м. Показатель условного водообмена озера — 6,9.

Дно Лувозера выложено илами и песчано-валунными отложениями. Илы занимают центральную часть на наиболее глубоких местах (от 5 м и ниже) — светло-серо-зеленые, зеленовато-черные и других сочетаний. На береговых отмелях между островами преобладает песчано-валунный грунт. Песчаные массивы редки и незначительны по площади. В 0,5 км восточнее дер. Лувозеро обнаружена на глубинах 6—8 м корка рудоносных отложений. В восточной части озера встречаются рудные образования в виде конкреций.

Таблица 12

## Гипсографическая характеристика Лувозера

Изолинии глубин (м абс.)	Глубина (м)	Площадь		Объем воды между горизонталями (млн. м <sup>3</sup> )	Суммарный объем	
		км <sup>2</sup>	%		млн. м <sup>3</sup>	%
148,5	0,0	13,36	100,0	37,06	76,39	100,0
145,0	3,5	7,82	58,7	27,85	39,33	51,5
140,0	8,5	3,32	24,8	7,85	11,48	15,0
135,0	13,5	0,82	6,2	2,80	3,63	4,8
130,0	18,5	0,30	2,2	0,80	0,83	1,1
125,0	23,5	0,03	0,2	0,03	0,03	0,4
123,5	25,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0

Кимасозеро. Среднюю часть системы р. Каменной между 49,0 и 73,0 км от ее устья, занимает Кимасозеро. Оно сравнительно узкое и вытянуто на 24,0 км, при наибольшей ширине 2,6 км.

В северо-западной части оно начинается небольшим расширением, куда приносит свои воды р. Воньга. Из восточной части озера к северу вытекает р. Ногукса, представляющая собой короткий (3,8 км) с большим падением речной участок, связывающий воды верхнего участка р. Каменной с оз. Нюк (Попенко, 1949, 1950).

Площадь водосбора озера составляет 2458,9 км<sup>2</sup>, в том числе 891,4 км<sup>2</sup> (47%) — площадь водосбора самого озера. Удельный водосбор озера 75 км<sup>2</sup>. Более значительные притоки впадают в восточной части озера с южной стороны (реки Пертиёки, Машельга и др.). С севера в озеро впадают три ручья и р. Люнхёки. Прилегающая к озеру местность имеет довольно пересеченный рельеф, образованный параллельными моренными грядами, вытянутыми вдоль озера в северо-западном направлении. Моренные отложения (валуны, пески) покрыты тонким покровом супесчано-глинистых почв, на которых развита хвойная растительность — ель, сосна.

Вдоль южного берега озера проходит грунтовая дорога, связывающая дер. Лувозеро через дер. Кимасозеро с районным центром с. Ругозеро.

Озеро лежит между 64°27'20" с. ш. и 30°59'20" в. д. (устье р. Воньги) и 64°22'40" с. ш. и 31°21'50" в. д. (впадение притока р. Пертиёки).

Площадь Кимасозера 38,8 км<sup>2</sup>, а его зеркала 33,8 км<sup>2</sup>; длина береговой линии вместе с островами — 130,4 км. В плане озеро вытянуто в северо-западном направлении. Береговая линия сильно изрезана — с большим количеством заливов, губ и островов.

Значительное число островов и мысов создает большую расчлененность озера. Местами ширина водной поверхности не превышает 100—200 м.

Берега озера и островов сложены размытым моренным материалом и состоят из валунных россыпей, песчаных и глинистых отложений. Преобладают низкие пологие берега. От уреза воды до линии высоких вод берег обнажен и состоит из валунов и песчано-глинистых отложений; выше берег задернован супесчано-суглинистыми грунтами, на которых развита древесная и кустарниковая растительность. Низкие заболоченные берега приурочены к заливам и к устьевым участкам притоков озера.

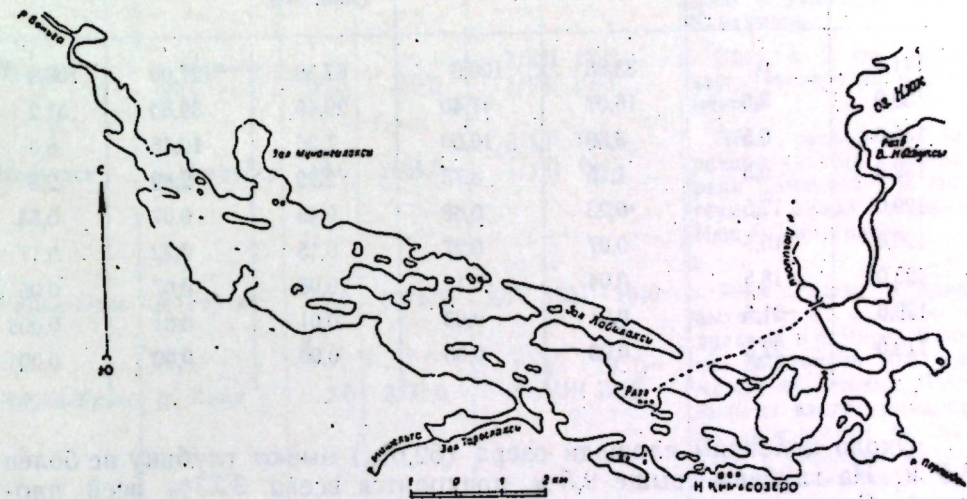


Рис. 6. План оз. Кимасозера

Острова занимают 5,4 км<sup>2</sup>, или 14% от площади озера. Преобладают острова площадью менее 0,1 км<sup>2</sup>; два острова площадью более 0,5 км<sup>2</sup>. Острова вытянуты в северо-западном направлении, высотой 1—3 м, сложены валунами и песками. Почвенный покров незначительной мощности (супеси и суглинки). Встречаются узкие и несколько более высокие острова — до 4,0 м; это — верхняя часть моренных гряд и оз. Наиболее крупный остров озера (около 1,8 км<sup>2</sup>) расположен в 1 км северо-восточнее дер. Новое Кимасозеро и в 2 км от дер. Кимасозеро; он занимает почти всю восточную часть озера, образуя узкие проливы шириной 80 м у северного берега и до 200 м у южного берега.

Характерно четкообразное расположение островов и вытянутость их дугообразно вдоль озера. Группы таких островов являются продолжением мысов озера.

С узкой вытянутой формой озера и расчленением поверхности его островами связано чрезвычайно неправильное строение дна озера. Горизонтالي дна вытянуты в северо-западном направлении. В средней части озера преобладают глубины в 3—5 м; понижения дна, продолговатые котловины вытянуты вдоль озера. Центральная и западная области озера мелководные, отдельные понижения не превышают 9—10 м. Между островами, расположенными возле дер. Кимасозеро, отдельные впадины имеют глубину 12—14 м.

Более глубоководной частью озера является северо-восточный плес. Почти половина площади этого плеса имеет глубины более 10 м; в самом восточном углу его расположены наибольшие глубины всего озера, достигающие 22,5 м. О распределении глубин по площади озера и объемам воды между изолиниями глубин можно судить по табл. 13.

Таблица 13

## Гипсографическая характеристика Кимасозера

Изолинии глубины (м абс.)	Глубина (м)	Площадь		Объем воды между горизонталями (млн. м <sup>3</sup> )	Суммарный объем	
		км <sup>2</sup>	%		млн. м <sup>3</sup>	%
141,5	0	33,86	100,0	87,36	127,00	100,0
138,0	3,5	16,07	47,40	29,49	39,64	31,2
135,0	6,5	3,59	10,60	7,26	10,15	8,0
132,0	9,5	1,26	3,73	2,22	2,89	2,3
129,0	12,5	0,23	0,68	0,45	0,67	0,53
126,0	15,5	0,07	0,27	0,15	0,22	0,17
123,0	18,5	0,04	0,12	0,06	0,07	0,05
120,0	21,5	0,01	0,03	0,01	0,01	0,008
119,0	22,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Около половины площади озера (52,6%) имеют глубину не более 3,5 м. На глубины свыше 9,5 м приходится всего 3,73% всей площади. Средняя глубина озера — 3,3 м. Отношение средней глубины к максимальной  $\frac{3,3}{22,5} = 0,15$ , что значительно ниже среднего значения этого показателя для озер Карелии.

Общий объем озера 127 млн. м<sup>3</sup>; в верхней толще до 3,5 м заключается 87,36 млн. м<sup>3</sup> (69%).

Грунты дна озера разнообразны. В прибрежной зоне они в основном состоят из песчано-глинистых отложений с валунами. В этой зоне развита водная растительность, преобладают тростниковые и осоковые. На глубинах 3—4 м в западной и центральной частях озера обнаружены участки светло-голубой глины, плотной и вязкой. На глубинах свыше 4—5 м лежат илы светло-зеленые, зеленые и темно-бурые. В зонах распространения бурых илов встречаются уплотненные образования, красно-бурого цвета, конкреции руды.

## ГИДРОЛОГИЯ

Число гидрологических станций в бассейне р. Каменной значительно, но наблюдения на них велись с пропусками и одновременно (табл. 14).

В 1941 г., из-за войны, гидрометеорологическая сеть в бассейне прекратила работу. Летом 1949 г. гидрологическим отрядом Карельского филиала АН СССР были вновь открыты временные водомерные посты, часть которых, по договоренности с КФ УГМС, с 1950 г. перешла в государственную гидрологическую сеть.

Таблица 14

## Гидрологические станции и посты

Пункт	Река или озеро	Расстояние от устья (км)	Площадь водосбора (км <sup>2</sup> )	Период работы	Примечание
Лужмагуба	р. Каменная	118,3	652,9	23/III 1931—1936	Пост в истоке из оз. Каменного. Расходы измерялись в створе вод. поста и в канале и связаны с уровнями озера Каменного.
Лувозеро	р. Каменная	96,0	759,0	7/XII 1933—1/VII 1941	Пост в 5 км выше дер. Лувозеро на р. Каменной.
Ногееукса	р. Ногееукса	48,0	2464,0	3/XII 1933—1/VII 1941	Пост расположен на речном участке системы реки Каменной — р. Ногееукса, между озерами Нюк и Кимасозеро.
Чирка-Кемь	р. Растас	2,0	3271,0	2/IV 1931—1936	Реки Растас и Хяме вытекают из оз. Нюк и впадают в р. Чирка-Кемь на расстоянии 0,5 км между их устьями. Расходы их взяты суммарно по двум постам и связаны с уровнями на оз. Нюк (Пизьмагуба).
Чирка-Кемь	р. Хяме	2,0	3271,0	1/IV 1931—31/VIII 1935	
Пизьмагуба	оз. Нюк	—	3214	июль 1931—1941 с 14/XII—1945 действует	Материалы за 1936—1941 гг. утрачены.
Водомерные посты, открытые в 1949 г.					
Лувозеро	р. Каменная	96,0	759,0	28/VII 1949	
Ногееукса	р. Ногееукса	48,0	2464,0	26/VIII 1949	
Бабя Губа	оз. Каменное	—	652,9	12/VII 1949	Передан УГМС КАССР

Для характеристики хода уровней воды в бассейне были использованы опубликованные данные об уровне режиме по постам Лужмагуба, Лувозеро, Ногееукса, Пизьмагуба и по рекам Хяме и Растас (Гидрологические ежегодники, материалы по режиму рек СССР, 1940).

Большие противоречия в исходных данных имеются в наблюдениях над стоком.

В устьевом участке реки суммарный сток по рекам Хяме и Растас не подсчитан из-за отсутствия данных по стоку за зимний период. Обращает внимание высокое значение модуля стока для верховьев реки (табл. 15)



Общий характер изменения уровней в году в озерах соответствует колебанию уровней речных участков системы р. Каменной. Уровни оз. Каменного характеризуются очень плавным ходом. Среднегодовая амплитуда колебаний уровней воды в нем не превышает 70—80 см.

Амплитуда колебаний уровней Лувозера и Кимасозера, имеющих небольшую аккумуляционную способность, достигает 1,2—1,5 м. По оз. Нюк имеются наблюдения по уровням за 8 лет. Ценность материалов по колебанию воды озера была бы значительно выше, если бы не было утраты наблюдений за 1935—1941 гг. и наблюдения всех лет были бы связаны между собой одним нулем графика (нуль графика менялся 3 раза).

Годовой ход уровней оз. Нюк сходен в основном с колебаниями горизонтов воды вышележащих речных и озерных звеньев р. Каменной. В апреле — начале мая происходит весенний интенсивный подъем уровней, после чего наступает медленное падение почти по сентябрь-октябрь. Осенью отмечаются иногда повышения горизонта воды до 0,5 м над летней меженью (август 1949 г.). Наивысшая амплитуда годового колебания уровня наблюдалась в 1949 г. — 1,09 м, при средней за 7 лет — 0,81 м. 1947 г. интересен чрезвычайно плавным ходом уровня воды и наименьшей годовой амплитудой.

Термический режим вод бассейна является производной величиной от температурных условий района. Температура воды в летний период в общих чертах следует за ходом температуры окружающего воздуха. Накопленная в летний период тепловая энергия, аккумулируемая в озерах, способствует сохранению запасов тепла в водах бассейна до ноября-декабря, когда уже наблюдаются довольно низкие температуры воздуха.

В табл. 17 приводятся экстремные декадные и наивысшие годовые температуры воды для двух пунктов р. Каменной (пункты Лувозеро и Ногеукса) за 1936—1940 гг.

Таблица 17

## Температура воды по месяцам

Пункт	t°С	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Макс. за год	
										t°С	дата
Лувозеро	Макс.	10,7	19,3	20,9	18,6	15,4	8,2	1,6	1,3	22,5	30/VII 1938 г.
	Миним.	1,7	8,6	15,8	14,3	5,1	0,2	0,0	0,0	—	—
Ногеукса	Макс.	11,3	20,1	23,1	19,9	16,9	9,1	2,2	—	24,9	30/VII 1938 г.
	Миним.	0,0	9,4	16,6	16,2	6,0	0,3	0,0	—	—	—

Большинство рек бассейна представляет собой порожистые потоки с большим падением и скоростями течения. При больших скоростях течения (свыше 2,5 м/сек) на речных участках ледяной покров образуется только в суровые зимы. На этих участках ледовые образования выражаются в образовании заберегов, шуги и донного льда. Ледообразование на водоемах начинается в ноябре с образования заберегов, которые в декабре затягиваются, и озеро или река покрываются сплошным ледяным покровом.

В табл. 18 приводятся сведения о фазах ледового режима р. Каменной (пункт Лувозеро); эти данные могут быть распространены на озера бассейна.

На оз. Нюк ледяной покров в среднем держится в течение 192 дней, начиная с 27 октября и продолжаясь по 10 мая. Сроки замерзания колеблются от средней даты на  $\pm 7$  дней, а вскрытия озера на  $\pm 5$  дней. В средней части озера установление ледяного покрова происходит на 10—15 дней позднее, что обусловлено действием волнения, особенно сильного в осенние месяцы.

Исходными данными для приближенной оценки водоносности р. Каменной послужили опубликованные данные по стоку (Материалы по режиму рек СССР, 1940) для пункта Лужмагуба и суммарный сток по протокам Хяме и Растас, а также материалы по водоносности реки для п. Лувозеро (Справочник по водным ресурсам СССР, 1952).

По всей системе р. Каменной измерения расходов производились в трех пунктах (см. табл. 14).

В истоке реки из оз. Каменного (пункт Лужмагуба) измерения расходов производились в течение 1931—1934 гг.; за этот период взято 47 расходов воды, по которым построены три кривые расходов: а) для основного гидроствора, б) для канала, по которому идет сток при больших горизонтах воды, и в) суммарная.

В месте впадения р. Каменной в оз. Лувозеро (пункт Лувозеро) в течение 1934—1939 гг. было произведено измерение 20 расходов в летний период и 13 — в зимний. Измерения расходов в этом пункте охватывают довольно равномерно все годы наблюдений и освещают 80% амплитуды колебания уровней воды. Для подсчета стока построены летняя и зимняя кривые расходов.

В устье системы р. Каменной расходы воды замерялись на закрытых в 1935—1936 гг. станциях, расположенных на протоках Хяме и Растас. В период 1931—1934 гг. было получено 54 расхода летних и 6 зимних. Суммарный сток (по Хяме и Растас) подсчитан по кривой расходов, отнесенной к уровням оз. Нюк.

Данные по стоку у дер. Лужмагуба и по рекам Хяме и Растас имеют неполный и короткий период наблюдений и, по-видимому, преувеличены, вследствие отнесения кривой расходов к уровням оз. Каменное и Нюк) и ввиду подсчета зимнего стока по летней кривой для пункта Лужмагуба; зимний сток по рекам Хяме и Растас не подсчитан.

Для трех характерных лет максимальные расходы всего в 3—4 раза превышают годовую норму стока; наименьшие расходы составляют 0,3—0,4 от среднегодовых. За весь период наблюдений (1934—1939) абсолютная амплитуда расходов воды колебалась в пределах 1,74—30,4 м<sup>3</sup>/сек, т. е. максимум в 17 раз превышает самый низкий расход за этот период.

В изменении стока в году усматривается обычно два максимума в теплый период года (весенне-летнее половодье и осенний паводок) и равномерное уменьшение стока в течение зимнего периода. В весенне-летнее половодье, начинающееся в апреле и достигающее максимума в мае-июне, проходит около половины годового стока реки. В августе-сентябре сток реки незначителен (меженный сток), расходы воды в этот период устойчивы. В октябре-ноябре, в связи с осенними осадками, увеличивается сток, размеры которого в отдельные годы почти достигают величин весеннего половодья.

## Вскрытие и замерзание

Период наблюдений	Вскрытие			Очищение ото льда		
	раннее	среднее	позднее	раннее	среднее	позднее
1934—1939	23/IV 1937	1/V	12/V 1939	25/IV 1937	5/V	17/V 1939

Отсутствие годовых значений стока для устьевой части системы р. Каменной, а также несоответствие значений расходов для п. Лужмагуба и Лувозеро затрудняют расчет изменения водоносности реки по ее длине. Стоковые характеристики р. Каменной приходится определять косвенными методами. Сток рек Хяме и Растас подсчитан только за период открытого русла.

Таблица 19

## Среднемесячные суммарные расходы рек Хяме и Растас

Годы	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Наибольший расход	
										м <sup>3</sup> /сек	дата
1931	—	—	—	—	—	60,4	54,9	50,2	46,7	—	—
1932	—	—	71,4	73,6	60,6	38,2	31,0	49,4	50,8	109,0	25/V
1933	—	—	34,4	62,3	66,5	59,0	33,9	25,9	—	72,9	15—17/VII
1934	—	15,4	89,9	69,0	51,3	34,0	21,2	22,1	39,2	107,0	17—20/V.
1935	—	—	—	92,1	46,1	35,5	30,2	69,0	78,0	105,0	12/V

Учитывая сходство физико-географических условий и естественную зарегулированность стока озерами, в качестве аналогов для приближенного расчета стока р. Каменной были использованы материалы по стоку

Пост	Река
Юшкозеро	Чирка-Кемь
Лувозеро	Каменная
Лужмагуба	Каменная
Чирка-Кемь	Хяме и Растас
Кошкин Наволок	Лендерка

Анализ распределения стока по месяцам за отдельные годы показал, что указанные гидрологические створы имеют одинаковое распределение стока по месяцам. Это дало возможность дополнить значения стока для зимних месяцев и подсчитать величину суммарного среднегодового стока рек Хяме и Растас. Величина среднегодового расхода получилась 41,2 м<sup>3</sup>/сек, что соответствует модулю стока в 12,6 л/сек с 1 км<sup>2</sup>.

Таблица 18

## р. Каменной (пост Лувозеро)

Начало осеннего ледохода			Начало ледостава			Число дней, свободных ото льда		
раннее	среднее	позднее	раннее	среднее	позднее	наибольшее	среднее	наименьшее
2/XI 1939	9—18/XI	22/XI 1935	19/XI 1934	24/XI	22/XII 1935	199	184	170

Сравнительная характеристика водоносности этих рек позволяет подтвердить сделанный расчет среднемноголетней величины модуля стока для р. Каменной, которая округленно принимается в 12,5 л/сек с 1 км<sup>2</sup>.

Распределение стока по рекам Хяме и Растас за имеющийся период наблюдений соответственно составляет 60 и 40% от суммарного стока из озера. Наибольший расход воды на Хяме составляет около 65 м<sup>3</sup>/сек, а на Растас — 44 м<sup>3</sup>/сек. Наименьшие летние расходы для Хяме — 10,5 м<sup>3</sup>/сек, при 7 м<sup>3</sup>/сек расхода Растас.

Таблица 20

## Сравнительная характеристика стоковых пунктов

Пункт	Система реки	Площадь водосбора (км <sup>2</sup> )	Коэффициент озерности	Модуль стока (л/сек с 1 км <sup>2</sup> )	Примечание
Юшкозеро . . . . .	Чирка-Кемь	8050	9,3	11,1	Пост расположен в устье р. Чирка-Кемь
Лувозеро . . . . .	Каменная	759	16,0	9,3	
Лужмагуба . . . . .	"	652,9	18,8	17,8	
Чирка-Кемь . . . . .	"	3271	14,7	12,5	Устье р. Каменной
Кошкин Наволок	Лендерка	4040	13,5	12,0	Модуль стока средний за 10 лет. Створ расположен на р. Лендерке, которая граничит с р. Каменной

Объем годового стока в устье р. Каменной, при принятом модуле стока в 12,5 л/сек с 1 км<sup>2</sup>, составляет 1,28 км<sup>3</sup> в год, что соответствует среднегодовому расходу реки в 40,8 м<sup>3</sup>/сек. Для истока р. Каменной в месте выхода ее из оз. Каменного, принят среднегодовой расход в 9,0 м<sup>3</sup>/сек, для р. Ногеексы — 32 м<sup>3</sup>/сек.

Очень интересной гидрологической характеристикой проточных озер, позволяющей в общих чертах оценивать происходящие в них процессы режимного характера — изменения уровня, химизма вод, термичности и др. — является коэффициент условного водообмена (С. В. Григорьев), показывающий, какую часть годового притока воды в озеро составляет собственный объем озера.

Наличие в естественных водоемах полуразобренных частей (губ, заливов, впадин и пр.), естественно, меняет показатель водообмена в этих частях озера и, напротив, увеличивает степень водообмена для частей озера, где возможен транзитный сток воды.

Общий для всего оз. Нюк показатель условного водообмена составляет 0,71 или, условно, в течение года озеро может сменить почти  $\frac{3}{4}$  всего своего объема. Озеро Каменное имеет коэффициент условного водообмена 0,34. Высокий коэффициент водообмена имеет Кимасозеро.

Основные притоки р. Каменной имеют следующую водоносность, рассчитанную по величине площади их бассейнов и при принятом модуле стока для всего бассейна в 12,5 л/сек с 1 км<sup>2</sup>:

Реки	м <sup>3</sup> /сек
Кондока	2,7
Максим	2,4
Вонгозерка	9,2
Машельга	2,1
Пертиёки	2,7
Люихиёки	1,3

Принятая средняя величина модуля стока для бассейна р. Каменной в 12,5 л/сек с 1 км<sup>2</sup>, возможно, несколько завышена, так как по карте среднегодового стока рек Европейской части СССР (В. Д. Зайков, 1946) по бассейну проходят изолинии в 10 и 15 л/сек с 1 км<sup>2</sup>.

Физические и химические свойства вод озер<sup>1</sup>. Материалы по гидрофизике и гидрохимии озер и рек бассейна до 1949 г. отсутствовали. Работы гидрологических отрядов по исследованию р. Каменной дали материал, позволяющий в общих чертах охарактеризовать химию вод бассейна.

Впервые изучение химического состава и физических свойств вод объектов системы р. Каменной проводилось в июне, июле, августе 1949 и 1950 гг.

На прилагаемой схеме гидрохимической изученности бассейна р. Каменной (рис. 7) нанесены места гидрохимических станций, список которых приводится в табл. 21.

В 1949 г. на исследованных озерах и реках были взяты 23 станции: по оз. Каменному — 7, по оз. Лувозеру и его притокам — 6, по Кимасозеру и его притокам — 5, по речным звеньям главной водной магистрали (реки Каменная, Воньга, Ногёукса) — 5.

В 1950 г. проведены гидрохимические исследования на 49 станциях, из которых 46 приходятся на оз. Нюк: 3 станции были взяты для увязки и контроля определений 1949 г. (две станции на Кимасозере и одна на р. Ногёуксе).

Для оз. Нюк, ввиду однообразия химического состава воды, использованы наиболее характерные и типичные для озера 17 станций, из которых 2 (№ 37 и 38) располагаются в истоках рек Хяме и Растас.

На озерных станциях, при больших глубинах, производились гидрохимические определения на нескольких горизонтах (от 2 до 4). По всем гидрохимическим станциям, а также на разных горизонтах взятия проб были сделаны 4 полевых анализа и 8—10 — в лаборатории гидрохимии филиала АН СССР. На изучаемых объектах опреде-

<sup>1</sup> Раздел составлен по материалам полевых отчетов Г. В. Федоровой и Н. П. Масловой (оз. Нюк).

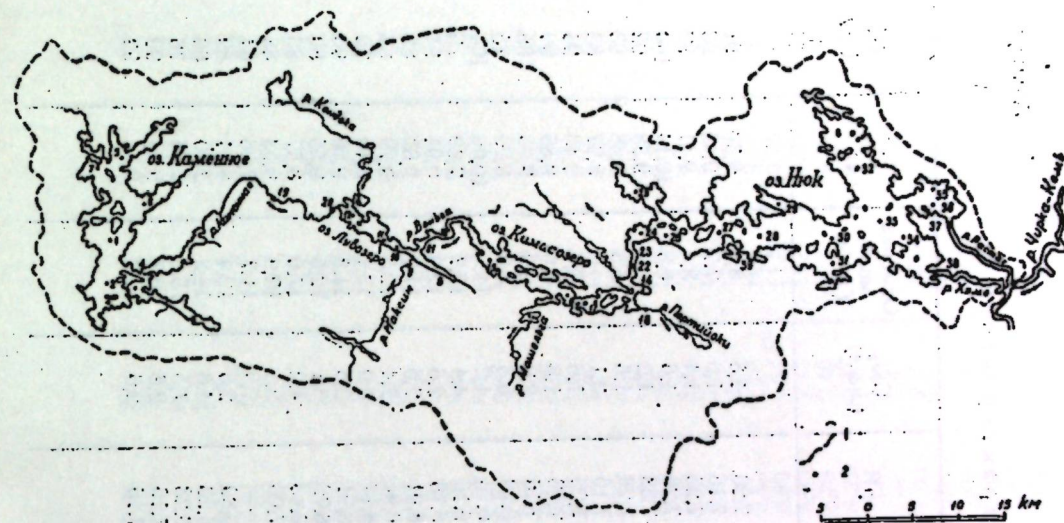


Рис. 7. Схема гидрохимической изученности вод бассейна р. Каменной  
1 — граница бассейна; 2 — гидрохимическая станция.

лялись газовый состав ( $O_2$ ,  $CO_2$ ), концентрация ионов водорода (рН) и окисляемость.

В 1950 г. в стационарной полевой лаборатории был произведен ряд лабораторных определений: нитратов, нитритов, фосфора, железа, агрессивности воды.

Одновременно с химическим составом изучались физические свойства воды (температура, прозрачность, цветность и др.).

Для получения полного анализа воды пробы консервировались и отправлялись в Петрозаводск, где в лаборатории гидрохимии отдела гидрологии определялись ингредиенты:  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $SO_4^{--}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $K+Na$ ,  $Si$ , жесткость и цветность воды.

При производстве полевых и лабораторных анализов применялась методика, рекомендуемая Государственным гидрологическим институтом (Алекин, 1940).

Озеро Каменное обладает отличными от остальных озер бассейна физическими свойствами и химическим составом воды.

Вода озера отличается чистотой и сравнительно большой прозрачностью — в пределах 3,3—5 м. Наибольшая прозрачность (4,5—5 м) наблюдается на широких плесовых участках и в местах, значительно отдаленных от берегов.

Цветность воды (в градусах платиново-кобальтовой шкалы) сравнительно небольшая и изменяется в пределах 37—52°.

Поверхностная температура воды в июле 1949 г. держалась от 14,3 до 15,8°С. На всех станциях наблюдалось постепенное понижение температуры с глубиной. Наибольшая разница между поверхностной и придонной температурами отмечена на ст. 7. Здесь на глубине 25 м температура была на 5° ниже поверхностной, но и это изменение температуры происходило постепенно, без скачка (рис. 8).

Несмотря на значительные размеры озера и его расчлененность, химический состав верхних слоев воды почти во всех частях озера одинаков.

Активная реакция поверхностных слоев воды близка к центральной и рН изменяется в пределах 7,26—7,38.

Гидрохимические станции и физико-химические характеристики вод систем р. Каменной

№ стан-ции	Дата взятия пробы	Водный объект	Глубина места (м)	Горизонт (м)	°С	Прозрач-ность (м)	Цвет-ность (грал.)	pH	CO <sub>2</sub> (мг/л)	Окисляе-мость (мг/л)	O <sub>2</sub> (мг/л)	O <sub>2</sub> (%)
1	28/VII 1949	Озеро Камешное	10,0	0,5	14,3	3,3	42	7,26	1,5	8,8	9,30	91
1	-	-	10,0	8,0	14,2	-	46	7,16	1,6	7,7	9,45	93
2	-	-	11,0	0,5	14,5	5,0	52	7,26	1,4	8,4	9,41	92
3	-	-	11,0	0,5	14,8	4,3	37	7,26	1,6	6,8	10,14	100
4	-	-	12,0	0,5	14,6	3,8	39	7,38	1,2	8,3	9,38	92
5	29/VII 1949	-	16,5	0,5	14,8	3,4	43	7,26	1,6	6,8	9,48	93
5	-	-	16,5	15,0	12,2	-	-	7,16	3,1	-	8,97	83
6	-	-	10,0	0,5	15,8	4,5	40	7,26	1,6	6,7	9,43	95
6	-	-	26,5	0,5	15,8	3,8	42	7,26	1,5	7,6	9,86	99
7	31/VII 1949	-	26,5	15,0	12,9	-	-	7,16	2,9	6,9	9,03	85
7	-	-	26,5	25,0	10,8	-	-	6,78	5,3	4,5	8,29	75
8	1/VII 1949	Лувозеро	5,0	0,5	16,7	-	69	6,78	4,2	11,8	10,06	104
9	-	Река Максимел	1,8	0,5	13,6	-	176	6,16	4,4	17,7	7,89	76
10	-	Лувозеро	25,0	0,5	13,0	3,6	76	6,78	2,6	12,0	9,94	94
10	-	-	25,0	23,5	11,2	-	94	6,91	2,6	11,7	9,60	88
11	2/VII 1949	-	20,0	0,5	13,8	3,1	168	6,91	2,4	12,3	9,79	84
11	-	-	20,0	18,0	9,7	-	81	6,17	3,0	12,1	8,19	72
12	-	-	15,5	0,5	15,0	-	82	6,91	2,6	11,8	9,66	96
12	-	-	15,5	14,0	11,0	-	91	6,78	3,1	12,5	9,55	80
13	-	Река Кондока	2,5	0,5	16,0	-	205	6,43	4,2	17,0	8,57	86
14	24/VIII 1949	Кимасозеро	22,0	0,5	11,9	1,9	81	7,03	2,1	11,7	9,53	88
14	-	-	22,0	20,5	8,1	-	112	-	1,9	11,7	7,56	64
14	3/VII 1950	-	22,0	0,5	19,0	2,0	-	6,80	2,5	12,4	8,44	89
14	-	-	22,0	10,0	10,2	-	-	6,23	4,6	14,2	7,80	69
14	-	-	22,0	20,0	9,9	-	-	6,23	7,5	15,6	7,36	76
15	25/VIII 1949	-	10,2	0,5	12,2	2,1	85	7,16	2,6	10,7	9,68	90
15	-	-	10,2	8,5	11,9	-	76	7,16	2,6	12,2	9,74	90

16	25/VIII 1949	Кимасозеро	3,0	0,5	12,0	2,0	97	7,26	2,6	11,5	9,94	92
17	3/VIII 1950	-	8,0	0,5	17,5	2,2	-	6,80	2,5	12,3	7,36	77
17	26/VIII 1949	-	12,5	0,5	12,7	2,7	-	-	2,1	9,1	9,20	87
17	-	-	12,5	11,0	11,4	-	78	-	2,2	10,7	8,33	82
18	-	-	2,0	0,5	12,0	1,0	272	6,16	7,4	18,1	8,86	77
24	9/VII 1950	Река Пертиёки	2,6	0,5	15,0	1,70	-	-	3,17	11,9	8,86	88
25	4/VII 1950	Озеро Нюк	24,5	0,5	17,1	2,0	70	6,61	2,6	14,2	7,90	81
26	5/VII 1950	-	17,0	0,5	16,8	2,0	-	6,61	2,8	12,9	8,54	86
26	-	-	17,0	16,0	10,5	-	-	6,39	4,4	13,8	8,39	75
27	9/VII 1950	-	13,4	0,5	15,7	2,4	-	6,80	2,4	12,3	8,68	86
27	-	-	13,4	10,0	14,5	-	-	6,61	3,2	12,5	8,61	84
28	15/VII 1950	-	9,9	0,5	16,8	1,8	55	6,80	2,7	13,0	9,15	93
28	-	-	9,9	8,0	14,3	-	50	6,80	2,0	11,6	8,74	85
29	12/VII 1950	-	12,5	0,5	15,2	2,8	-	6,91	2,0	12,3	7,43	73
29	12/VII 1950	-	12,5	10,0	11,4	-	46	6,80	2,0	12,1	9,07	83
30	13/VII 1950	-	37,8	0,5	15,5	3,0	-	6,80	2,0	12,1	9,55	95
30	-	-	37,8	10,0	13,0	-	-	6,80	2,28	10,9	9,61	90
30	-	-	37,8	20,0	10,3	-	-	6,61	3,76	12,3	9,32	83
30	-	-	37,8	35,0	9,71	-	-	6,61	3,76	12,3	9,28	81
31	-	-	4,5	0,5	16,3	2,8	50	6,91	1,8	12,0	8,98	91
31	-	-	14,0	0,5	18,4	-	-	7,04	1,6	11,2	8,95	94
32	24/VII 1950	-	14,0	12,5	11,5	-	50	6,80	3,2	10,8	8,96	82
32	-	-	19,5	0,5	14,7	2,5	-	7,04	1,9	11,6	9,43	92
33	20/VII 1950	-	19,5	10,0	12,6	-	-	6,80	2,0	11,4	9,31	87
33	-	-	19,5	18,0	10,4	-	-	6,80	3,3	11,4	9,30	83
33	-	-	12,2	0,5	15,6	2,5	-	6,80	2,2	10,4	9,48	94
34	21/VII 1950	-	12,2	10,0	11,3	-	-	6,80	2,9	12,6	9,44	86
34	-	-	11,4	0,5	16,8	3,2	-	6,80	1,76	10,4	9,19	93
35	22/VII 1950	-	11,4	10,0	12,7	-	-	6,80	2,64	11,5	10,25	96
35	-	-	8,7	0,5	15,7	2,5	-	6,80	2,11	12,3	8,96	89
35	-	-	8,7	7,5	13,3	-	-	6,80	2,46	10,9	9,26	88
36	-	-	1,9	0,5	18,3	1,0	-	6,39	3,17	14,7	8,45	89
39	17/VII 1950	Река Каменная	2,5	0,5	16,3	3,1	39	7,26	1,8	11,9	9,91	100
19	10/VII 1949	-	3,5	0,5	14,7	-	46	-	2,4	11,9	9,32	91
20	15/VIII 1949	-	4,0	0,5	15,2	2,6	48	7,03	2,2	12,5	10,36	103
20	2/VII 1949	Воьнга	3,0	0,5	14,2	-	68	6,91	3,1	11,7	9,74	92
21	1/VIII 1949	Нюеукса	4,0	0,5	11,9	2,0	90	7,03	2,4	12,0	9,91	92
22	24/VIII 1949	-	8,1	0,5	18,3	2,1	-	6,80	2,88	12,3	8,43	89
22	3/VIII 1950	Растас	1,4	0,5	13,9	2,8	-	6,80	2,3	11,2	9,40	91
22	22/VII 1950	Хяме	3,0	0,5	14,6	2,4	-	6,80	2,4	11,2	9,38	91
37	-	-	3,0	0,5	14,6	-	46	7,04	2,6	-	-	-

Содержание кислорода 9,3—10,14 мг/л, или 91—100%. По всему озеру содержание  $\text{CO}_2$  почти постоянно и изменяется в пределах 1,2—1,5 мг/л.

Окисляемость по поверхности озера невысокая и колеблется в пределах 6,7—8,8 мг/л.

Гидрохимические определения, производимые в придонных слоях на станциях 1,5 и 7, позволяют выяснить характер распределения ингредиентов по глубине.

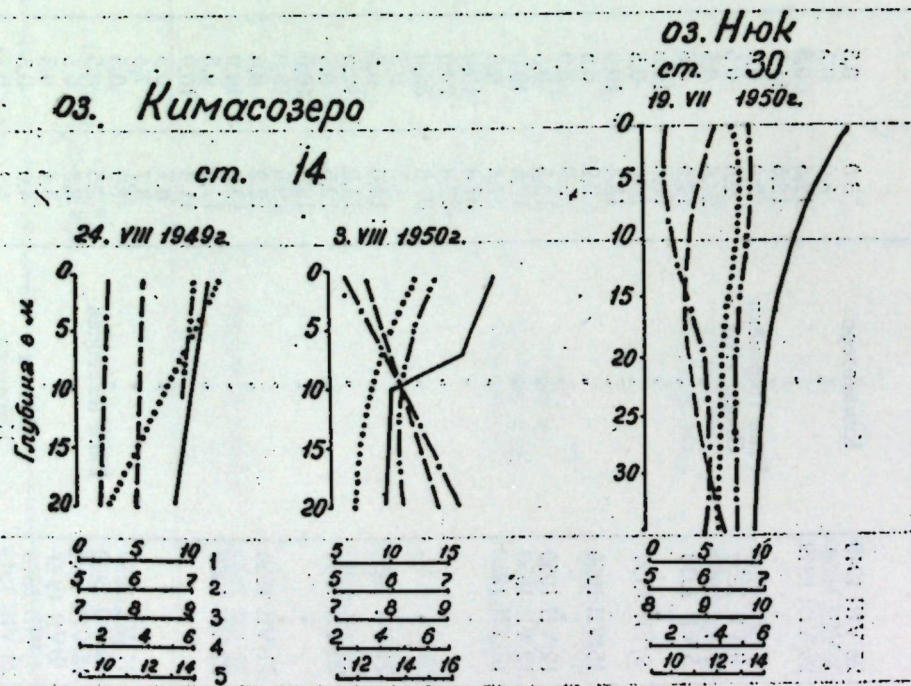
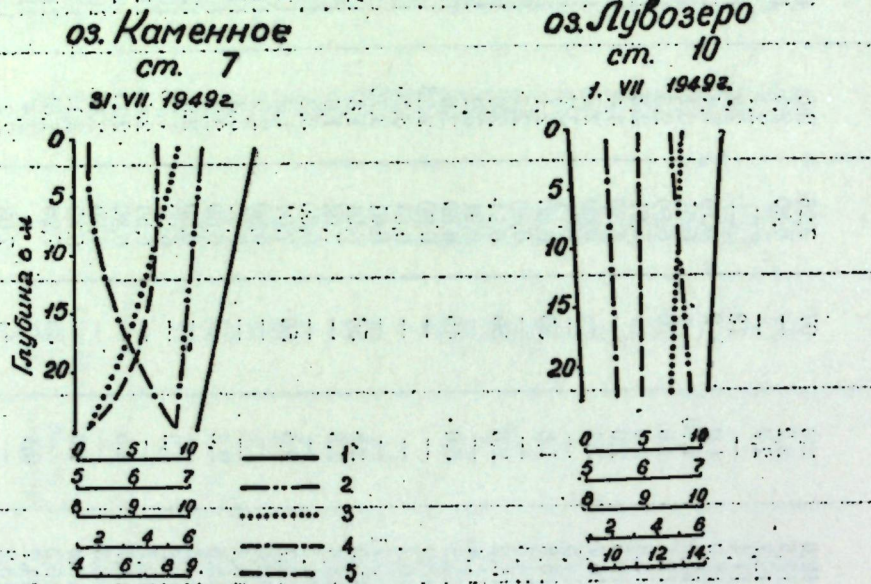


Рис. 8. Гидрохимические и термические разрезы на озерах р. Каменной.  
 1 — температура (в град.); 2 — pH; 3 —  $\text{O}_2$  (в мг/л); 4 —  $\text{CO}_2$  (в мг/л); 5 — окисляемость (в мг/л).

В нижних горизонтах ст. 1 и 5 pH понижается с 7,26 до 7,16 а наст. 7, наиболее глубоководной, уменьшается у дна до 6,78.

Содержание кислорода с глубиной уменьшается незначительно и лишь на глубине 25 м (ст. 7) до 8,29 мг/л (75%).

Такой же характер изменения с глубиной носит окисляемость. Наименьшая величина ее (4,5 мг/л) зафиксирована на ст. 7 в придонном горизонте.

Обратный характер распределения по глубине имеет углекислота —  $\text{CO}_2$ . На поверхности она содержится в пределах 1,2—1,6 мг/л, а на глубине 15 м содержание ее повышается в среднем до 3 мг/л; на ст. 7 на глубине 25 м отмечена наибольшая величина для всего озера — 5,3 мг/л.

Произведенные определения ионного состава воды дают чрезвычайно малую величину минерализации озера — 9,5 мг/л. В воде преобладают в количественном отношении катионы  $\text{Ca}^{++}$  и анионы  $\text{HCO}_3^-$ , но и их величины не превышают 10 мг/л.

Расположенная в центре озера ст. 1 имеет следующий состав воды (мг/л):  $\text{Ca}^{++}$  — 3,3;  $\text{Mg}^{++}$  — 0,1;  $\text{HCO}_3^-$  — 4,3;  $\text{SO}_4^{--}$  — 0,82;  $\text{Cl}$  — 0,92.

Общая жесткость воды очень мала — всего 0,5 немецких градуса. Ввиду однообразия ионного состава воды по акватории озера данные по ст. 1 можно принять для всего озерного плеса.

Лувозеро. Физические свойства и химический состав воды Лувозера определяются водами, вносимыми в озеро р. Каменной и притоками озера — реками Кондока, Максим и другими более мелкими ручьями.

Большинство крупных и мелких притоков озера несет богатые гуминовыми веществами болотные воды и придает воде озера желто-бурый цвет.

Прозрачность воды озера колеблется в пределах 3,1—3,6 м. В местах впадения притоков прозрачность значительно понижается, а цветность возрастает до 160—170°, при средней цветности воды озера 80—90°.

Поверхностная температура воды в период проведения работ изменялась по озеру от 13 до 16,7°. В средних районах озера наблюдались наиболее низкие температуры (ст. 10 и 11), а в местах, подвергающихся непосредственному влиянию притоков (ст. 12) и в узкой, почти отчлененной от озера губе (ст. 8), поверхностная температура воды доходила до 15—16,7°.

По поверхности озера состав воды изменяется незначительно. Активная реакция воды озера слабокислая, почти нейтральная, и pH меняется в пределах 6,78—6,91.

Содержание кислорода в поверхностных слоях воды колеблется в пределах 9,66—10,06 мг/л (насыщенность 80—104%). Содержание  $\text{CO}_2$  по всему озеру почти одинаковое — 2,4—2,6 мг/л, в отчлененной юго-западной части озера (ст. 8) повышаясь до 4,2 мг/л.

Величина окисляемости по акватории озера также мало меняется: 11,8—12,3 мг/л. Значительно повышенное содержание  $\text{CO}_2$  до 4,4 мг/л и окисляемости до 17,7 мг/л имеют притоки озера р. Кондока и Максим.

Вертикальное распределение температур и химического состава воды на озере не изучалось. Но проведенные на трех станциях (ст. 10, 11, 12) придонные наблюдения дают возможность предполагать равномерное изменение с глубиной температуры воды и содержания отдельных гидрохимических компонентов.

На ст. 10, наиболее, глубоководной, разница между поверхностной температурой ( $13,0^{\circ}$ ) и придонной ( $11,2^{\circ}$ ) составляет всего  $1,8^{\circ}$ .

Величины химических ингредиентов на глубине почти не отличаются от поверхностных (рис. 12): на ст. 10 с глубиной 23,5 м рН изменяется от 6,78 до 6,91, окисляемость составляет  $11,7 \text{ мг/л}$  (против поверхностной  $12,09$ ), кислород падает с  $9,91$  до  $9,60 \text{ мг/л}$ ,  $\text{CO}_2$  с глубиной не меняется.

Такой же характер изменения гидрохимических ингредиентов имеет и ст. 12.

На ст. 11 наблюдается довольно значительное уменьшение с глубиной рН с  $6,91$  до  $6,17$  и кислорода — с  $9,79$  до  $8,19 \text{ мг/л}$  ( $72\%$ ).

Общая жесткость составляет  $0,78^{\circ}$  (ст. 10). Ионный состав воды, определяющийся на станциях 10 и 11 ( $\text{мг/л}$ ):  $\text{Ca}^{++} - 4,9$ ;  $\text{Mg}^{++} - 0,9$ ;  $\text{HCO}_3^- - 7,9$ ;  $\text{SO}_4^{--} - 1,5$ ;  $\text{Cl} - 0,54$ . Общая минерализация воды составляет всего около  $15 \text{ мг/л}$ .

Кимасозеро. Гидрохимические работы на Кимасозере проводились в 1949 г. с 24 по 27 августа, в 1950 г. 3 августа. В 1949 г. на озере были взяты четыре станции (14, 15, 16 и 17) и одна ст. (18) в устье р. Пертиёки. В 1950 г. в местах станций 14 и 17 были повторно проведены определения.

Вода озера имеет желто-бурый цвет, вызванный впадением в озеро притоков с водами, богатыми гуминовыми веществами. Здесь величина прозрачности воды невысокая, изменяется от  $1,9$  до  $2,7 \text{ м}$ ; преобладает  $2-2,1 \text{ м}$ . Повышение прозрачности до  $2,7 \text{ м}$  отмечалось в 1949 г. у Фомина острова (ст. 17). Пониженная прозрачность воды  $1,9 \text{ м}$  наблюдалась в восточной части озера (ст. 14). Здесь, по-видимому, сказывается влияние притока озера — р. Пертиёки с прозрачностью  $1 \text{ м}$ .

Цветность воды по поверхности озера высокая, но изменяется она незначительно (от  $81$  до  $97^{\circ}$ ); вода Пертиёки имеет повышенную цветность —  $272^{\circ}$ .

Поверхностная температура воды в период полевых работ 1949 г. по акватории озера колебалась от  $11,9$  до  $12,7^{\circ}$  и следовала за ходом температур воздуха.

На станциях 14, 15 и 17 определялась и придонная температура. На всех станциях наблюдалась прямая температурная стратификация. На ст. 14 разница между температурой поверхностной и на глубине  $20 \text{ м}$  составляла всего  $3,8^{\circ}$ . 3 августа 1950 г. характер распределения температур был уже другой: между  $7$  и  $10 \text{ м}$  от поверхности был обнаружен слой температурного скачка с соответствующими температурами:  $16,5$  и  $10,2^{\circ}$ . Почти полная гомотермия и отсутствие скачка в 1949 г. обуславливались ветровым перемешиванием и длительными низкими температурами воздуха в тот период.

Химический состав воды на всем протяжении озера, вытянутого в северо-западном направлении на  $24 \text{ км}$ , изменяется незначительно. Малые колебания в изменении гидрохимических компонентов по поверхности озера можно объяснить высокой проточностью озера (коэффициент условного водообмена равен 9).

Концентрация водородных ионов по всему озеру почти одинакова, реакция воды слабощелочная; рН изменяется от  $7,03$  до  $7,26$ .

Абсолютное содержание кислорода на поверхности озера составляет  $9,2-9,94 \text{ мг/л}$ , и относительное содержание кислорода  $87-92\%$ . Наименьшее содержание кислорода отмечено на ст. 17 —  $9,2 \text{ мг/л}$  и на ст. 14 —  $9,53 \text{ мг/л}$ , объясняемое, по-видимому, более интенсивными процессами окисления.

В распределении содержания  $\text{CO}_2$  больших отклонений не наблюдается; на поверхности озера она содержится в пределах  $2,1-2,6 \text{ мг/л}$ .

Окисляемость меняется от  $9,1$  до  $12 \text{ мг/л}$ . На ст. 16 она повышается до  $11,5 \text{ мг/л}$  за счет влияния притока — р. Машельги и поверхностного стока болотных вод в этом районе. В районе ст. 17 заметно резкое понижение окисляемости —  $9,1 \text{ мг/л}$ .

Влияние болотных вод р. Пертиёки сказывается также на повышении окисляемости на ст. 14 —  $12 \text{ мг/л}$  и, вероятно, на окисляемости ( $12 \text{ мг/л}$ ) и стока р. Ногукса (ст. 22).

Ст. 18, находящаяся на р. Пертиёки, по составу воды отличается от озерных станций значительным понижением содержания кислорода ( $8,33 \text{ мг/л} - 77\%$ ) и рН  $6,18$ , при резком возрастании  $\text{CO}_2$  до  $9,4 \text{ мг/л}$  и окисляемости до  $18,1 \text{ мг/л}$ . Река Пертиёки оказывает влияние на химический состав воды восточной части озера, откуда происходит отток воды через р. Ногуксу.

Величины рН,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , окисляемости и температуры на глубине изучались на трех глубоководных станциях (14, 15 и 17), причем определения производились на двух горизонтах —  $0,5 \text{ м}$  от поверхности и придонном.

На ст. 14, наиболее глубоководной, пробы воды брались на нижнем горизонте —  $20,5 \text{ м}$  от поверхности.

Определения в 1949 г. производились в конце августа, когда температура воздуха была понижена (дневная не более  $13-15^{\circ}$ ). Разница между поверхностной и донной температурой составляла всего  $3,8^{\circ}$ .

Почти не изменилась с глубиной  $\text{CO}_2$  ( $1,9-2,2 \text{ мг/л}$ ) и окисляемость ( $11,7-12,4 \text{ мг/л}$ ).

Значительные изменения произошли на глубине в содержании кислорода и величине цветности воды. Ко дну количество кислорода упало с  $9,53 \text{ мг/л}$  ( $88\%$ ) до  $7,56 \text{ мг/л}$  ( $64\%$ ), а цветность возросла с  $81$  до  $112^{\circ}$ . Ст. 14 имеет различия в содержании кислорода и цветности, вероятно, вследствие более высокого содержания железа в глубинных слоях воды.

На ст. 15 на глубине  $8,5 \text{ м}$  обнаружено небольшое изменение только в величине окисляемости, которая повысилась с  $10,7$  до  $12,2 \text{ мг/л}$ . Все остальные ингредиенты почти не изменились с глубиной.

Аналогичные результаты отмечены и по ст. 17. На глубине  $11 \text{ м}$  количество кислорода понижается до  $82\%$  насыщения; изменяются незначительно  $\text{CO}_2$  (с  $2,1$  до  $2,2 \text{ мг/л}$ ) и окисляемость (с  $9,1$  до  $10,7 \text{ мг/л}$ ).

На всех трех станциях температура воды с глубиной понижается. Сравнивая результаты анализов 1949 и 1950 гг., необходимо отметить обстановку, при которой производились определения гидрохимических ингредиентов. В 1950 г. гидрохимические работы проводились на три недели раньше, чем в 1949 г.; температура воздуха в этот период была на  $9^{\circ}$  выше, соответственно и поверхностная температура воды держалась на  $7,4^{\circ}$  выше, чем в 1949 г. Эта разница в температуре воды сказалась на распределении по глубине и на изменении состава воды по поверхности озера и по глубинам.

Для ст. 14 в 1949 г. характерно постепенное понижение температуры с глубиной и выравнивание содержания состава воды по глубине.

В противоположность 1949 г., в 1950 г. на этой станции был обнаружен температурный скачок. Резко увеличилось с глубиной содержание  $\text{CO}_2$  (с  $2,5$  до  $7,5 \text{ мг/л}$ ) и окисляемость (с  $12,4$  до  $15,6 \text{ мг/л}$ ).

Уменьшилось на глубине содержание кислорода (с 8,44 до 7,36 мг/л), а величина активной реакции воды понизилась против 1949 г. с 7,03 до 6,8 рН.

По ст. 17 в 1950 г. также наблюдалось значительное изменение. Прозрачность воды уменьшилась с 2,7 до 2,2 м, при значительном увеличении окисляемости — с 9,1 до 12,3 мг/л. В результате высоких температур и повышения затрат на окислительные процессы уменьшилось содержание кислорода против 1949 г. с 9,2 (87%) до 7,36 мг/л (76%).

Свободное  $\text{CO}_2$  повысилось незначительно — с 2,1 до 2,5 мг/л.

Кроме основных четырех ингредиентов, определялись ионы  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  и жесткость. В количественном отношении преобладают катионы  $\text{Ca}^{++}$  и анионы  $\text{HCO}_3^-$ .

Общая минерализация озера, определенная по ст. 15, чрезвычайно мала и составляет всего 11,5 мг/л.

Жесткость воды — 0,53. Ионный состав воды (мг/л):  $\text{Ca}^{++}$  — 2,9;  $\text{Mg}^{++}$  — 0,6;  $\text{HCO}_3^-$  — 4,3;  $\text{SO}_4^{--}$  — 2,9;  $\text{Cl}^-$  — 0,68.

Приведенные данные по минерализации воды на ст. 15 вполне могут характеризовать все озеро, так как колебание в содержании катионов и анионов по озеру незначительно.

Озеро Нюк. Основной сток воды в озеро осуществляется р. Ногуксой, которая дает более 80% всего годового притока воды в озеро. Она и определяет основные свойства химизма воды этого водоема.

Водоносность притоков озера невелика, и они влияют на химический состав воды озера лишь на небольшом приустьевом участке.

Прозрачность воды по главному плесу озера менялась в период полевых работ (июль 1950 г.) от 1,7 до 3,2 м. Наивысшая прозрачность воды (3,2 м) наблюдалась в губе Растас (ст. 35). В Сухой губе отмечена наименьшая прозрачность для всего озера — 1 м (ст. 39). Преобладающая величина прозрачности для всего озера 2,4—2,5 м.

Цветность по озеру колебалась в пределах 46—55° и лишь в губе Шаунялакши (ст. 25) достигала 70°.

Температура поверхностных слоев воды в открытых частях озера находилась в пределах 15,7—16,8°. В отдельных заливах поверхностная температура поднималась до 18,3—18,4° (ст. 39, 32).

Концентрация водородных ионов характеризует воды озера как слабокислые, а в отдельных пунктах — как нейтральные (ст. 33, 32).

Изменения величины концентрации водородных ионов по акватории озера носят определенную закономерность. В западной части озера, у впадения р. Ногуксы, отмечается низшее для озера рН — 6,61; на восток величина ее увеличивается и в центре восточного плеса (ст. 33) достигает 7,04. От ст. 33 по направлению к истокам рек Хяме и Растас величина рН вновь понижается до 6,8. В Сухой губе (ст. 39) рН наименьшее — 6,39, а в остальных губах озера слабокислая, почти нейтральная (6,8—6,91).

Содержание кислорода по озеру меняется мало, среднее — 9—9,2 мг/л. На ст. 26 отмечено наименьшее содержание (для главного плеса озера) кислорода — 8,54 мг/л (86%) и повышенное в поверхностных слоях воды ст. 30 — 9,55 мг/л (95%).

В заливах и губах озера содержание кислорода заметно снижается: так, в губе Урбангилакши (ст. 29) всего 7,43 мг/л (73% насыщения). Пониженное значение кислорода имеет также вода залива Шаунялакши (ст. 25) — 7,90 мг/л или 81%.

Содержание  $\text{CO}_2$  по озеру колеблется в пределах 3,17 мг/л (ст. 24, 39) — 1,76 мг/л (ст. 35). Зоны с повышенным содержанием  $\text{CO}_2$  (до 3,17 мг/л) находятся в заливах и губах озера (Сухая губа, ст. 39 и др.), а также в западной части озера (ст. 24), куда стекают болотные воды.

Окисляемость меняется от 10,4 до 13 мг/л  $\text{O}_2$ ; наибольшее значение окисляемости отмечено в Сухой губе — 14,7 мг/л  $\text{O}_2$  (ст. 39).

Приведенные в табл. 21 данные анализов в нижних горизонтах позволяют в общих чертах осветить характер изменения химического состава воды по глубине.

По всему озеру в период работ наблюдалась прямая стратификация температуры воды с глубиной.

Наибольшая разница между поверхностной и придонной температурами отмечена на станциях: 26 (6,3°), 30 (5,8°) и 32 (6,9°). На остальных станциях колебания температур между поверхностными и донными составляли от 1,2 до 4,3°. рН с глубиной незначительно уменьшалась, а в ряде случаев оставалась без изменений.

$\text{CO}_2$  с глубиной повсеместно увеличивалась от 0,3 до 1,76. Наибольшее увеличение  $\text{CO}_2$  наблюдалось на ст. 30: здесь на глубине 35 м содержание ее составляло 3,76 мг/л, против 2 мг/л на поверхности.

Окисляемость в большинстве случаев повышалась с глубиной. На ст. 34 наибольшее различие окисляемости придонной (12,6 мг/л) и поверхностной (10,4 мг/л) составляло 2,2 мг/л. В отдельных пунктах озера (ст. 36, 32) и в губах Пизьмагуба (ст. 32) и Урбангилакши (ст. 29) наблюдалось понижение окисляемости ко дну. Наименьшее абсолютное значение окисляемости (10,9 мг/л) на дне отмечено на ст. 36.

Изменение содержания кислорода с глубиной, как правило, шло в обратном порядке, чем окисляемость. В западной части озера, на ст. 26, отмечено самое низкое для всего озера содержание кислорода на глубине 8,39 мг/л (77% насыщения), а на ст. 35 содержание кислорода в придонном слое было наивысшее для озера — 10,25 мг/л (96% насыщения).

Нитраты в воде озера находятся либо в очень малых количествах (обнаружены только следы), либо отсутствуют.

В поверхностных слоях озера фосфор находится в пределах 0,010—0,26 мг/л.

Железо обнаружено во всех пунктах озера от 0,4 (ст. 33) до 0,03 мг/л (ст. 28). Наибольшее содержание ионов  $\text{Ca}^{++}$  наблюдалось на ст. 31 (2,9 мг/л), а наименьшее на ст. 24 (0,9 мг/л).

Содержание ионов  $\text{Mg}^{++}$  колеблется от 1,1 (ст. 30) до 3,7 мг/л (ст. 29). Бикарбонатный ион  $\text{HCO}_3^-$  преобладает в ионном составе воды озера.

Пределы содержания  $\text{HCO}_3^-$  лежат от 3,7 (ст. 26) до 7,9 мг/л (ст. 30).

Анионы  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{--}$  в воде озера находятся в небольших количествах (0,6—3,7 мг/л). Общая жесткость изменяется от 0,54 (ст. 28, 30) до 1,09° (ст. 29) при средней величине для озера 0,6—0,7°.

Подсчитанная для отдельных частей озера общая величина минерализации воды очень незначительна и измеряется 10,5—14,2 мг/л.

Несмотря на разнообразие физических свойств и состава воды рассмотренных объектов, возможно в общих чертах наметить их изменение по длине р. Каменной.

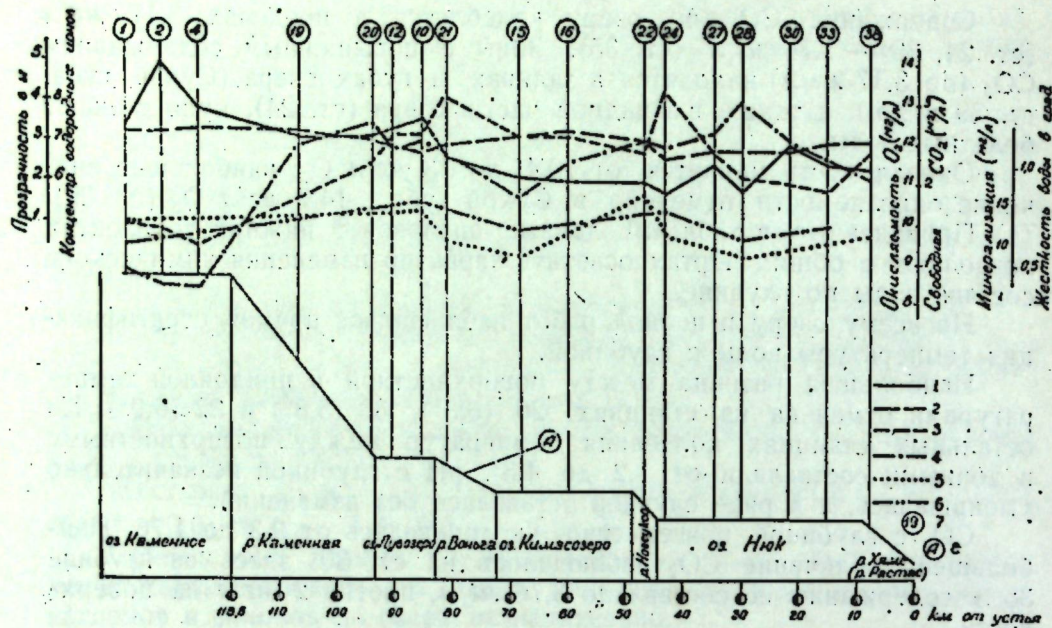


Рис. 9. Изменение физических свойств и химического состава воды по длине р. Каменной

1 — прозрачность; 2 — pH; 3 —  $\text{CO}_2$ ; 4 — окисляемость; 5 — жесткость; 6 — минерализация; цифры в кружках — номера гидрохимических станций; А — схематический продольный профиль системы р. Каменной.

Прозрачность и цвет воды на озерах и реках системы р. Каменной значительно изменяются как по длине речной системы, так и в отдельных пунктах водных объектов. Прозрачность воды имеет тенденцию к уменьшению от истоков к устьевой части реки: высокая в верховьях реки — на оз. Каменном, в нижней части системы, на озерах Нюк и Кимасозеро, она понижается в среднем до 2 м, а в отдельных пунктах оз. Нюк не превышает 1 м (ст. 39).

На приведенном графике (рис. 9) изменения прозрачности по протяжению реки на озерах Нюк и Лувозеро, выделяются участки с повышенной прозрачностью до 3,5 м, приуроченные к отдаленным от береговой зоны и наиболее глубоким местам на озерах.

Прозрачностью, близкой к средней величине прозрачности выше лежащих озер, обладают речные участки системы р. Каменной: реки Каменная, Воньга, Ногеукса, Хяме и Растас, представляющие как бы каналы из озер, которые являются отстойниками и стабилизаторами физико-химических компонентов. Воды этих речных звеньев имеют повышенную прозрачность, по сравнению с большинством крупных притоков системы.

Вода озер и рек бассейна желтовато-бурого цвета и становится еще более бурой от истоков к устью. Цвет воды лежит в верхних пределах шкалы Фореля-Уле.

Цветность воды, рассчитанная по платиново-кобальтовой шкале, по длине реки колеблется в пределах  $30-90^\circ$ , а в местах впадения притоков повышается до  $200^\circ$ .

Воды системы р. Каменной чрезвычайно мало минерализованы — от 9,5 до 15 мг/л.

Содержание щелочно-земельных металлов, определяющих в основном величину общей минерализации и жесткости воды, незначительно. Содержание кальция ( $\text{Ca}^{++}$ ) в среднем 1—4 мг/л и лишь в отдельных

случаях повышается до 7 мг/л. Магния ( $\text{Mg}^{++}$ ) в водах системы р. Каменной еще меньше и в большинстве случаев не превышает 2—3 мг/л, при среднем содержании около 1 мг/л.

Воды относятся к очень мягким и жесткость не превышает немецкого градуса. Содержание карбонатных соединений ( $\text{HCO}_3^-$ ) 3—8 мг/л. Активная реакция воды близка к нейтральной и колеблется в пределах 6,5—7,3, а на ряде притоков доходит до 5,9.

Содержание кислорода изменяется в сравнительно небольших пределах — от 7,3 до 10,1 мг/л и относительное содержание (% насыщения) кислорода в поверхностных слоях рек и озер системы находится между 73 и 104%. Повышенное содержание кислорода имеют речные участки системы, где ввиду их значительной порожистости происходит интенсивная аэрация.

Содержание  $\text{CO}_2$  значительно колеблется по длине реки и в отдельных озерах. Наименьшее количество  $\text{CO}_2$  имеют воды верхнего участка р. Каменной (оз. Каменное) — 1,2—1,6 мг/л; в среднем и нижнем участках системы содержание  $\text{CO}_2$  повышается в среднем до 2—3 мг/л, а на отдельных притоках достигает 7,4 мг/л (ст. 18).

В заключение следует указать на значительную агрессивность (коррозирующая способность) вод на бетонные сооружения р. Каменной.

Величина агрессивности для оз. Нюк по методу прямого определения агрессивности (по  $\text{CaCO}_3$ ) меняется в пределах 7—23 мг/л.

Использование р. Каменной. Система р. Каменной с ее многочисленными озерами и крупными притоками представляет значительный интерес с точки зрения хозяйственного использования.

Пересечение Западно-Карельской железной дороги в устьевой части реки, через реки Хяме и Растас, создает новые экономические условия для развития района и связанного с этим комплексного использования бассейна. Река Каменная явится подъездным путем к линии проектируемой железной дороги.

Большая часть территории занята лесными массивами хвойных пород. Наиболее распространена сосна, отдельные группы ели вкраплены в основную массу сосновых массивов. Лиственные породы занимают около 15% территории всех лесных массивов. Запасы древесины в районе бассейна значительные и составляют около 8 тыс.  $\text{м}^3$  на 1  $\text{км}^2$  территории, занятой лесными массивами. Запас древесины для всего бассейна составляет в среднем не менее 20 млн.  $\text{м}^3$ .

Для западных районов республики, а также для бассейна р. Каменной с постройкой железной дороги начнется интенсивное развитие лесной промышленности и увеличение темпа лесозаготовок, объем которых в ближайшем будущем в бассейне р. Каменной должен достичь 500—600 тыс.  $\text{м}^3$  ежегодно. До 1941 г. сплав леса по рекам системы производился в незначительных размерах. Средняя величина проплава древесины в год составляла около 80 тыс. бревен. Лесо-сплавные возможности р. Каменной довольно большие. Общая величина возможного проплава древесины к устью реки (по двум протокам — Хяме и Растас) составляет свыше 0,5 млн.  $\text{м}^3$ .

Отдельные речные порожистые участки потребуют, по-видимому, некоторых гидротехнических мероприятий (пропускные плотины, лотки и т. п.) по улучшению сплавопроходимости.

Регулирование части озер системы, вероятно в связи с энергетическим использованием р. Каменной, значительно улучшит условия сплава по отдельным порожистым участкам реки.

Для энергетической характеристики реки произведен подсчет потенциальной мощности ее в целом и по звеньям (табл. 23).

№ станции	P (мг/л)	Si (мг/л)	Fe (мг/л)	Ca <sup>++</sup>		Mg <sup>++</sup>		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Cl <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>		Жесткость воды		Минерализация (мг/л)
				мг/л	мг-экв.	мг/л	мг-экв.	мг/л	мг-экв.	мг/л	мг-экв.	град.	мг-экв.			
24	0,017	2,14	0,20	0,9	0,04	0,23	2,9	5,5	0,09	1,29	0,036	3,7	0,08	0,76	0,26	14,2
26	0,010	—	0,12	1,8	0,09	0,14	1,7	3,7	0,06	0,95	0,027	2,3	0,05	0,65	0,23	10,4
28	0,023	2,20	0,03	1,9	0,09	0,10	1,3	5,5	0,09	0,61	0,017	1,3	0,03	0,54	0,19	10,5
30	0,024	2,46	0,05	2,1	0,10	0,09	1,1	7,9	0,13	0,95	0,027	—	—	0,54	0,19	—
31	0,020	2,56	0,06	2,9	0,14	0,17	2,1	7,3	0,12	0,61	0,017	—	—	0,87	0,31	—
33	0,013	2,10	0,40	2,0	0,09	0,14	1,7	5,5	0,09	0,97	0,027	2,0	0,04	0,65	0,23	12,1
29	0,018	2,50	0,12	1,9	0,09	0,30	3,7	—	—	0,81	0,023	—	—	1,09	0,39	—
25	—	3,24	0,10	1,4	0,07	0,19	2,4	4,3	0,07	0,61	0,017	2,96	0,09	0,73	0,26	11,7
37	0,011	2,98	0,02	2,5	0,12	0,11	1,4	6,7	0,11	0,61	0,017	1,4	0,03	0,65	0,23	12,6
38	—	—	0,21	2,0	0,10	—	—	—	—	0,75	0,021	—	—	—	—	—

Таблица 23

Потенциальная мощность р. Каменной и ее звеньев

Звено р. Каменной	Расстояние от устья (км)	Длина участ- ка (км)	Падение реки на участке (м)	Среднегодо- вой расход на участке (м <sup>3</sup> /сек)	Потенциальная мощность		
					на участ- ке (квт)	суммар- но от истока (квт)	удельная (квт/км)
Каменная	118,6—93,4	25	46,6	9,2	4200	4200	167
Воньга	83—73	10	7,0	18,4	1265	5465	126
Ногейкса	49—45,2	4	7,0	32,0	2192	7657	576
Хяме	0—9	9	10,5	40,8	4300	11 957	480

Общая потенциальная мощность р. Каменной оценивается в 12 тыс. квт. По величине потенциальной мощности ее приходится отнести к рекам малой мощности. Большой удельной мощностью обладает речной участок между озерами Кимасозеро и Нюк, а участок между оз. Нюк и устьем реки имеет наивысшую мощность — 4300 квт.

Общая мощность притоков р. Каменной, по шести наиболее крупным по водоносности притокам, оценивается в 5,6 тыс. квт.

Наиболее благоприятными местами для сооружения ГЭС являются верхние участки Хяме и Растас. Наличие естественного водохранилища с площадью зеркала 213 км<sup>2</sup> (оз. Нюк) обеспечивает многолетнюю регулируемость ГЭС (Григорьев, 1935).

Если использовать часть перепада (при величине подпора в 5 м) между оз. Нюк и устьем реки, то, по предварительным подсчетам, возможно создать гидроэлектростанцию с установленной мощностью до 2500 квт. На р. Ногейксе геоморфологические условия долины реки позволяют построить две ГЭС, сток одной из которых будет зарегулирован оз. Кимасозером, общей мощностью около 3 тыс. квт.

В 1934 г. при разработке Ленгидэпом рабочей гипотезы энергетического использования р. Кеми было запроектировано на оз. Нюк водохранилище с полезным объемом в 1,5 млрд. м<sup>3</sup>, которое должно было вести компенсирующее регулирование ГЭС, создаваемых на р. Кеми. При указанном выше варианте намечалось создание подпора оз. Нюк в 1,5 м и сооружение ГЭС мощностью до 3 тыс. квт на р. Хяме.

Таблица 24

Список возможных гидроэлектростанций в системе р. Каменной

Название реки	Местоположение от устья реки (км)	Среднегодо- вой расход (м <sup>3</sup> /сек)	Напор (м)	Установленная мощность (тыс. квт)
Хяме . . . . .	7,0—9,0	21,2	5	1,5—2,0
Растас . . . . .	120—8,0	21,2	5	1,5—2,0
Ногейкса . . . . .	47,0	32,0	5	1,5
Ногейкса . . . . .	49,0	32,0	3	1,0
Каменная . . . . .	108—115	9,2	30	3,0—3,5

На р. Каменной, между озерами Каменное и Лувозеро, возможно сооружение ряда ГЭС в верхней части реки. При условии полного использования падения реки на верхнем участке (около 30 м) можно получить общую мощность этих ГЭС до 3,5 тыс. квт.

Таблица 25

Сводная таблица морфометрических и гидрологических характеристик озер

Характеристика	О з е р а			
	Каменное	Лувозеро	Кимасозеро	Нюк
Отметка уреза воды (м абс.) . . . . .	195,1	148,5	141,5	134,5
Площадь озера с островами (км <sup>2</sup> ) . . . . .	105,5	13,8	38,4	220,9
Площадь зеркала озера (км <sup>2</sup> ) . . . . .	95,5	13,3	38,8	210,6
Число островов . . . . .	98	19	21	126
Площадь островов (км <sup>2</sup> ) . . . . .	10,0	0,5	4,6	10,3
Объем озера (млн. м <sup>3</sup> ) . . . . .	767,2	76,39	127,0	1809,4
Средняя глубина: $\frac{\text{объем}}{\text{площадь}}$ (м) . . . . .	8,0	5,7	3,3	8,6
Наибольшая глубина (м) . . . . .	26,0	25,0	22,5	40,0
Радиус круга, равновеликого площади озера (км) . . . . .	5,8	2,1	3,5	8,2
Длина окружности круга, равновеликого площади озера (км) . . . . .	36,2	19,1	21,8	51,2
Длина береговой линии озера (км) . . . . .	193,0	44,4	96,6	254,6
Длина береговой линии островов (км) . . . . .	58,6	7,4	33,8	121,9
Наибольшая длина озера (км) . . . . .	24,4	13,1	21,0	39,9
Наибольшая ширина озера (км) . . . . .	12,1	2,3	2,6	36,3
Коэффициент извилистости береговой линии озера . . . . .	5,3	2,3	4,4	5,0
Коэффициент извилистости береговой линии с островами . . . . .	7,0	2,7	6,0	7,3
Площадь водосбора озера (км <sup>2</sup> ) . . . . .	652,9	1266,1	2458,9	3212,5
Среднегодовой расход воды (м <sup>3</sup> /сек) в истоке из озера . . . . .	8,5	16,5	32,0	40,8
Объем годового притока в озеро (млн. м <sup>3</sup> ) . . . . .	257	500	970	1280
Коэффициент условного водообмена озера . . . . .	0,34	6,5	7,1	0,71
Удельный водосбор озера: $\frac{\text{площадь бассейна}}{\text{площадь озера}}$ (км <sup>2</sup> ) . . . . .	6,2	92,0	75,0	15,2

В условиях бассейна р. Каменной важна сельскохозяйственная мелиорация. В настоящее время одним из тормозов развития сельского хозяйства является недостаточное количество пригодных земель.

В путевых заметках И. В. Оленева (Оленев, 1917) имеется упоминание о некоем Минине, уроженце дер. Кимасозеро, завещавшем большую сумму денег на осушение Кимасозера (точнее — понижение его уровня) для образования сенокосных угодий на осушенной прибрежной зоне. Это начатое мероприятие не было осуществлено до

конца. При острой нужде, ощущаемой местным населением в землях, пригодных для сельскохозяйственных культур, идея осушения Кимасозера может оказаться весьма плодотворной.

Для осушения необходимо устройство канала, который, пройдя западнее (100—200 м) истока р. Нюгеуксы из Кимасозера, снизит горизонт воды озера до уровня воды р. Нюгеуксы ниже порога Нюгеукса. Длина канала около 200—250 м, глубина выемки грунта не менее 5 м. Этот канал даст возможность понизить уровень воды озера более чем на 3 м, в связи с чем площадь осушенного дна озера составит 17,8 км<sup>2</sup>, или 1780 га (Попенко, 1950).

При понижении горизонта воды на менее значительные величины соответственно изменится и площадь осушаемой поверхности дна озера. Прорытие канала положительно отразится и на сплаве леса, так как древесина пойдет по каналу, а не по порогу Нюгеуксы.

До последнего времени рыбный промысел в бассейне почти совершенно отсутствовал. Улов рыбы на озерах и реках производился отдельными рыбаками для личных нужд. Основными объектами рыбопромыслового характера являются озера: Нюк, Каменное, Лувозеро и Кимасозеро, с общей площадью до 350 км<sup>2</sup>. В озерах имеются ценные породы рыб: кумжа, сиг, лещ, ряпушка. Кроме этих пород, в озерах водятся менее ценные промысловые рыбы: щука, окунь, елец, налим, плотва, язь и др. Организация рыбного промысла на озерах бассейна необходима в условиях освоения этого района.

## ЛИТЕРАТУРА

- Алекси О. А. Общая гидрохимия. Гидрометеониздат, Л., 1948.
- Водные пути Автономной Карельской Советской Социалистической Республики и прилегающие к ним лесные массивы. Изд. гостреста „Кареллес“, Петрозаводск, 1928.
- Гидрологические ежегодники с 1936 по 1941 г., т. 0, вып. 0—9. Бассейн Белого и Баренцева морей. Гидрометеониздат, Ленинград.
- Григорьев С. В. Рабочая гипотеза энергоспользования реки Кемь. Фонды Ленгидэпа, Л., 1934.
- Григорьев С. В. Каталог рек КФССР. Фонды Карельского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1948.
- Григорьев С. В., Грицевская Г. Л. Каталог озер КФССР. Фонды Карельского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1949.
- Естественные и экономические условия рыбного промысла Олонекской губернии. Изд. Олонекского губ. земства. Петрозаводск, 1915.
- Зайков Б. Д. Средний сток и его распределение в году на территории СССР. Гидрометеониздат, Л.—М., 1946.
- Зайцев А. Ф. и Родионов Н. Р. Мурманская железная дорога и задачи экономической политики на Севере. 1928.
- Иностранцев А. А. Геологический очерк Повенецкого уезда Олонекской губернии и его рудных месторождений. СПб., 1877.
- Климатологический справочник КФССР. Гидрометеониздат, М., 1945.
- Лазаревская Н. М., Маслова Н. П. Отчет о рекогносцировочных исследованиях озера Нюк, произведенных в 1950 г. Фонды Карельского филиала АН СССР, 1951.
- Материалы по режиму рек СССР, т. IV. Бассейн Белого и Баренцева морей. Гидрометеониздат, Л.—М., 1940.
- Михайловская О. Н. Отчет почвенного отряда Западно-Карельской экспедиции за 1949 г. Фонды Карельского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1950.
- Оленев И. В. Карельский край и его будущее в связи с постройкой Мурманской железной дороги. Гельсингфорс, 1917.
- Попенко Л. К. Река Каменная и ее бассейн. Фонды Карельского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1949.
- Попенко Л. К. Озеро Кимасозеро и понижение его горизонта воды. Фонды Карельского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1950.
- Федорова Г. В. Полевой журнал по гидрохимии и журнал лабораторных анализов по озерам Каменное, Лувозеро и Кимасозеро. Фонды Карельского филиала АН СССР, 1949.

К. Д. МАШКАНЦЕВА

## ЭНГОЗЕРО

В июле — октябре 1951 г. Карельский филиал АН СССР провел комплексные исследования двух внутренних водоемов КАССР — озер Тикшозера и Энгозера. Целевым назначением этих исследований было составление рыбопромысловых карт по правительственному заданию. Материалы экспедиционных исследований 1951 г. явились первыми натурными данными, позволяющими судить о свойствах озер: о рельефе дна, грунтах его, гидрохимических и термических условиях водных масс, фауне и условиях ее существования.

Результатом комплексных исследований озер явился атлас рыбопромысловых карт по каждому из озер с пояснительными записками к каждой карте. В атлас вошли также карты, составленные по материалам гидрологических исследований. Результаты этих исследований, обработанные с указанной целью, не были полностью использованы при составлении рыбопромысловых атласов и легли в основу настоящего очерка.

Озеро Энгозеро расположено на северо-востоке КАССР, в 40—60 км от западного побережья Белого моря. Административно Энгозеро относится к Лоухскому и Кемскому районам республики. Бассейн его, площадью 1389 км<sup>2</sup>, с севера и запада ограничен водосбором рек Керети и Ковды, с юга — бассейном р. Куземы. Озеро своими крайними точками лежит между 65°41'—65°48' с. ш. и 33°01'—33°49' в. д.

Территория бассейна Энгозера относится к Беломорской низменности с небольшим уклоном на юго-восток. Для бассейна характерны сравнительно небольшие колебания высот поверхности, обусловленные частым чередованием гряд (сельг) и понижений между ними, занятых речными долинами, болотами и озерами. Гряды имеют в основном широтное направление, небольшую относительную высоту (20—30 м) и отлогие склоны. Такого рода рельеф характерен для восточной части бассейна. Западная часть бассейна озера отличается волнистым рельефом с очень незначительными колебаниями высот, а также заболоченными участками и озерными впадинами.

Прилегающая к озеру местность покрыта толщей четвертичных отложений, преимущественно моренной. Подстилающие коренные породы обнажаются по берегам озер. Выходы их на дневную поверхность сглажены работой ледника и имеют форму либо "бараньих лбов", либо плоских каменных плит площадью в несколько десятков квадратных метров.

Наибольшая абсолютная высота бассейна в 134 м расположена на южном берегу оз. Боярского.

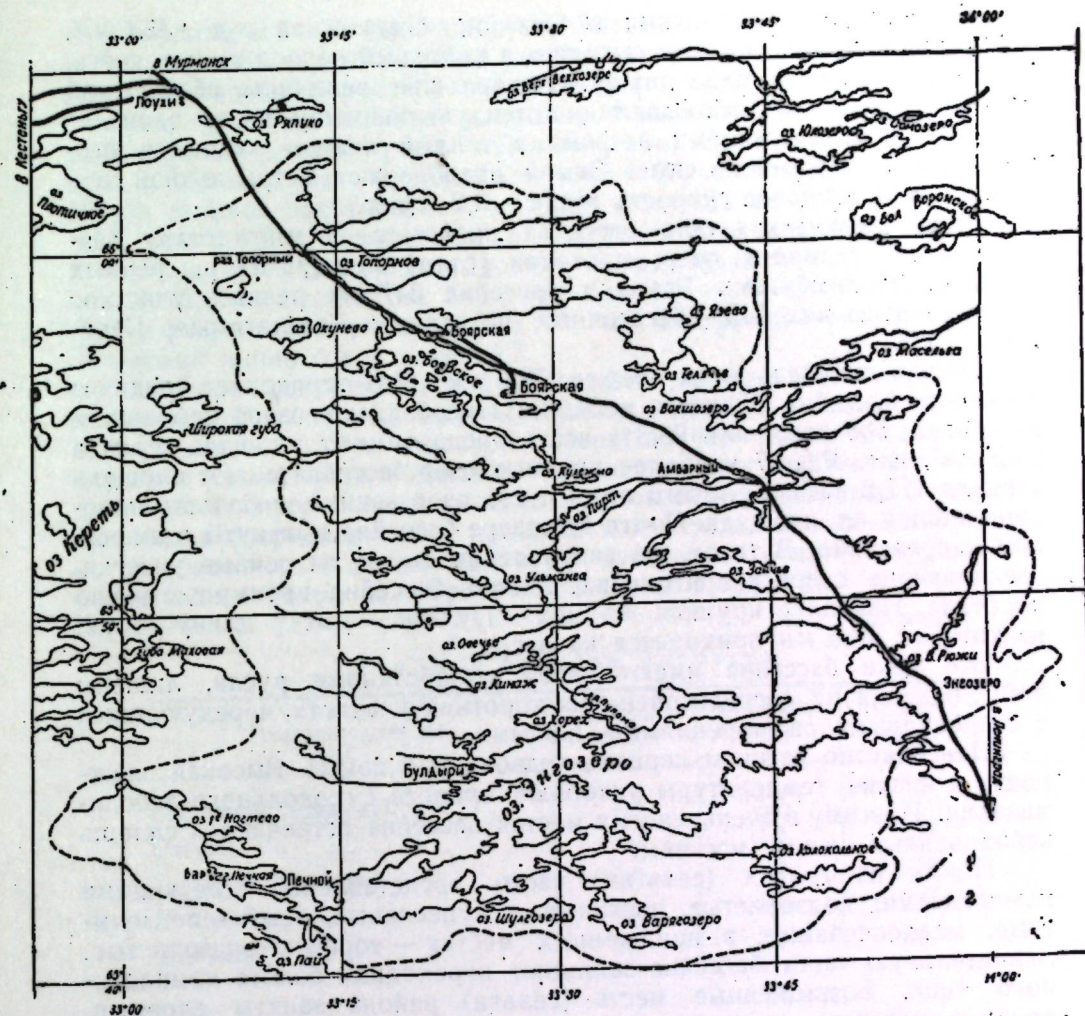


Рис. 1. Бассейн оз. Энгозера

1 — водосборная граница бассейна озера; 2 — железная дорога.

Климат района с прохладным летом и сравнительно теплой зимой характеризуется сравнительно высокими температурами зимнего периода, влажным летом, небольшой амплитудой температурных колебаний и высокой относительной влажностью.

Среднегодовая температура воздуха по станции Пильдозеро, расположенной в 6 км от южного берега Энгозера, равна 0,3°. Среднемесячные температуры воздуха в холодный период, с ноября по апрель, в бассейне отрицательные, понижаются от ноября к февралю — самому холодному месяцу в году. Абсолютная максимальная температура воздуха наблюдается в июле и достигает 32° (по ст. Лоухи, в 42 км от центра озера). Абсолютная минимальная температура — 47° на ст. Лоухи наблюдалась в феврале.

Средняя дата наступления первого мороза в бассейне относится к 26 августа, последнего — к 9 июня. Продолжительность безморозного периода 77 дней. Дата установления снежного покрова относится в среднем к 11 октября; средняя дата схода снежного покрова — к 4 мая. Число дней со снежным покровом в среднем — 184.

Количество выпадающих в бассейне осадков за год — 453 мм. 25% общей суммы осадков выпадает в холодный период в виде снега, 75% — в теплый, в виде дождя. Наибольшие величины абсолютной влажности воздуха наблюдаются в теплую половину года, в июле-августе. Господствующими ветрами в теплый период являются юго-западные и северо-восточные. Зимой преобладают ветры южной четверти. Среднегодовая скорость ветра — 3,2 м/сек.

Гидрографическая сеть бассейна представлена множеством различных по величине озер, протоков (салм) между ними, речных участков и ламбушек. Всего в бассейне 347 км речных участков и 595 озер; из них 442 — бессточных (по данным «Каталога озер Карелии», 1953).

Общая площадь всех озер — 270,6 км<sup>2</sup>. Это определяет среднюю озерность бассейна Энгозера в 29,3%. Преобладают озера небольших площадей; 588 озер, или 98,8% всего числа, имеют площадь зеркала 99,3 км<sup>2</sup>, или 37%, 7 наиболее крупных озер бассейна имеют площадь зеркала 171,2 км<sup>2</sup>, т. е. всего лишь 1,2% озер занимают больше половины общей их площади. Почти все озера бассейна вытянуты в широтном направлении. В таком же направлении вытянуты речные участки, соединяющие озера и притоки их. Реки в бассейне преимущественно короткие. Наиболее крупная из них — Пулома — имеет длину 75 км, из которых 40,6 км приходится на озера.

Все реки бассейна имеют слабо выработанные русла, лишены пойм; падения их сосредоточены на коротких участках, чередующихся с озеровидными расширениями — плесами.

Повсеместно развиты дерново-подзолистые почвы. Высокая влажность и низкие температуры ускоряют процесс суходольного заболачивания. Поэтому в очень многих местах бассейна встречаются сплошь заболоченные лесные массивы.

Почвы на грядах (сельгах) часто представлены следующими комплексами: подзолистые, песчаные и супесчаные, реже — подзолистые, мелкопесчаные; в пониженных местах — торфяно-подзолистые. Значительную часть бассейна занимают переходные болота комплексного типа. Возвышенные места (сельги) района заняты еловыми, елово-сосновыми и смешанными лесами, преимущественно черничниками; пониженные, увлажненные места с багульником и вероникой, на каменистых и песчаных почвах, заняты лишайниками и брусничными борами.

Средняя плотность населения в Лоухском районе 1,5 человека на 1 км<sup>2</sup>. Населенные пункты в бассейне расположены по берегам крупных озер и вдоль Кировской железной дороги, пересекающей бассейн в его восточной части. Расстояния между населенными пунктами достигают десятков километров. Всего в бассейне восемь населенных пунктов, из которых четыре расположены на берегу Энгозера (ст. Энгозеро, деревни Булдыри, Песчаная Губа и лесопункт № 179).

Основное занятие населения — работы по заготовке и сплаву леса. Посевные площади занимают незначительный процент от всей площади бассейна. Главное богатство района — лес. Рыбный промысел развит слабо.

Площадь Энгозера 136,1 км<sup>2</sup>, при площади зеркала 119,3 км<sup>2</sup>. Озеро имеет неправильную форму, вытянутую с запада-юго-запада на восток-северо-восток на 38,3 км. При значительной длине озеро имеет сравнительно небольшую ширину, достигающую в наиболее широком месте всего лишь 7,9 км.

Характернейшей особенностью Энгозера является значительная горизонтальная и вертикальная расчлененность его котловины и сильная изрезанность береговой линии. В озере насчитывается множество заливов, бухточек, островов и проливов различной величины. Наиболее крупные заливы озера — Печная губа, Морозова губа, Рогатая губа и Задняя губа — врезаны в основной берег северной части озера. Длина заливов достигает 5 км. Общая площадь их (12,8 км<sup>2</sup>) составляет около 10% всей площади озера. Заливы имеют в основном лопастную, удлинненную в широтном направлении форму.

Наибольшее развитие береговая линия озера получила на юге. Длина береговой линии озера 197 км. Коэффициент извилистости береговой линии озера равен 4,7.

В озере насчитывается 144 острова, из них 28 закартировано экспедицией в период полевых работ. Общая площадь островов 16,8 км<sup>2</sup>, т. е. 13,8% площади озера занято островами. Размеры островов самые разнообразные — от нескольких квадратных метров до 2 км<sup>2</sup>. Распределение их по площади озера неравномерное; наибольшее число сосредоточено в западной и центральной частях. Свободна от островов только небольшая часть центрального плеса озера. Наиболее значительные из островов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Главные острова Энгозера

Название острова	Длина (км)	Ширина (км)	Площадь (км <sup>2</sup> )
Восточный Домашний . . . . .	2,5	1,5	1,96
Олений . . . . .	3,0	1,3	1,72
Западный Домашний . . . . .	3,0	1,3	1,53
Лопарский . . . . .	3,1	1,4	2,31
Песчаный . . . . .	3,0	1,5	1,8

Хотя форма островов разная, но все они вытянуты в направлении оси озера. Береговая линия большинства островов также сильно изрезана, общая длина ее составляет 115 км. Коэффициент изрезанности береговой линии озера и островов 7,6.

По рельефу котловины и распределению глубин в Энгозере наблюдается определенная обособленность районов с характерными для них признаками. Условно в этом распределении намечаются три района.

1. Западный район — от западных берегов озера до условной линии островов Кайда и Ниеттема — к югу. Для района характерны небольшие колебания глубин в пределах 4—5 м и равномерное увеличение их от берегов к середине озера. Наибольшие глубины этого района в 8—11 м наблюдаются вдоль юго-западного берега Морозовой Губы.

2. Центральный район озера — наибольший по площади — расположен от восточной границы западного района до линии Елманский пролив — остров Восточный Домашний. Этот район характеризуется наличием наибольших для озера глубин, крайне неравномерным распределением их в западной островной части и сравнительно равномерным — в восточной части. Здесь же расположены и четыре впадины (ямы) озера: а) в северной части к востоку от дер. Булдыри, с глу-

биной 13,4 м; б) к югу от устья р. Пуломы, с глубиной 18 м; в) к северо-востоку от острова Песчаного, с глубиной 18 м; г) в центральном плесе озера к северо-востоку от острова Оленьего, с глубиной 17 м. Впадины вытянуты в широтном направлении; имеют отлогие склоны, площади их незначительные.

3. Восточный район имеет мелководную западную часть и сравнительно глубокую восточную. Глубины увеличиваются равномерно. Наибольшая глубина в 12 м — в середине восточного плеса озера.

В Энгозеро впадает 11 притоков протяжением от 0,6 до 75,2 км и с площадями водосборов от 14,4 до 802 км<sup>2</sup>. В центральную часть озера с северного берега впадает самый крупный приток озера — р. Пулома. Она берет начало на севере бассейна, пересекает бассейн, собирая воды почти со всей его территории. Общее падение р. Пуломы 16,7 м. Ширина реки при впадении в озеро 300—350 м, глубина 2,5—3 м, скорость течения 0,2—0,3 м/сек. Все прочие притоки озера незначительны по протяжению, имеют небольшие падения, слабо выработанные русла и носят характер ручьев. Впадают они в небольшие, мелководные в большинстве случаев, зарослевые заливы озера. Предустьевые участки таких притоков имеют слабое течение, илистое дно, хорошо развитую водную растительность, представленную тростником, камышом, хвощом. Ширина участков в устье 15—20 м, глубина 1,5—2 м.

Из озера вытекают две реки — Воньга и Калга<sup>1</sup>, впадающие в Белое море. Наиболее крупная из них Воньга; длина ее 98 км и площадь водосбора 1926 км<sup>2</sup>. При выходе из Энгозера она преодолевает порог длиной 80—100 м, затем разливается в широкое плесо, называемое Пайозером. На протяжении первых 8 км Воньга представляет собой систему озер и протоков между ними и только при выходе из Чогозера течет в собственном русле шириной 25—30 м.

Река Калга берет начало в восточной части озера, длина ее 58,6 км, площадь бассейна 932,9 км<sup>2</sup>. На протяжении 6 км от истока река имеет ширину 300—400 м; глубину 2,5—3,0 м и незначительные скорости. При впадении в оз. Песчаное и при выходе из него река порожиста; ширина русла здесь резко снижается, скорости достигают 1,5—2 м/сек.

Для озера в целом характерны обилие каменных гряд, являющихся в большинстве случаев продолжением островов, подводных и надводных камней, луд и отмелей, встречающихся по всей площади зеркала озера и сложенных либо коренными породами, либо мореной.

Литораль озера — прибрежная часть с глубинами до 3 м, преимущественно отлогая, каменистая. Ширина ее колеблется от 15—20 до 100—150 м. Песчаная литораль отмечена вдоль северного берега Теткиной губы, в Зеленой губе, вдоль южного берега озера в районе острова Песчаного, а также у островов Юоттойи и Теткина.

Средняя глубина озера 4,5 м, наибольшая — 18 м. На 63,8% всей площади дна озера глубины 0—5 м. Глубины более 10 м занимают лишь 2,7% всей площади дна. Распределение площадей дна по глубине приводится в табл. 2.

Разнообразие берегов Энгозера связано с геологическим происхождением его котловины, составом пород, а также с процессами, формирующими берега, и рядом других факторов. В формировании озерной котловины Энгозера, по-видимому, кроме тектонических про-

<sup>1</sup> Площадь водосбора Энгозера (1389 км<sup>2</sup>) условно поделена пополам — по 694,5 км<sup>2</sup> для каждой реки в истоке.

цессов, приняли участие и процессы материкового оледенения, оставив за собой типы берегов озера и его островов, сформированных моренным материалом.

Таблица 2  
Распределение площадей дна Энгозера по глубине

Глубины (м)	Площадь (км <sup>2</sup> )	% от общей площади
0—5	76,17	63,8
5—10	39,73	33,2
10—15	3,21	2,7
15—20	0,23	0,3
Вся площадь озера . . .	119,34	100,0

По морфологии и составу слагающих пород берега Энгозера можно разделить на три основных типа: 1) скалистые; 2) аккумулятивные, сложенные моренным материалом; 3) низкие, заболоченные.

1. Скалистые высокие берега с крутыми, уходящими под воду склонами сбросового происхождения. Второй разновидностью скалистого берега являются глыбовые берега в виде массивных щитов. Берега первой разновидности, высотой до 3,5—4 м над урезом воды и крутизной склонов до 45°, занимают небольшой процент от всей длины береговой линии и встречаются в районе Каменного пролива, Задней губы, островов Лопарского, Оленьего и Юрко.

В западной части озера, в районе островов Чийчинсуари, Чорван и Ханка, встречаются небольшие островки, представляющие собой отдельно торчащие из воды скалы, сложенные коренными породами. Высота их над уровнем озера достигает 3—4 м.

Плоские, скалистые берега, высотой до 1 м над урезом воды, наблюдаются к западу от устья р. Пуломы в районе Задней губы, на островах Чийчинсуари, Лопарском, Максимова и Каброкко.

2. Аккумулятивные берега — преимущественно валунные. Они представляют собой россыпь валунов различного диаметра с незначительной примесью щебня, гальки и песка. Берега эти получили почти повсеместное распространение. Высота их различна — от 0,5 до 1,5—2 м. Наиболее распространены низкие, отлогие, валунные берега. Они занимают 50—60% всего протяжения береговой линии озера и островов. Часто берега этого типа представляют собой береговые валы шириной всего лишь несколько метров, за которыми лежат большие болотные массивы, покрытые лесной растительностью.

3. Отлогие низкие берега, частью заболоченные (органогенные), высотой 0,5—1 м над урезом воды, занимают меньшее протяжение. Они отмечены на юге западного и центрального районов, а также в районе Морозовой губы, к востоку от нее.

На рис. 2 представлена карта распределения грунтов, составленная на основании 1371 визуального определения верхнего слоя грунта. За небольшим исключением, визуальные определения грунтов производились в каждой промеренной точке, а также на гидрохимических, ихтиологических и гидробиологических станциях. При составлении карты грунтов были приняты пять основных типов грунта: ил, руда,

песок, камни и глина. Ил разделяется на бурый, черный и серо-зеленый. Тип „камни“ включает: глыбы, валуны с галькой, отдельные галечные поля и каменные гряды. При сочетании нескольких типов грунта в одной точке на карту наносились условные обозначения числом, равным числу типов грунта.

Распределение типов грунта по дну озера частично увязывается с распределением его глубин; в прибрежной зоне (литорали) с глубинами до 1,5—3 м распространены песчаные и каменные грунты, на площадях с глубинами более 5 м — илистые грунты, рудные отложения и глины. Преобладающим типом грунтов дна Энгозера является ил. Он представляет в свежем состоянии вязкую массу сметанообразной консистенции, бурого или серо-зеленого цвета.

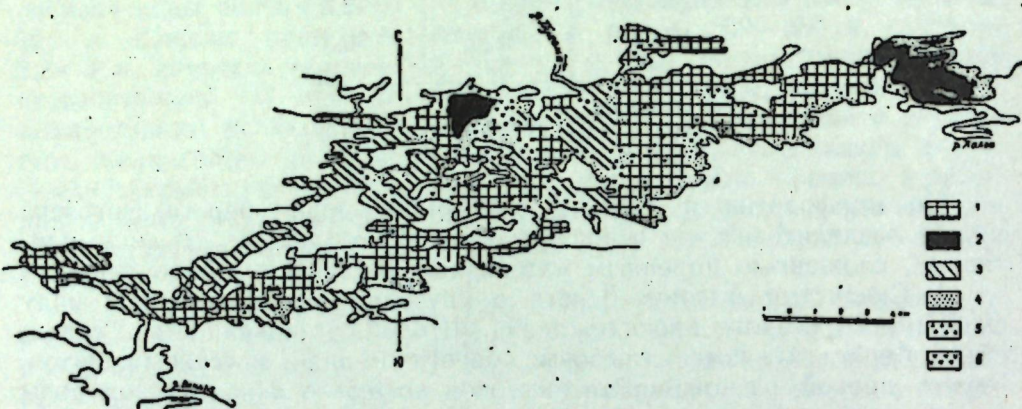


Рис. 2. Карта грунтов оз. Энгозера

Грунты дна: 1 — ил бурый; 2 — ил черный; 3 — ил серо-зеленый; 4 — песок; 5 — камни и валуны; 6 — руда.

По механическому составу (крупности частиц) ил также разнообразен. По результатам механического анализа трех проб грунта содержание частиц диаметром не менее 0,01 мм колеблется в пределах 18—43%, диаметром менее 0,01 мм — 75—82%.

55,5% дна озера занимает бурый ил, получивший распространение в центральном районе озера и частичное — в западном. Дно восточного плеса покрыто черным илом. Серо-зеленый ил отмечен на севере озера, в Печной губе, к северу от протоки в Пайозеро, в Морозовой губе и межостровных пространствах центрального района озера. Серо-зеленый ил встречается во всех частях озера на небольших площадях.

В прибрежной зоне озера и островов располагаются каменные и песчаные грунты, занимающие около 9% дна озера. Каменные грунты встречаются и в открытых частях озера в виде подводных каменных гряд, состоящих из валунов с примесью гальки, как продолжения островов или мысов озера. Железорудные отложения имеют чисто местное распространение. Отложения железных руд в виде гороховидной и корковой руды встречаются во всех частях озера на небольших площадях. Руда встречается в чистом виде и в сочетании с другими грунтами. Общая площадь, занимаемая рудными отложениями, составляет 6,8% от всей площади дна озера.

Распределение грунтов по площади дна озера в абсолютных и относительных единицах приведено в табл. 3.

Около Домашнего острова в восточной части озера, в районе к югу и востоку от него, дно озера засорено древесной корой, кото-

рая обнаружена в свежем и в полуразложившемся виде. Отложения древесной коры являются результатом лесосплава. Вдоль путей лесосплава, особенно с северной части озера, встречается множество топляков, а вдоль береговой линии — оставшаяся у берегов аварийная древесина.

Таблица 3  
Распределение грунтов дна Энгозера

Грунты	Площадь (к.м <sup>2</sup> )	% от всей площади
Ил серо-зеленый . . . . .	29,52	24,7
Ил бурый . . . . .	66,27	55,5
Ил черный . . . . .	7,08	5,9
Песок, камень, валуны . . . . .	8,57	7,2
Руда . . . . .	6,04	5,1
Руда с илом и глиной . . . . .	1,86	1,6
Всего . . . . .	119,34	100,0

Наблюдения за уровнем воды Энгозера ведутся с 1941 г. на водомерном посту Энгозеро (табл. 4). Колебания его уровня характеризуются следующим: подъем начинается в середине апреля и достигает максимума к концу мая — началу июня; затем начинается медленный спад, продолжающийся до начала августа; летняя межень устойчивая; минимальные уровни ее приходятся на август, но в течение всей летней межени уровни остаются выше зимних. Осенние паводки, образующиеся в бассейне вследствие выпадения осадков, начинаются в конце августа и продолжаются иногда до ноября; часто они превышают весенние паводки.

Зимние уровни понижаются в течение 3—3,5 месяца и достигают минимума к концу марта. Максимальная годовая амплитуда колебания уровней озера за период имеющихся наблюдений (1946—1951) составляет 59 см, минимальная — 34 см.

Вскрывается ото льда озеро обычно в середине мая. Лед тает на месте, часть его уходит по рекам Воньге и Калге. Наиболее ранняя дата ледостава — конец октября, самая поздняя — середина ноября. Толщина ледяного покрова достигает 60—75 см в конце марта — начале апреля. Разница в толщине льда у берегов озера и на середине незначительная и составляет 2—3 см. Как правило, в начале зимы лед толще у берегов, к середине зимы толщина ледяного покрова увеличивается быстрее на середине озера, вследствие меньшего там снегового покрова.

Объем водной массы озера составляет 543,8 млн. м<sup>3</sup>. Приток воды в озеро осуществляется за счет притоков озера, основным из которых является р. Пулома (Топорная). Площадь водосбора ее составляет 58% всей площади бассейна. Общий объем притока воды в Энгозеро в средний по водности год равен 394 млн. м<sup>3</sup>. Из них 64% приходится на р. Пулому и 36% на прочие притоки и собственный водосбор. Если всю величину притока мысленно распределить по площади зеркала, то она составит слой толщиной в 3,3 м.

Сток из озера осуществляется через реки Воньгу и Калгу, но в Воньгу поступает в большем объеме, чем в Калгу, вследствие большей площади живого сечения первой.

Характерные уровни Энгозера по водомерному посту Энгозеро

Годы	Максимальный		Минимальный		Летний		Зимний		Весеннего ледохода		Осеннего ледохода		Ам-пли-туда (с.м.)		
	с.м.	дата	с.м.	дата	с.м.	дата	с.м.	дата	с.м.	дата	с.м.	дата			
1946	177	1—5/IV	132	30/VIII, 2—3/IX, 2,6,10,14/X	118	4—8/IV	174	31/V	—	—	134	20—22/X	132	19/X	59
1947	154	31/V	111	30/IX	111	3—8/XI	150	21/V	—	—	112	—	—	—	43
1948	148	6—9/VI, 24—28/XI	119	9/VIII	114	20—21/III, 2—5/IV	141	13/V	140	11/IV	—	—	—	—	34
1949	169	10/VI	143	3/VII	127	30/III—5/IV	—	—	—	—	—	—	—	—	42
1950	170	14—16/V	122	9/IX	123	8/XI	—	—	—	—	—	—	—	—	47
1951	173	13/VI	133	13,14,22,23, 28—30/IX	120	19—24/III	—	—	—	—	—	—	—	—	53

Условный коэффициент водообмена озера, т. е. отношение притекающего объема воды к объему озера, составляет 0,73.

Изучение течений в Энгозере не производилось, но можно предположить, что обмен водных масс в различных частях озера происходит относительно равномерно из-за сравнительно равномерного распределения притоков рек, из него вытекающих. Водообмену в озере способствуют динамические процессы, вызываемые как постоянно, так и периодически действующими факторами. К постоянно действующим факторам, как и во всех проточных водоемах в Энгозере, следует отнести течения постоянные (течения от притоков), компенсационные, сточные, а также конвекционные токи.

Постоянные течения, возникающие под влиянием поступающих расходов воды притоков, в заметной форме выражены в районе впадения Пуломы. Сточное течение должно существовать и достигать ощутимых величин в районе истоков Калги и Воньги. Компенсационные течения развиваются в глубинных частях озера.

Основные морфологические и гидрологические характеристики Энгозера приведены ниже.

Площадь озера (к.м <sup>2</sup> )	136,1
Абсолютная отметка уровня воды (м)	71,3
Площадь зеркала озера (к.м <sup>2</sup> )	119,3
Число островов	144
Длина береговой линии озера (к.м)	197,0
Наибольшая ширина озера (к.м)	7,9
Наибольшая длина озера (к.м)	38,3
Площадь водосбора озера (к.м <sup>2</sup> )	1389,0
Объем годового притока воды в озеро (млн. м <sup>3</sup> )	394,0
Объем озера (млн. м <sup>3</sup> )	543,8
Коэффициент водообмена озера	0,73
Наибольшая глубина (м)	18,0
Средняя глубина (м)	4,5
Наибольшая амплитуда колебания уровней воды (м)	0,59

Находясь севернее 65-й параллели, где среднегодовые температуры колеблются в пределах нуля, а среднемесячные самого теплого месяца — июля — не превышают 15°, Энгозеро даже на сравнительно небольших глубинах нагревается слабо. Максимальные температуры воды в 20—21° наблюдаются только в конце июля — начале августа. По данным наблюдений за температурой воды по водомерному посту Энгозеро за 1946, 1947, 1949, 1951 гг., максимум температуры воды в озере в 21,2° был отмечен 21 июля 1946 г. (табл. 5).

Таблица 5

Максимальные температуры воды Энгозера, по водомерному посту Энгозеро за 1946, 1947, 1949 и 1951 гг.

1946 г.		1947 г.		1949 г.		1951 г.	
Т°	дата	Т°	дата	Т°	дата	Т°	дата
21,2	22/VII	19,4	22/VII	18,2	11/VII	21,1	11/VIII

Наблюдения за температурой воды экспедицией Карельского филиала АН СССР проводились с 13 сентября по 11 октября 1951 г. По данным 38 наблюдений, температура воды Энгозера в этот переходный период от лета к осени (13—20 сентября) имела слабо выраженную прямую стратификацию с разностью температур в 10-метровом слое в 0,8—0,3°. Температура воды поверхностных слоев за это

время изменялась в пределах 13,3—9,5°. А с 1 по 13 октября уже наблюдалась полная гомотермия. Температура поверхностного слоя в период с 13 сентября по 11 октября понизилась до 6°. Средняя температура верхнего слоя в этот период была 8,34°.

Насыщение воды озера кислородом достигает 80—90% во всей толще (Маслова, 1952). Абсолютное содержание свободной углекислоты незначительно (2—3,3 мг/л). Активная реакция рН воды за весь период наблюдений была 6,6—6,8.

Нитратов и нитритов за период исследований в воде озера не обнаружено. Содержание кремнекислоты в воде значительное (0,7—2,3 мг/л), окисного и закисного железа 0,1—0,7 мг/л.

Окисляемость 10—11 мг/л, в отдельных пунктах она достигает 14—23 мг/л. Сравнительно высокая окисляемость обусловлена повышенным количеством растворенных органических веществ и прежде всего фульвокислот и гумуса. Наличие фульвокислот и гумуса подтверждается повышенной цветностью (45—114°).

Прозрачность воды, находящаяся в прямой зависимости от цветности, за период экспедиционных исследований колебалась в пределах 1,8—3,2 м. Вода озера слабо минерализована, общая минерализация 10—12 мг/л. Жесткость воды не превышает 1°.

Энгозеро является водной средой, недостаточно благоприятной для развития живых организмов.

Наблюдавшаяся в сентябре — октябре кислая реакция всей толщи воды от поверхности до дна является результатом значительного количества органических кислот, — вероятно, продуктов гниения древесной коры и других растительных и живых продуктов, засоряющих озеро (Маслова, 1952).

Некоторый дефицит кислорода также указывает на значительный окислительный процесс, протекающий в водах озера. Следует учесть, что в период наблюдений была ветреная погода, вызывавшая значительное волнение, и способствовавшая интенсивному поглощению кислорода воздуха.

Отсутствие нитратов в осенний период, когда следовало ожидать их наличия в связи с регенерацией отмерших планктонных организмов, указывает на бедность кормовых ресурсов (Маслова, 1952).

Кормовые ресурсы озера в общем небогаты. Сравнительно богатый кормовой бентос отмечен в устьях рек и закрытых заливов. Эти участки являются местами откорма молоди и нагула взрослых рыб в летне-осенний период.

Мелководная хорошо прогреваемая зона (до 3 м) имеет биомассу до 6,9 кг/га. В зоне нижней литорали (3—8 м) биомасса составляет 3,9 кг/га. Глубоководная зона совсем бедна донной фауной; здесь кормовой бентос падает до 0,71 кг/га.

Наиболее высокой кормностью отличается западный участок озера, мелководный и богатый водной растительностью. Кормность уменьшается к востоку. Восточный плес, засоренный древесиной, беден кормовыми ресурсами. В среднем количество бентоса составляет 5,8 кг на гектар площади, или 6 г на квадратный метр.

В Энгозере встречено 11 видов рыб: ряпушка, сиг, озерная корюшка, щука, плотва, язь, лещ, колюшка девятиглая, налим и бычок-подкаменщик. Промысловую ценность имеют: сиг, ряпушка, окунь, плотва и щука. К ценным породам относятся: лещ, язь, корюшка и налим. Запасы их в Энгозере очень малы (Кожина и др., 1953).

В настоящее время Энгозеро используется для лесосплава, рыбной ловли и местного судоходства. Сплав леса производится во весь свободный ото льда период. Лес заготавливается в прилегающих к озеру районах и вывозится к лесопунктам, расположенным в Печной Губе и дер. Булдыри. В лесопунктах производится сплотка леса в плоты (бакшаны) и кошелки, которые варповальными лодками и катерами перегоняются к лесоучастку в Энгозеро, откуда лес по железной дороге транспортируется в другие районы страны.

В прошлом рыболовство на Энгозере было подсобной отраслью хозяйства местных жителей, занимавшихся в основном заготовкой и сплавом леса. Усиленный лов рыбы в Энгозере происходил в годы Великой Отечественной войны и в первые годы после войны и привел к снижению рыбных запасов в озере и к измельчению рыб. С 1950 г. организованный лов рыбы на Энгозере прекращен. Ихтиологические исследования экспедиции Карельского филиала АН СССР показали, что запасы рыбы в Энгозере действительно невелики. По мере реализации мероприятий, рекомендуемых авторами рыбопромышленного атласа по Энгозеру (Кожина и др., 1953), рыбные запасы озера будут увеличиваться, а следовательно, и хозяйственный интерес (местного значения) возрастет.

Для жителей бассейна, расселившихся в основном по берегам Энгозера, оно имеет большое транспортное значение. Грунтовые дороги в районе озера отсутствуют. Связь между населенными пунктами летом осуществляется только по озеру. Транспортным средством служат весельные и варповальные лодки. Зимой санный путь идет большей частью по озеру.

В энергетических целях озеро в настоящее время не используется.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Каталог озер Карелии. Рукопись. Фонды Карельского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1953.  
 Кожина Е. А. и др. Рыбопромышленный атлас Энгозера. Рукопись. Фонды Карельского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1953.  
 Маслова Н. П. Предварительный отчет о гидрохимических исследованиях на Энгозере в 1951 г. Рукопись. Фонды Карельского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1952.

К. Д. МАШКАНЦЕВА

### ВЕРХНЕСУНСКИЕ ОЗЕРА ЧЕБИНСКОЙ ГРУППЫ — ЛУБОЯРВИ, ВОНГЕР, МЯРАТ

В 1948—1950 гг. Карельским филиалом АН СССР была организована Западно-Карельская комплексная экспедиция по изучению естественных богатств этого района.

Исследование Верхнесунских озер, а в их составе озер Чебинской группы (Лубоярви, Вонгер, Мярят) явилось частью комплексного изучения водоемов Западной Карелии. Необходимость такого исследования возникла в связи с проектируемым сооружением Валазминского водохранилища и Западно-Карельской железной дороги, к которым тяготеет и район исследуемых озер.

В задачу исследований входило получение общей гидрографической характеристики озер и выяснение их гидрологических условий в целях накопления материала для будущего комплексного использования озер.

Программа полевых исследований включала: а) гидрографическое обследование берегов озер, б) изучение рельефа дна котловин, в) визуального определения характера грунтов дна, г) измерения температуры воды с последующей обработкой всего полученного полевого и имеющегося картографического материала.

Полевые исследования озер произведены в сентябре 1950 г. группой сотрудников Карельского филиала АН СССР при участии и под руководством автора и тт. Г. В. Федоровой, Ю. Б. Литинского и Р. А. Подругиной.

Первые сведения о группе Чебинских озер получены при общем исследовании Сунского бассейна в 1911—1912 гг. партией б. Управления внутренних водных путей сообщения под руководством инж. Преженцева, которой была произведена съемка озер и составлены планшеты, продольные и поперечные профили. Результаты исследований в виде общих сведений приведены в Указателе внутренних водных путей, изданном в 1918 г. под редакцией инж. Цимбаленко, где дано первое и единственное краткое описание этих озер.

Общие сведения об озерах. Озера Лубоярви, Вонгер и Мярят являются составными частями р. Чеборы. Они образуют цепочку озер, соединенных протоками, из которых берет начало р. Чебора (Чеба) — приток оз. Ройкнаволоцкого. Это озеро входит в состав Суны, одной из крупных рек Карелии. В гидрографическом отношении озера расположены в северо-западной части водосбора р. Суны, административно — в Суоярвском районе республики.

Озеро Лубоярви находится между 30,5—44,5 км от устья р. Чебы на абсолютной высоте 178,0 м. Площадь озера 22,5 км<sup>2</sup>, площадь зеркала 19,8 км<sup>2</sup>. Площадь водосбора, замыкаемая озером, 180 км<sup>2</sup>.

Озеро Вонгер (Вонгозеро) лежит между 18,0—30,5 км от устья р. Чебы на высоте 177,9 м абс. Площадь озера 35,3 км<sup>2</sup>, площадь зеркала 34,1 км<sup>2</sup>. Площадь водосбора озера 274 км<sup>2</sup>.

Озеро Мярят расположено между 8,0—18,0 км от устья р. Чебы, на высоте 177,8 м. Его площадь 18,8 км<sup>2</sup>, площадь зеркала 17,9 км<sup>2</sup> и площадь водосбора 424 км<sup>2</sup>.

Река Чебора (Чеба) представляет собой систему озер протоков и речных участков между оз. Лубоярви и оз. Ройкнаволоцким. Длина этой системы 44 км. Из них на озерные участки (оз. Лубоярви, Вонгер и Мярят) приходится 29,5 км и только 14,5 км на речные участки. Протоки, соединяющие озера, по длине незначительны и носят местные названия. Рекой же Чеборой называется участок между озерами Мярят и Ройкнаволоцкое с отметкой 164,0 м. Длина этого участка 8,0 км. Общее падение от оз. Мярят до оз. Ройкнаволоцкого 13,8 м, удельное — 1,7 м на 1 км.

Происхождение и типы Верхнесунских озер. По исследованиям Г. С. Бискэ (1948) рельеф района, где расположены рассматриваемые озера, явился результатом одновременного действия тектоники, процессов эрозии и денудации. Определяющее же влияние на создание современного рельефа, по предположению Г. С. Бискэ, оказало последнее оледенение, оставив на поверхности района отложения морены, наиболее мощный слой которой наблюдается к западу от оз. Вонгер, и флювиогляциальные отложения в виде озовых гряд, имеющих большое распространение в районе оз. Мярят. Озерные же понижения сунской депрессии входили в обширный ледниковый водоем, который постепенно мелел и распадался на ряд мелких и в дальнейшем постепенно мелеющих и зарастающих озер. Подобный процесс происходил и с озерами Чебинской группы. Таким образом, озера Вонгер, Мярят и Лубоярви по генезису их котловин следует отнести к ледниковым.

Горизонтальное расчленение озер. Современную береговую линию Чебинских озер, в сравнении с первоначальными очертаниями их котловин, следует считать значительно сокращенной. Основанием тому служат повсеместные признаки усыхания и обмеления озер, обширные мелководные и зарастающие заливы и болотные полосы, окружающие побережья озер. Характерным примером мелеющего озера является Лубоярви, где около половины всей площади озера находится в стадии интенсивного зарастания.

Современные формы Чебинских озер можно отнести к типу лопастных (Лубоярви и Мярят) и овальных с лопастными отчленениями (оз. Вонгер). Эволюция последнего шла, по-видимому, значительно медленнее и определила его сравнительную молодость.

Общее направление форм котловин озер в основном северо-западное и соответствует формам дневной поверхности этого района. Расчлененность Чебинских озер, определяемая отношением площади круга с длиной окружности, равной длине береговой линии озера к площади озера, у всех трех озер почти одинакова и равна 3 единицам. Наибольшее число отчленений с небольшой углубленностью, представляющих собой изгибы берега, имеет озеро Вонгер. У озер Лубоярви и Мярят обособленных участков меньше, но они имеют значительную углубленность.

Небольшие озера Сарги и Совиярви, входящие в Чебинскую

группу, представляют, по существу, обособленные участки озер Лубоярви и Вонгер.

В современном состоянии почти все заливы озер — это мелкие зарастающие их части.

В возрастном отношении озеро Лубоярви можно отнести к стадии старости, а озера Вонгер и Мятат к переходной — от зрелости к старости.

Береговая линия Чебинских озер имеет высокую изрезанность и характеризуется коэффициентами для Лубоярви — 5,4, Вонгер — 5,4, Мятат — 7,6.

Наибольшей островистостью как по числу островов, так и по общей площади отличается озеро Лубоярви с коэффициентом островистости 14%; наименьшей — озеро Вонгер — 4%. Расположение островов по акватории озер закономерно и разнообразно. Формы их вытянутости, в основном, следуют общему направлению форм наземного рельефа.

Берега озер. В орографическом отношении берега озер довольно разнообразны, но наибольшее распространение имеют низкие, отлогие берега. Высокие берега связаны со скальными породами и имеют локальное распространение.

По составу слагающих пород чаще встречаются берега, сложенные мореной и озерными отложениями, реже — скальными породами.

Моренные берега представлены полосой валунной россыпи, большей частью представляющей собой береговую вал, за которым нередко расположены заболоченные земли. Высота таких берегов колеблется в значительных пределах, но уклоны их небольшие.

Озерные отложения встречаются как торфяно-болотные (органогенные берега), так и аллювиальные, представленные главным образом песками.

Органогенные берега, как правило, имеют место в мелких, зарослевых заливах озер, таких, как Малое Лубоярви, Пузама губа в Лубоярви и в озерах Сарги, Тедри и Сюрярви.

Песчаные озерные отложения встречаются в озерах Вонгер и Мятат. „Всюду они слагают пляжевые участки, которые отсутствуют лишь в местах развития торфяно-болотных отложений, или там, где коренные породы подходят непосредственно к урезу воды“ (Бискэ, 1948).

Берега, сложенные коренными породами, отмечены у всех озер. В озере Лубоярви они слагают участки северного и южного берегов в районе островов Гостизенсуари и в протоке (салме) из озера Лубоярви в озеро Вонгер. В озере Вонгер скальные берега встречаются довольно часто и слагают почти все мысы озера, такие, как Тохманиэми, Куйокканиэми, Хорманиэми и др. В озере Мятат они отмечены в заливе Койда-Мярая, из которого вытекает р. Чебора. Скальные (шхерные) берега имеют вид характерных для Карелии „бараньих лбов“ и „курчавых скал“ с высотой, достигающей 20–25 м и круто обрывающихся к урезу воды.

В генетическом отношении в Чебинской группе озер преобладают берега аккумулятивного типа, о чем свидетельствует большое распространение озерных отложений. Абразионные процессы в озерах, по-видимому, почти отсутствуют и имеют место только при высоких горизонтах.

Культурные земли по берегам озер имеются на островах Гостизенсуари и по южному берегу озера Лубоярви в районе этих островов.

Вертикальное расчленение котловин озер, или подводный рельеф у Чебинских озер типичен для озер ледникового типа — сильно расчленен, с множеством луд, подводных и надводных камней и отмелей, с резким и частым чередованием мелей и ям. Ясно выраженные закономерности в распределении глубин в озерах отсутствуют.

Озеро Лубоярви самое мелководное из всей Чебинской группы и отличается наиболее спокойным рельефом дна. Наибольшая глубина его в 8,7 м расположена в северной части. 5% площади дна озера занято глубинами менее 2,0 м. Средняя глубина озера — 1,9 м. Объем озера 37,6 млн. м<sup>3</sup>.

Озеро Вонгер наиболее глубокое. Увеличение глубин в озере идет от северо-запада к юго-востоку, где сосредоточены наибольшие глубины в открытой безостровной части. Здесь расположена и наибольшая глубина озера — 17,3 м. Средняя глубина 5,4 м. 50% площади дна озера занято глубинами более 4 м. Объем озера 183 млн. м<sup>3</sup>. Характерным для рельефа котловины озера Вонгер является быстрое нарастание глубин — крутизна подводного побережья в юго-восточной глубоководной части.

Озеро Мятат отличается чрезвычайной расчлененностью рельефа; по всей площади озера встречаются многочисленные луды, часто чередующиеся с ямами. Формы рельефа мелкие, резкие. 35% площади дна озера занято глубинами более 4 м. Наибольшая глубина озера 14,9 м, средняя — 3,8 м, объем водных масс 68,3 млн. м<sup>3</sup>.

Наибольшая глубина озера Совиярви — 6 м, оз. Сарги — 2,0 м.

Грунты в озерах встречаются пяти типов:

1) Каменистый. — включает в себя валуны, щебень, гальку, гравий. Является продуктом разрушения пород, слагающих берег озера, главным образом морены. Наиболее распространен этот тип грунта в озере Мятат. В озерах Лубоярви и Вонгер он встречается в литоральной зоне на лудах, отмелях и мелях.

2) Песчаный грунт характерен для озера Вонгер, где он распространен вдоль всей литорали северного побережья и местами вдоль южного побережья. В озерах Лубоярви и Мятат песчаный грунт имеет локальное распространение.

3) Илы — наиболее распространенный тип грунта во всех озерах. Цвет илов различный, но преобладают темно-зеленые тона.

4) Рудные отложения встречаются во всех озерах, на глубинах 3–4 м. Наиболее значительные площади дна покрыты рудой в озерах Лубоярви и Мятат.

5) Глины отмечены только в западной части озера Лубоярви.

В озерах Совиярви и Сарги преобладают илы (рис. 1, 2, 3).

Ледниковый генетический тип озер характеризует сложный расчлененный первоначальный рельеф их котловин, а возрастная ступень старости и переход к ней дает основание ожидать значительных морфологических изменений озера и мощных донных отложений.

Морфологический лопастной тип и значительная общая расчлененность обуславливают неоднородность режима его обособленных участков в горизонтальном направлении.

Островистость озер мала, а изрезанность береговой линии их значительна; тот и другой показатели являются редуцирующими к волнению в озере. Значительная же изрезанность береговой линии способствует аккумуляции водными массами озер тепла, аллювиального материала и увеличивает связь водных масс с бассейном.

Показатель емкости озер средний и характеризует сравнительно большую глубинную доступность к динамическому воздействию.

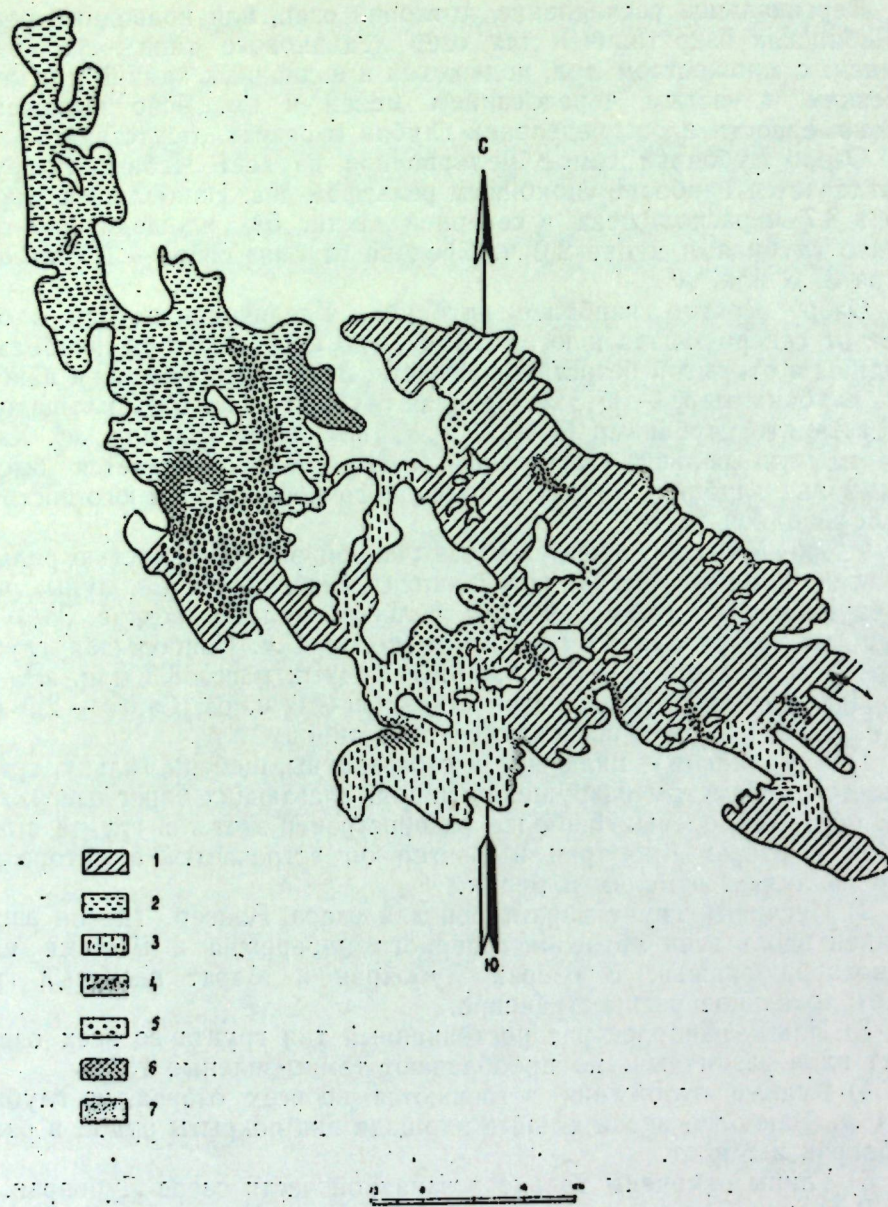


Рис. 1. Карта грунтов озера Лубоярви

1 — зеленый ил; 2 — бурый ил; 3 — темно-зеленый ил; 4 — рудные отложения; 5 — камни; 6 — глина; 7 — песок.

Площади водосборов и удельные водосборы озер и показатели водообмена их водных масс небольшие и дают представление о сравнительной автохтонности процессов в озерах.

Гидрология озер. Лубоярви, Вонгер и Мярят являются приточно-сточными озерами. Они входят в озерно-речную систему р. Чеборы, являющейся притоком оз. Ройкнаволоцкого в составе р. Суны и вытекающей из оз. Мярят. Площадь водосбора, замыкаемая озерами, составляет  $424,5 \text{ км}^2$ , или 93% от водосбора р. Чеборы и 5,5% от бассейна р. Суны.

Площадь водосбора и удельный водосбор каждого из озер небольшие, потому и приточность их незначительная. В озере Лубо-

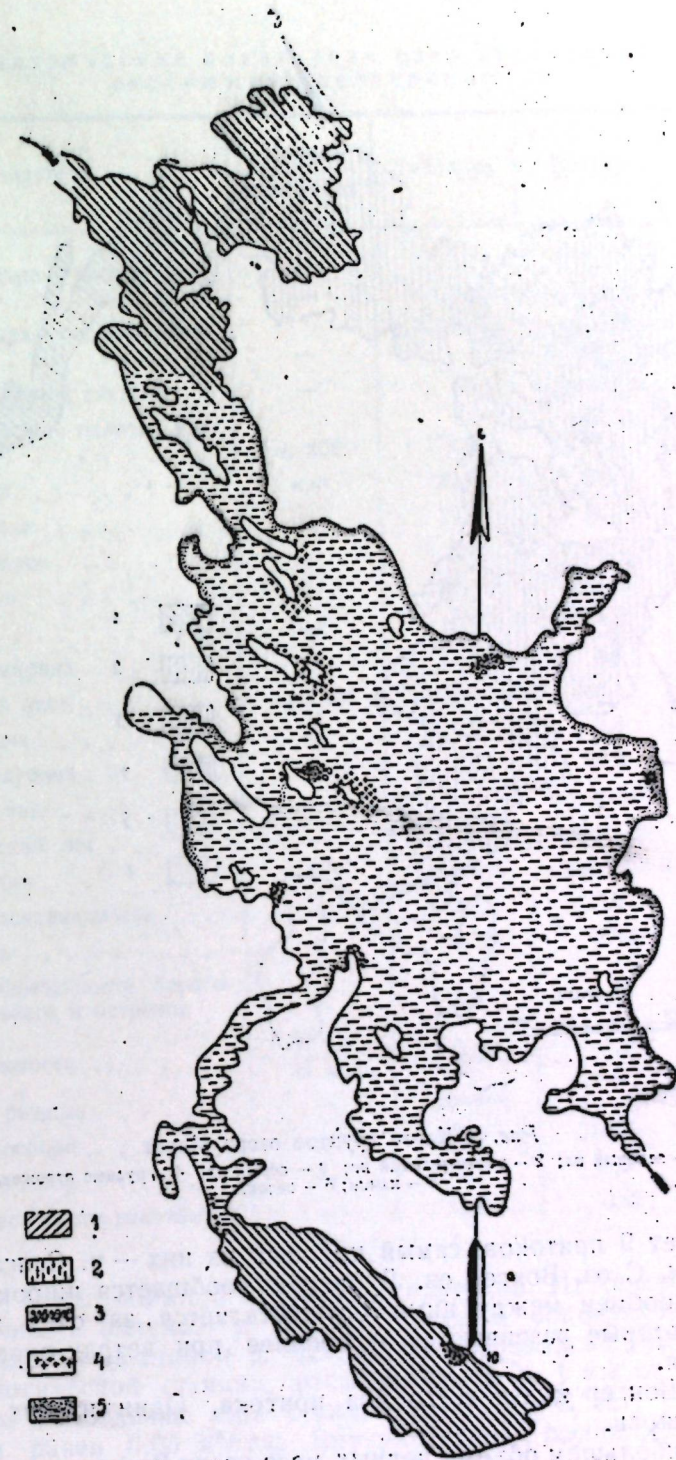


Рис. 2. Карта грунтов озера Вонгер

1 — зеленый ил; 2 — темно-зеленый ил; 3 — рудные отложения; 4 — камни; 5 — песок.



Рис. 3. Карта грунтов озера Мярят

1 — зеленый ил; 2 — темно-зеленый ил; 3 — серый ил; 4 — рудные отложения, 5 — камни; 6 — песок.

ярви впадает 9 притоков, самый крупный из них — р. Сапсанга имеет длину 8 км. С оз. Вонгер оз. Лубоярви сообщается широким проливом, и водообмен между ними осуществляется за счет дрейфовых течений, которые развиваются в проливе при ветрах определенного направления.

Озеро Вонгер имеет всего два притока. Один из них — протока из оз. Совиярви.

При наибольшем объеме водных масс озеро Вонгер имеет наименьший водообмен из всех озер рассматриваемой группы, и режим его несколько отличен от них.

С озером Мярят Вонгозеро соединяется короткой протокой, а сброс воды из Вонгозера осуществляется через порог, что характерно для озерно-речных систем Карелии.

Таблица 1

Морфометрические показатели озер характеризуются следующими величинами:

Показатели	Единица измерения	Лубоярви	Вонгер	Мярят
Административное положение озера	—	Прионежский район КАССР		
Положение озера в бассейне реки, озера, моря	—	р. Чеба—р. Суна—Онежское озеро—Балтийское море		
Положение в речной системе	—	Проточное		
Средняя абсолютная отметка уреза воды	м, абс.	178,0	177,9	177,8
Площадь озера	км <sup>2</sup>	22,5	35,3	18,8
зеркала	"	19,8	34,1	17,9
островов	"	2,7	1,22	0,92
Число островов	—	26	14	21
Большая ось	км	13,5	7,3	7,2
Наибольшая ширина	"	4,0	4,4	2,6
Объем водных масс	млн. м <sup>3</sup>	37,6	183	68,3
Средняя глубина	м	1,9	5,4	3,8
Наибольшая глубина	"	8,7	17,3	14,9
Генетический тип	—	ледниковое		
Морфологический тип	—	лопастное		
Стадия развития	—	старость	переход к старости	
Показатель расчлененности	—	3,1	3,0	3,0
Островистость	%	0,12	0,03	0,05
Показатель изрезанности береговой линии озера и островов	—	5,4	5,4	7,6
Показатель емкости	Н ср. Н макс.	0,22	0,31	0,25
Тип водного режима	—	сточное	проточное	
Площадь водосбора	км <sup>2</sup>	180,5	274,3	424,5
Удельный водосбор	—	9,1	8,0	23,7
Показатель условного водообмена	—	1,6	0,45	2,0

Озеро Мярят имеет 5 небольших притоков. Из северо-восточной его оконечности вытекает р. Чебора, создавая боковую проточность. Наблюдения за стоком р. Чеборы производились с 1929 по 1935 г. на гидрологической станции, расположенной в 1 км от устья реки. По данным наблюдений этой станции, в течение 6 лет, средний расход воды равен 6,05 м<sup>3</sup>/сек. Внутригодовое распределение стока р. Чебы характеризуется табл. 2.

Благодаря высокой естественной зарегулированности средние месячные расходы за многолетний период не падают ниже 41% и не поднимаются выше 172% от среднего многолетнего расхода. Наблюдавшийся максимум равен 375% от среднего годового, а наблюдавшийся минимум — 27,4% (Малаякин, 1949).

## Распределение стока

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Средний расход м <sup>3</sup> /сек за 1929—1935 гг.	4,08	3,08	2,50	3,57	10,36	8,92	5,80
% от среднегодового	67,5	50,8	41,3	59,0	171,5	147,4	95,8

Озерность бассейна, замыкаемая группой Чебинских озер, — 17%. Высокая озерность бассейна и малые удельные водосборы озер обуславливают и небольшие амплитуды колебаний уровня воды, а следовательно и небольшие изменения объема водных масс как в течение года, так и от года к году.

Температурные условия водных масс в озерах. Наблюдения за температурой воды на озерах производились: в озере Лубоярви — 3—6 сентября, в оз. Вонгер — 10—13 сентября, в оз. Мятрат — 18, 19 сентября.

Заметного расслоения в горизонтальном распределении температур воды (в поверхностном слое) в период исследования озер не наблюдалось. На оз. Лубоярви поверхностные температуры воды в период наблюдений изменялись в пределах 18°,0—11°,9, в оз. Вонгер — от 14°,7 до 10°,5, в оз. Мятрат — от 10°,45 до 11°,85.

В эти же периоды в вертикальном распределении температур на всех озерах наблюдалась хорошо выраженная прямая стратификация с градиентами: в оз. Лубоярви — 0°,42, оз. Вонгер — 0°,14—0°,29, в оз. Мятрат — 0°,04.

Малые глубины Чебинских озер способствуют быстрому прогреванию всей водной массы их, а хорошее ветровое перемешивание обуславливает быстрый переход от одного вида расслоения к другому.

Прозрачность воды в оз. Лубоярви колеблется в пределах 1,2—1,4 м, в оз. Вонгер 2,7—3,1 м, в оз. Мятрат 2,3—3,1 м.

Хозяйственное использование озер. В прошлом все три озера играли большую роль как рудоносные, а оз. Мятрат в течение нескольких лет было источником железной руды для Валазминского чугуноплавильного завода. В дореволюционное время они использовались также для лесосплава, рыболовства, судоходства. В настоящее время на них, главным образом, производится любительский лов рыбы.

В перспективе, в связи с постройкой Валазминского водохранилища и Кировской железной дороги, следует ожидать комплексного использования Чебинских озер: рыбопромыслового, судоходного, лесосплавного и энергетического.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Озера Чебинской группы (Лубоярви, Вонгер и Мятрат) генетически относятся к типу ледниковых, а по очертанию их в плане к лопастным относятся озера Лубоярви и Мятрат и к овально-лопастным — оз. Вонгер. В возрастном отношении оз. Лубоярви переживает стадию старости, другие озера — переход к ней.

Таблица 2

## р. Чеборы по месяцам

VIII	IX	X	XI	XII	Характерные годовые расходы м <sup>3</sup> /сек		Средний за период м <sup>3</sup> /сек
					максимальный	минимальный	
6,00	5,97	8,10	8,88	5,25	22,7	1,66	6,05
99,2	98,7	133,8	147,0	86,8	37,5	26,4	100

2. Берега озер в орографическом отношении разделяются на низкие и высокие, чаще встречаются низкие. В литологическом отношении встречаются берега, сложенные моренной, озерными отложениями и скальными породами. В генетическом отношении преобладают аккумулятивные берега.

3. Подводный рельеф котловин у всех озер типично ледниковый; он сильно расчленен, с множеством луд, подводных и надводных камней, с частым чередованием ям и отмелей.

4. Грунты в озерах встречаются пяти типов: каменистый, песок, илы, руда и глины. Наиболее распространены в озерах илы. По общему покрытию дна озер рудой все три озера относятся к группе рудоносных.

5. По типу водного питания озера сточно-приточные. Небольшие водосборы озер, высокая их озерность и малые удельные водосборы характеризуют небольшие амплитуды колебаний уровня вод в них, а также малую проточность и водообмен, обуславливая их автохтонность.

6. Небольшие глубины и хорошее ветровое перемешивание создают условия к быстрому прогреванию озер и смене типов расслоения температур.

7. В народнохозяйственном отношении озера представляют значительный интерес и могут быть использованы комплексно для лесосплава, рыболовства, судоходства и энергетики.

## ЛИТЕРАТУРА

- Бискэ Г. С. Четвертичные отложения и геоморфология района Гимолы — Суоярви. Фонды Карельского филиала АН СССР (рукопись). Петрозаводск, 1948.  
 Малявкин А. Н. Гидрология верхней части бассейна р. Суны. Ученые записки КФ. Гос. ун-та, т. III, вып. 2, 1948 г. Петрозаводск, 1949.  
 Машканцева К. Д. Отчет по исследованию Верхнесунских озер группы Чебинской — Вонгер, Мятрат, Лубоярви. Фонды Карельского филиала АН СССР (рукопись). Петрозаводск, 1950.

Г. Л. ГРИЦЕВСКАЯ

ЗИМНИЙ РЕЖИМ ОЗЕР ВЕРХНЕЙ СУНЫ — ЗОНЫ  
ВАЛАЗМИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В период 1948—1950 гг. отрядом отдела гидрологии Карельского филиала АН СССР проводились гидрологические и гидрохимические работы в районе зоны будущего Валазминского водохранилища.

В зиму 1949/50 г. перед отрядом отдела была поставлена задача — провести гидрохимические исследования в зимних условиях на озерах, входящих в будущее Валазминское водохранилище. Такого рода исследования проводились в Карелии впервые (Панасюк, 1950).

Программа полевых работ включала:

а) гидрохимические работы на озерах, входящих в зону затопления Валазминского водохранилища (Гимольское, Ройкнаволоцкое и Кудамгубское);

б) ледомерную и снегомерную съемку перечисленных озер;

в) сокращенные метеорологические наблюдения.

Краткая гидрографическая и гидрологическая характеристика бассейна р. Суны. Территория Карелии изобилует большим числом малых водотоков. По данным „Каталога рек Карелии“ (Григорьев и др., 1948), общее число водотоков составляет 11 533, из них только 27 рек имеют протяженность свыше 100 км и 7 рек — более 200 км.

Река Суна стоит на пятом месте по водности в числе больших рек Карелии. Она берет начало на  $63^{\circ}28'$  с. ш. и  $31^{\circ}56'$  в. д. из небольшого озера Кивиярви площадью  $0,79 \text{ км}^2$ , с отметкой  $358,2 \text{ м}$  над уровнем моря. Впадает Суна в Кондопожский залив Онежского озера, имея общее падение  $325,2 \text{ м}$  на протяжении  $281,6 \text{ км}$ . Суна характеризуется чередованием участков со средоточенным падением (пороги, водопады) с участками широких спокойных плесов и проточных озер (Лазаревская, 1950).

Наибольшее падение реки сосредоточено на первых  $20 \text{ км}$  от истока и составляет  $160 \text{ м}$ , т. е. средний уклон на этом участке  $0,008$ , или  $8 \text{ м}$  на  $1 \text{ пог. км}$ . Участки больших падений имеются и в нижнем течении реки (водопады Гирвас, Пор-Порог, Кивач), где среднее падение достигает  $3,5 \text{ м}$  на  $1 \text{ пог. км}$ . Средний участок реки от оз. Ковдозера до Линдозера имеет средний уклон  $0,0004$ , или  $0,4 \text{ м}$  на  $1 \text{ км}$ .

Ступенчатый продольный профиль реки создает благоприятные условия для ее использования как источника гидроэнергии. В районе водопада Гирвас, в  $65 \text{ км}$  от устья, построена плотина, перегораживающая воды реки и направляющая их каналом в озера Палье и Санда — звенья р. Сандалки (левый приток Суны). При выходе из

оз. Санда Сандалка закрыта глухой плотиной. Таким образом, основная масса сунских вод течет по новому тракту: озера Палье — Санда — Нигозеро — Кондопожский залив; небольшой сток вод идет по старому тракту через Сундозеро в Кондопожский залив.

Большие озера, входящие в состав р. Суны, служат естественным водохранилищем. Общая протяженность озер в составе реки составляет  $74,6 \text{ км}$ , что определяет коэффициент линейной озерности реки  $0,26$ . Суммарное число озер в бассейне реки, площадью от  $0,01 \text{ км}^2$  и выше, равно  $1843$ ; из них  $1317$  не имеют видимого стока. Площадь, занятая озерами, составляет  $956,9 \text{ км}^2$ , и коэффициент озерности всего бассейна реки, площадью  $7665 \text{ км}^2$ ,  $12,5\%$  (Григорьев и Грицевская, 1954).

Многочисленны мелкие озера площадью  $0,1—0,09 \text{ км}^2$ . Они составляют  $74\%$  от общего числа озер, а занимаемая ими площадь составляет  $4\%$  от всей площади озер в бассейне реки.

В верхнем течении Суна протекает через ряд больших озер (табл. 1). Все они, за исключением Ковдозера, войдут в состав будущего Валазминского водохранилища; эти озера и явились объектами изучения сектора гидрологии и энергетики в 1949/50 г. Для подсчета стока верхней части бассейна р. Суны имеются лишь гидрометрические данные в створе проектируемой Валазминской ГЭС, замыкающей  $3450 \text{ км}^2$  площади водосбора реки. В этом створе за 1916—1947 гг. измерено  $185$  расходов воды, охватывающих амплитуду уровней воды  $1,07 \text{ м}$ , что составляет  $94\%$  от многолетней амплитуды колебания уровней в этом створе. Подсчет стока произведен Ленгидэпом (Ленингр. отдел. гидроэнергопроекта Министерства электростанций СССР).

Таблица 1  
Основные данные наиболее крупных проточных озер

Название озера	Расстояние от устья р. Суны (км)	Площадь зеркала озера (км <sup>2</sup> )	Площадь водосбора, замыкаемая озером (км <sup>2</sup> )
Ковдозеро . . . . .	232,8—236,8	10,46	390,8
Ройкнаволоцкое . . . . .	203,2—209,4	25,14	1464,7
Гимольское . . . . .	183,5—203,0	80,52	2664,6
Кудамгубское . . . . .	175,8—180,8	12,42	2720,0
Чудозеро . . . . .	162,1—167,8	9,52	2850,0
Поросозеро . . . . .	154,3—150,8	1,18	3342,9

Средний многолетний расход воды в створе Валазминской ГЭС равен  $36 \text{ м}^3/\text{сек}$ . Модуль стока  $=10,4 \text{ л/сек}$  с  $1 \text{ км}^2$ . Распределение стока верхней части бассейна р. Суны (в процентах от среднегодового) по сезонам:

Весна V—VI	Лето VII—IX	Осень X—XI	Зима XII—IV
36,7	20,9	19,7	22,7

Регулирующее влияние озер и многочисленных болот сказывается на внутригодовом распределении стока Верхней Суны. Весенний сток составляет только  $36,7\%$  от годового. Сток каждого из остальных

сезонов года практически одинаков — 20% от годового. Максимальный расход р. Суны в створе бывшего пос. Валазма в 1926 г. был равен  $144 \text{ м}^3/\text{сек}$ , минимальный в апреле 1932 г. —  $7,2 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

Озеро Гимольское — самое крупное, включаемое в Валазминское водохранилище; оно расположено между 183,5 и 203 км от устья р. Суны. Отметка озера равна 163,3 м. Озеро Гимольское вытянуто с северо-запада на юго-восток, замыкает водосборную площадь  $2664,6 \text{ км}^2$ , или 35% от всей площади бассейна Суны. Озеро принимает пять притоков: в северной части — р. Торосозерка, длиной 41 км; в северо-западной части — р. Вотта, длиной 45,2 км; с юга впадает р. Бола, длиной 24,3 км. Остальные два притока короче 10 км.

Коэффициент извилистости береговой линии озера равен 4,2. Площадь озера составляет  $90,2 \text{ км}^2$ ; площадь зеркала озера —  $80,52 \text{ км}^2$  и площадь его 83 островов равна  $9,68 \text{ км}^2$ . План в горизонталях, проведенных через 2 м, составлен по материалам Ленгидэпа в 1931 г. и материалам промерных работ 1949 г. Горизонт воды принят в системе отметок Ленгидэпа — 165,5 м.

Наиболее распространенные глубины озера — до 5 м — занимают 85% площади озера. Максимальная глубина — 30 м, средняя глубина, полученная от деления объема на площадь зеркала, — 3,53 м. Объем озера — 268,9 млн.  $\text{м}^3$ .

Если принять модуль стока р. Суны при выходе ее из оз. Гимольского в  $10,4 \text{ л/сек}$  с  $1 \text{ км}^2$ , а площадь водосбора —  $2664,6 \text{ км}^2$ , то средний многолетний сток реки в этом створе будет равен  $27,7 \text{ м}^3/\text{сек}$ . Среднегодовой объем притока воды в оз. Гимольское составляет 875 млн.  $\text{м}^3$ . Коэффициент условного водообмена озера равен  $\frac{875 \cdot 10^6}{268,9 \cdot 10^6} = 3,25$ , т. е. оз. Гимольское может в течение одного года изменить объем более трех раз.

Озеро Ройкнаволоцкое расположено между 203,2 и 209,4 км от устья р. Суны. Отметка озера 164 м. В озеро с юго-востока впадает р. Чебора длиной 30,5 км и три ручья длиной менее 5 км. Большая ось озера равна 12 м, наибольшая ширина — 3,45 км. Коэффициент извилистости береговой линии равен 2,5. Площадь по контурам плана Ленгидэпа равна  $25,93 \text{ км}^2$ . Площадь четырех островов —  $0,13 \text{ км}^2$ , площадь зеркала —  $25,8 \text{ км}^2$ . Объем озера равен 64,089 млн.  $\text{м}^3$ , средняя глубина — 2,48 м, максимальная глубина — 20 м. Глубины до 1,5 м занимают 53% от площади зеркала озера.

Среднегодовой расход воды, вытекающей из озера, равен  $15,2 \text{ м}^3/\text{сек}$ . Среднегодовой объем притока в озеро составляет 454,1 млн.  $\text{м}^3$ . Коэффициент водообмена озера равен 7,1, т. е. вдвое выше, чем в Гимольском озере.

Дно озера занято преимущественно глинистыми отложениями серого и серо-зеленого цвета.

Озеро Кудамгубское расположено в 180,8—175,8 км от устья р. Суны.

Большая ось озера равна 10,1 км, наибольшая ширина — 2,1 км. Озеро принимает один приток в северо-западной части, длиной 3 км, и три ручья в юго-западной части. Площадь озера составляет  $12,86 \text{ км}^2$ , площадь девяти островов —  $0,2 \text{ км}^2$ , а площадь зеркала —  $12,66 \text{ км}^2$ . Коэффициент извилистости береговой линии — 2,6. Объем озера вычислен в 19,527 млн.  $\text{м}^3$ ; средняя глубина — 1,55 м, максимальная 2,5 м. Дно озера имеет плавные очертания. Изобаты равномерно распределяются по озеру, следуя очертанию берегов. Площадь глубин до 1 м составляет 85% всей площади озера.

Среднегодовой расход воды в истоке из озера равен  $28,3 \text{ м}^3/\text{сек}$ ; объем среднегодового притока в озеро 891,4 млн.  $\text{м}^3$ , а коэффициент условного водообмена — 47, т. е. озеро в среднем еженедельно может менять свой объем.

Метеорологические условия в период полевых работ. Климатические данные по району Валазминского водохранилища довольно скудные, поэтому они приводятся по наиболее близко расположенным станциям (Климатологический справочник КФССР, 1943).

Приведенные многолетние данные по семи станциям по среднемесячной и максимальной температуре воздуха показывают, что среднесуточные величины незначительно отличаются одна от другой при разности по широте и долготе до  $1^\circ$  (табл. 2, 3 и 4).

Таблица 2

## Список метеостанций и водомерных постов

Название станции или поста	Бассейн реки	Координаты		Высота над уровнем моря (м)	Период наблюдений	Расстояние по воздушной линии от Порося озера (км)
		широта	долгота			
Реболы . . . . .	Лендерка	$63^\circ 47'$	$30^\circ 35'$	182	1914—1918 1927—1930 1932—1934 1949	100
Паданы . . . . .	Выг	$63^\circ 15'$	$33^\circ 23'$	128	1889—1894 1897—1908 1914—1920 1935	65
Суоярви . . . . .	Шуя	$62^\circ 14'$	$32^\circ 25'$	158	1908—1917	115
Койкары . . . . .	Суна	$62^\circ 28'$	$33^\circ 37'$	130	1911—1914 1925—1938	90
Кудамгуба . . . . .	"	$62^\circ 51'$	$32^\circ 24'$	(160) <sup>1</sup>	1949—1950	17
Гимолы . . . . .	"	$63^\circ 02'$	$32^\circ 19'$	"	1949—1950	17
Валазминский завод	"	$62^\circ 11'$	$32^\circ 48'$	160	1890—1893	45

Наиболее холодным месяцем является февраль, наиболее теплым — июль, что соответствует североморскому типу годового хода температуры. Средняя многолетняя годовая температура воздуха у станций Реболы и Суоярви различается незначительно — на  $0,6^\circ$  (табл. 3).

Для климатической характеристики района работ и метеорологических условий 1949/50 г. использованы материалы близлежащих станций и водомерных постов.

Ниже приводим температурные характеристики по многолетним данным (по максимальному термометру). Для сравнения за 1949—1950 гг. данные взяты по вновь открытой метеорологической станции Кудамгуба.

<sup>1</sup> Приблизженная высота станции.

Таблица 3

## Среднемесячные температуры воздуха

Название станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За год
Реболы . . . . .	-11,1	-11,6	-7,2	0,5	6,1	12,2	16,1	13,3	8,0	1,6	-3,9	-8,6	1,2
Паданы . . . . .	-10,9	-11,1	-7,0	0,1	6,0	11,8	15,5	13,3	8,3	2,3	-3,5	-8,3	1,4
Суоярви . . . . .	-10,5	-11,0	-6,5	0,7	6,9	12,8	15,9	13,7	8,6	2,2	-3,4	-8,1	1,8
Кудамгуба <sup>1</sup> . . . . .	-17,9	-9,7	-5,5	3,7	7,1	13,1	13,5	13,1	10,7	2,3	-2,4	-5,4	-

Таблица 4

## Максимальные температуры воздуха по срочным наблюдениям

Название станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За год
Реболы . . . . .	6	6	10	23	27	31	32	30	23	16	9	6	32
Паданы . . . . .	5	6	9	21	26	31	32	30	24	17	10	7	32
Суоярви . . . . .	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34
Кудамгуба <sup>1</sup> . . . . .	0	1	6	19	18	27	25	26	21	12	8	4	-

<sup>1</sup> Данные за 1949—1950 гг.

Таблица 5

## Абсолютный минимум температуры воздуха

Название станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За год
Реболы . . . . .	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-48
Паданы . . . . .	-43	-46	-40	-29	-14	-3	2	-2	-6	-18	-26	-40	-46
Суоярви . . . . .	-42	-44	-37	-26	-13	-6	1	-3	-6	-20	-27	-42	-44
Кудамгуба <sup>1</sup> . . . . .	-40	-34	-31	-17	-3	2	1	0	-0,5	-10	-16	-35	-
Паданы <sup>1</sup> . . . . .	-34	-28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Суоярви <sup>1</sup> . . . . .	-38	-29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Средний минимум температуры воздуха

Название станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За год
Паданы . . . . .	-14,7	-15,9	-12,5	-4,9	1,5	7,5	11,1	9,5	5,0	-0,2	-6,0	-11,4	-2,6
Суоярви . . . . .	-14,5	-15,7	-11,9	-3,7	2,0	7,3	10,5	9,0	4,6	0,2	-6,0	-12,1	-2,6

## Среднемесячное количество осадков (мм)

Название станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За год
Реболы . . . . .	34	30	26	29	38	58	70	74	60	56	50	37	385
Паданы . . . . .	23	22	20	20	32	58	59	57	56	37	36	27	319
Суоярви . . . . .	34	30	28	35	40	55	59	67	76	63	55	44	406
Валазминский завод	29	29	27	32	40	60	60	74	67	56	44	34	389
Кудамгуба <sup>1</sup> . . . . .	11	29	32	66	42	29	72	34	26	108	34	70	377

<sup>1</sup> Данные за 1949—1950 гг.

Абсолютный минимум температур наблюдается в феврале и, по-видимому, для исследуемого района можно считать приближенно  $-47^{\circ}$  (табл. 5), а средний минимум температур  $-16^{\circ}$ .

Среднегодовое количество осадков по ст. Валазминский завод — 552 мм; максимальное количество падает на теплый период года (табл. 7). Зимние осадки выпадают при господствующих южных и юго-западных ветрах, являясь результатом циклонической деятельности водных масс.

Зимой господствует влияние глубокой депрессии по оси ЮЗ — СВ, что вызывает преобладание юго-западного и южного переноса воздушных масс, характерного не только для нашего района, но и для большей части запада и юго-запада Карелии.

В летний период, когда влияние исландского минимума ослабевает и азорский максимум усиливается, влияние юго-западного переноса воздушных масс ослабевает; усиливается влияние местной циркуляции и меридиональный перенос воздушных масс; удельный вес северных и северо-восточных ветров увеличивается. Зима 1949/50 г., по материалам метеорологической станции Кудамгуба, аномальна, значительно отличается по температурным характеристикам от средне-многолетних данных.

Среднемесячная температура воздуха января 1950 г. —  $17,9^{\circ}$  значительно ниже средней многолетней —  $10,5^{\circ}$  (табл. 3). Максимальные температуры ниже средних многолетних, особенно в зимние месяцы (табл. 4). Например:

	Январь	Февраль	Март
1950 г.	0	-1	-1,2
Среднемноголетняя	5	6	9

Абсолютный минимум в январе 1950 г. —  $40,5^{\circ}$  близко подходит к среднему многолетнему  $-43^{\circ}$  (см. Паданы, табл. 5).

По ст. Кудамгуба годовая сумма осадков 552 мм совпадает со средней многолетней по данным ст. Валазминский завод, наиболее близко расположенной к району исследований (табл. 7).

Суммы осадков в теплое и холодное время года близки к средней многолетней.

Кривая распределения количества осадков зимой 1949/50 г. отличается от кривой, построенной по многолетним данным, давая обратное распределение: максимум — на декабрь, а минимум — на январь.

Ветровой режим можно осветить очень приближенно, так как многолетние данные имеются только по двум станциям — Суоярви и Паданы. Для сравнения приводим направления ветра за февраль 1950 г. по ст. Кудамгуба (табл. 8).

Таблица 8.

Направление ветра и число штилей за февраль по ст. Кудамгуба

Направление ветра	С		СВ		В		ЮВ		Ю		ЮЗ		З		СЗ		Штиль
	Ч	С	Ч	С	Ч	С	Ч	С	Ч	С	Ч	С	Ч	С	Ч	С	
	2	8	7	26	8	21	14	53	15	89	20	91	11	43	19	70	16
Средняя скорость (м/сек)	4,0		3,7		2,6		4,1		5,1		4,6		4,3		3,7		

Условные обозначения: Ч — число случаев;

С — сумма скоростей в м.

Низкие температуры января, вероятно, явились следствием необычайного для этого месяца ветрового режима. Как видно из табл. 9, в январе преобладали северо-западные и северные ветры, которые принесли холодную погоду.

Таблица 9

Распределение преобладающих ветров по месяцам за 1949/50 г. по Кудамгубе

Месяц	Преобладающий ветер по числу случаев		Число штилей
	СЗ	С	
Январь . . . . .	СЗ—25	С—18	47
Февраль . . . . .	СЗ—19	ЮЗ—20	16
Март . . . . .	ЮЗ—20	З—21	20
Апрель . . . . .	ЮВ—28	ЮЗ—22	11
Май . . . . .	ЮЗ—21	З—20	8
Июнь <sup>1</sup> . . . . .	—	—	18
Июль . . . . .	СВ—33	С—23	—
Август . . . . .	С—35	СВ—26	25
Сентябрь . . . . .	ЮЗ—31	З—28	—
Октябрь . . . . .	ЮЗ—32	З—29, Ю—18	—
Ноябрь . . . . .	ЮВ—38	—	36
Декабрь . . . . .	ЮВ—28	Ю—41	—

Розы повторяемости ветров, по материалам станций Паданы и Суоярви, подтверждают это предположение. По многолетним данным ст. Суоярви, в январе южная составляющая и западная преобладают, имея соответственно 28 и 20% повторяемости; в 1950 г. южная равна 0, а западная сократилась до 10%. Преобладающими стали ветры северо-западные (28%) и северные (27%). Аналогичную картину дает в 1950 г. и ст. Паданы: роза ветров имеет сильно выраженное направление в сторону СЗ. Северо-западный ветер (47%) был господствующим в январе 1950 г.

Метеорологические наблюдения в полевых условиях производились между 9 и 16 часами; наиболее повторяющийся срок был около 13 часов. Если грубо сравнить материалы наблюдений полевых работ с материалами метеорологических станций Кудамгуба за 13 часов, то можно заметить, что отклонения значений температур воздуха очень незначительны: из 16 дней 11 имеют отклонения не более  $\pm 1^{\circ}$ ; большая разница ( $-8,9^{\circ}$ ) наблюдается 17 февраля. Это — самый холодный день в месяце (абс. минимум —  $33,6^{\circ}$ ).

Следовательно, в отношении наблюдений над температурой воздуха ст. Кудамгуба является репрезентативной для всего района Валазминского водохранилища. Наблюдения над ветровым режимом дают менее однородную картину, но грубых отклонений встречается мало. Это объясняется различной методикой наблюдения (разная высота, приборы).

В первой половине февраля стояла малоснежная погода с температурой воздуха  $-5$  до  $-12^{\circ}$ ; во второй половине минимум темпера-

<sup>1</sup> Равномерное распределение по румбам.

Высота снегового покрова

Название станции	Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Январь		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Паданы	0	0	1	2	3	6	8	10	13	16	20	21
Койкары	0	2	2	2	5	8	11	15	23	26	29	33
Кудамгуба <sup>1</sup>	—	—	—	—	4	11	8	17	26	26	25	30

туры воздуха достигал  $-33^{\circ}$ ; с 17 февраля морозные дни сменялись оттепелями, метелями, снегопадами.

Несмотря на сравнительно большие расстояния (100 км), температурный режим станций Паданы, Реболы, Суоярви не имеет больших отклонений, что указывает на большую подвижность воздушных масс.

В то же время выпадение осадков даже на соседних станциях (Кудамгуба и Валазминский завод) по отдельным месяцам имеет значительные отклонения (табл. 7).

Снегомерная и ледемерная съемка озер. Сведения о ледовом режиме и снеговом покрове системы изучаемых озер скудны. О снеговом покрове можно судить приблизительно по многолетним наблюдениям ст. Койкары, расположенной в нижнем течении р. Суны и ст. Паданы (табл. 10). По условиям наблюдений (открытый участок озера) последняя подходит ближе к режиму исследуемых озер.

Наибольшей высоты снеговой покров достигает в I декаде марта, интенсивнее таяние происходит со II декады апреля. Число дней со снеговым покровом колеблется в пределах, 170, по данным станций, расположенных в нижнем течении р. Суны (табл. 11).

Таблица 11

Продолжительность снегового покрова

Название станции	Число дней со снеговым покровом	Начало снегового покрова			Конец снегового покрова		
		ранняя	средняя	поздняя	ранняя	средняя	поздняя
Семчезеро	177	1/X	18/X	—	14/IV	7/V	26/V
Святнаволок	167	—	20/X	—	—	27/IV	—

Высота залегания снегового покрова в районах озер Кудамгуба и Гимольское на открытом участке одинаковая. На защищенном участке подекадная высота снегового покрова выше на оз. Кудамгуба на 8—10 см, что, вероятно, зависит от характера выбранного участка наблюдений.

Сумма годовых осадков (ст. Кудамгуба) в 1949/50 г. равна средней многолетней по ст. Валазминский завод и мало отличается от таковой по ст. Паданы; но сумма осадков в холодный период года

<sup>1</sup> Данные за 1949—1950 гг.

Таблица 10

по декадам месяцев (см)

	Февраль			Март			Апрель			Май			Средний декадный максимум
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
26	28	31	32	32	31	24	15	4	1	0	0	39	
38	44	46	47	47	42	36	25	6	0	0	0	56	
34	41	45	27	24	22	8	—	—	—	—	—	47	

на станции Валазминский завод выше на 35 мм, чем по ст. Паданы (табл. 7). Следовательно, естественно ожидать большую высоту снегового покрова по декадам по ст. Кудамгуба. Подекадные наблюдения 1949/50 г. подтверждают это: начиная с III декады декабря, снеговой покров по ст. Кудамгуба выше на 13—15 см (открытый участок), чем на ст. Паданы.

Наибольшая высота снегового покрова в 47 см наблюдалась в 1945—1950 гг. в I декаде марта на открытом участке и 66 см — на защищенном участке.

Интенсивное таяние снега началось рано, со II декады марта; высота снегового покрова уменьшилась за 10 дней на 25 см. Таяние снега сопровождалось усиленным уплотнением снега с плотностью 0,20 (I декада) до 0,29 (II декада). В III декаде таяние и уплотнение снега были очень незначительны.

Плотность снега изменяется в пределах: 0,10—0,42 на открытом участке и 0,10—0,38 — на защищенном участке. В процессе нарастания снегового покрова плотность увеличивается слабо, но очень быстро растет с момента таяния.

В 1949/50 г. в развитии снегового покрова имелись значительные отклонения: снеговой покров установился со II декады ноября (на месяц позже нормы), интенсивное таяние началось со II декады марта (на месяц раньше). Сошел снеговой покров в I декаде апреля (на 20 дней раньше нормы).

По данным б. Карело-Финского управления гидрометслужбы (УГМС КФССР), даты вскрытия и замерзания Гимольского озера и р. Суны у б. Валазминского завода следующие:

	Гимольское озеро (1917—1941)			Самая поздняя
	Самая ранняя	Средняя	Самая ранняя	
Ледоход	3/V	12/V	29/V	
Очищение ото льда	4/V	17/V	30/V	
	б. Валазминский завод (1916—1940)			Самая поздняя
Ледоход	29/IV	—	19/V	
Очищение ото льда	1/V	—	20/V	
	Гимольское озеро (1916—1940)			Самая поздняя
Ледостав	23/X	7/XI	28/XII	
	б. Валазминский завод (1916—1940)			Самая поздняя
Первые ледовые явления	26/X	16/XI	14/XII	
Ледостав	23/XII	22/XI	15/XII	

Очищение ото льда Гимольского озера происходит в мае, лед тает на месте в течение 5—6 дней. Средняя дата ледостава по обоим постам приходится на ноябрь, ранняя — октябрь, поздняя — декабрь. Число дней, свободных ото льда, в среднем 180, наибольшее — 215 (1938), наименьшее — 155 (1927).

В зиму 1949/50 г. на оз. Гимольском наблюдались первые забереги 11 ноября, а ледостав — 20 ноября, т. е. на 2 недели позднее средней многолетней. Озеро очистилось ото льда 27/IV 1950 г., на 7 дней раньше среднемноголетнего раннего срока. Число дней, свободных ото льда, — 207.

Для сравнительной характеристики по ледовому режиму приводим данные многолетних величин толщины льда по озерам Гимольское и Лексозеро, по материалам б. УГМС КФСР (табл. 12).

Данные табл. 12 показывают, что рост льда в озерах происходит неравномерно: наиболее интенсивно толщина льда увеличивается в декабре, январе и марте; в феврале прирост льда наименьший. Максимальной толщины лед достигает в III декаде марта или в первой декаде апреля: по Гимольскому озеру — 78 см, по Лексозеру — 58 см. Наибольшая средняя соответственно 59 и 46 см.

В 1949/50 г. на оз. Гимольском производились пентадные съемки ледового покрова; к сожалению, имеются пропуски в наблюдениях в марте. Наибольшей толщины лед достигал в марте — 57 см. Можно думать, что эта величина несколько занижена.

Наиболее вероятно, что толщина льда на озерах Карельской АССР только в редкие суровые зимы достигает 70—80 см. За 10 лет наблюдений в разных частях Онежского озера максимальная толщина льда была в 1942 г. 90—100 см (5). Относительно малая толщина льда объясняется сравнительно мягким климатом. Появление оттепелей, устойчивый снеговой покров и наличие плотного облачного покрова в зимний период — все это задерживает рост льда. Сумма отрицательных температур в 1950 г. по ст. Кудамгуба равна 1198 градусо-дней. Для Онежского озера И. В. Молчанов (1946) приводит 1200 градусо-дней (водомерный пост Клименицы, 1930—1931 гг.).

По структуре лед почти на всех участках озер был однороден: озерно-водный, гладкий, голубого оттенка. Нигде на исследуемых озерах не встречалось оголенных участков, даже в начале работ, когда высота снегового покрова была наименьшей (14—15 см).

Во всех пробиваемых прорубях вода была вровень с краями лунки или не доходила на 1 см; только в двух прорубях снегомерного профиля № 5 Ройкнаволоцкого озера и ст. Гимольского озера вода была ниже края лунок на 3 см. Высокий уровень воды в лунках предполагал возможность выхода воды на поверхность льда через трещины. В начале февраля нами был отмечен только один случай выхода воды на поверхность льда у северо-западной оконечности острова Дёнга в 200 м от берега. Толщина льда из всех пробитых лунок в этом месте была наименьшей — 28 см; для всего профиля характерна толщина льда 41—40 см. Высота воды над лункой была 4 см. Цвет воды желто-коричневатого оттенка. Снег, смешанный с водой, принимал бурый цвет. На этом участке и в лыжне и под полозьями саней при малейшем уплотнении снегового покрова выступала вода.

Начиная с 14 февраля, вода под снегом вблизи берегов и островов встречалась повсюду по мере продвижения в южную часть Гимольского озера от станции II, профиль № 6 до восточного берега. В Ушкальском плесе озера продвижение на лыжах и санях было затруднено, все реже встречались сухие места.

Таблица 12

Толщина льда (см)	Средняя толщина льда (см)																					
	Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель			Май			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Наименьшая	—	—	4	7	10	22	27	32	36	30	30	40	48	46	30	46	48	26	26	22	18	—
Средняя	—	10	10	12	15	25	34	39	40	44	44	51	51	59	46	52	51	54	50	38	40	—
Наибольшая	—	—	15	14	19	36	42	45	44	52	61	56	59	78	61	76	58	77	73	70	—	—
Наименьшая	—	—	5	8	9	13	12	20	27	38	33	30	30	30	33	30	30	29	25	27	29	—
Средняя	—	7	19	20	23	26	26	30	37	41	40	40	43	46	40	43	45	43	41	38	47	—
Наибольшая	—	—	28	31	36	40	39	39	42	48	54	50	53	54	54	58	58	58	58	56	53	—

Озеро Гимольское (1935—1941)

Озеро Лексозеро, ст. Реболы (1932—1941)

В районе ст. 10а работы проводились при температуре  $-29^{\circ}$ . Достаточно было 2—3-минутной остановки, чтобы наш возок с санями плотно вмерз, и требовалось около часа, чтобы сдвинуть его с места. Промеры делали без лыж, так как на них образовывались „каблуки“ высотой 10—15 см; над следом вода выступала местами на 5—10 см.

От Ушкальского острова удалось проехать только до ст. 49, так как вода „сопровождала“ нас всю дорогу. По профилю № 9 от ст. 49 к р. Ушкалке и вдоль восточного берега южнее и севернее этой реки вода на льду не встречалась. К западу от ст. 49 вдоль профиля № 9 вода в последних лунках достигла 14—20 см.

На ст. 52а впервые встретили наслuzовый лед. По-видимому, он находился в самом начале своего образования, так как под снегом находилась корка льда в 2—3 см, затем слой воды в 6 см, а толщина озерно-водного льда составляла 37 см.

На Кудамгубском озере на всех прорубях вода была выше уровня лунки на 3—7 см, над одной прибрежной лункой профиля № 3—17 см. На ст. 3 и по профилю № 3 тоже наблюдался наслuzовый лед в 3 см; межледная прослойка воды была 4 см, толщина озерно-водного льда — 31 см.

По словам колхозников дер. Ушкалы, вода на льду появляется в феврале у берегов, островов, а в марте по всему озеру. 25 февраля в северо-западной части Кудамгубского озера между островами и берегом появились воронкообразные промоины диаметром 20—30 см. В марте количество промоин бывает настолько велико, что это затрудняет конное движение по озеру.

На Гимольском озере в середине февраля таких промоин не наблюдалось, но в районе профиля № 10 в прибрежной зоне в нескольких местах снег в виде пятен имел потемневший вид и сверху находилась снежная корка.

Описанное явление связано, вероятно, с выходом ключей. Появление под снегом воды в прибрежной зоне и вблизи островов объясняется выходом поверхностных вод, а в центре озер — образованием трещин.

Это явление наблюдал И. В. Молчанов на малых озерах в Ленинградской области. Он объясняет выступление воды на льду выходом воды из трещин, образовавшихся под действием температурных натяжений при одновременном действии веса снежного покрова.

Процесс выступления воды на лед, смерзание ее со снегом представляет периодически появляющееся явление, которое Молчанов назвал наслuzованием озер. Процесс наслuzования наблюдал и О. А. Алексин (1937) на Телецком озере в 1931 г.

Как видно из табл. 12 и рис. 2, с момента ледостава (20/XI—31/XII) прирост льда был наибольшим — 30 см, а сумма отрицательных температур выросла с 42,3 до 257,4 градусо-дней мороза.

С 31 декабря по 25 февраля прирост суммы отрицательных температур был наибольший — с 297,4 по 1061 градусо-день, а прирост льда был незначительный — 10 см, что объясняется ростом снежного покрова (табл. 13).

С 25 февраля по 20 марта прирост суммы отрицательных температур был небольшой — с 1061 по 1211,6 градусо-дней, а прирост льда — 17 см. В этот период снеговой покров достигал максимальной высоты. Естественно предположить, что в конце февраля и в марте такой значительный прирост льда происходил исключительно за счет образования наслuzового льда.

Высота и плотность снегового покрова по декадам, по данным снегосъемки в 1949,50 г. (см)

Месяц	Снеговой покров						Плотность снега					
	открытый участок			защищенный участок			открытый участок			защищенный участок		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III

## Станция Кудамгуба

Ноябрь . . . . .	—	4	11	—	5	14	—	0,18	0,11	—	0,12	0,10
Декабрь . . . . .	3	17	26	11	26	38	0,26	0,15	0,18	0,21	0,24	0,17
Январь . . . . .	26	25	30	37	39	41	0,20	0,20	0,22	0,17	0,19	0,20
Февраль . . . . .	34	41	45	47	54	62	0,20	0,19	0,20	0,20	0,17	—
Март . . . . .	47	24	22	66	49	51	0,20	0,29	0,30	0,21	0,22	—
Апрель . . . . .	8	—	—	33	9	—	0,42	—	—	0,30	0,38	—

## Станция Гимолы

Месяц	Нет наблюдений											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Ноябрь . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Декабрь . . . . .	—	16	28	—	19	34	—	—	—	—	—	—
Январь . . . . .	—	35	29	—	36	38	—	—	—	—	—	—
Февраль . . . . .	34	46	40	44	46	53	—	—	—	—	—	—
Март . . . . .	48	28	30	58	37	36	—	—	—	—	—	—
Апрель . . . . .	15	—	—	23	—	—	—	—	—	—	—	—

По данным водомерного поста Гимолы, толщина льда с 1 по 25 февраля изменилась только на 1 см, что лежит в пределах точности измерения толщины льда. Очевидно, ледемерные наблюдения на всех трех озерах можно приравнять к синхронной съемке, не делая срезки на период работ, продолжавшихся с 3 по 28 февраля 1950 г.

На Ройкнаволоцком озере наибольшая толщина льда наблюдалась в 46 см на профиле № 5 вблизи восточного берега и на середине профиля. В губах толщина льда ниже, чем в открытой части озера: в северо-восточной губе — 36 см, в северо-западной — 39 см.

В Гимольском озере ледовый покров менее однороден. Толщина льда изменяется от 0 до 54 см. Максимальная толщина ледового покрова наблюдалась на участке между проливом Сарбисалма и профилем № 6 вблизи западного берега. Условно Гимольское озеро по характеру ледового режима можно разделить на три части.

1. Северо-западная часть до пролива Сарбисалма. Мелководный участок, берега возвышенные, валунные, значительное число островов. Ледовый покров однороден, при толщине льда 40—42 см.

2. Центральная часть — от пролива Сарбисалма до северной оконечности острова Ушкалы. По морфологическим данным, это наиболее широкая открытая часть озера и с разнообразными глубинами. Характер берегов тоже неоднородный: восточный берег низкий, заболоченный, западный — возвышенный; островов мало. В распределении

толщины льда нет той однородности, какая бросается в глаза в северной части.

Пролив Сарбисалма чист ото льда. Чистая полоса воды шириной 100—200 м тянется вдоль западного берега Гимольского озера на 500—600 м. В Ройкнаволоцком озере полоса чистой воды шире: она захватывает почти всю площадь у истока из озера между берегами на расстоянии 200—300 м (рис. 1).

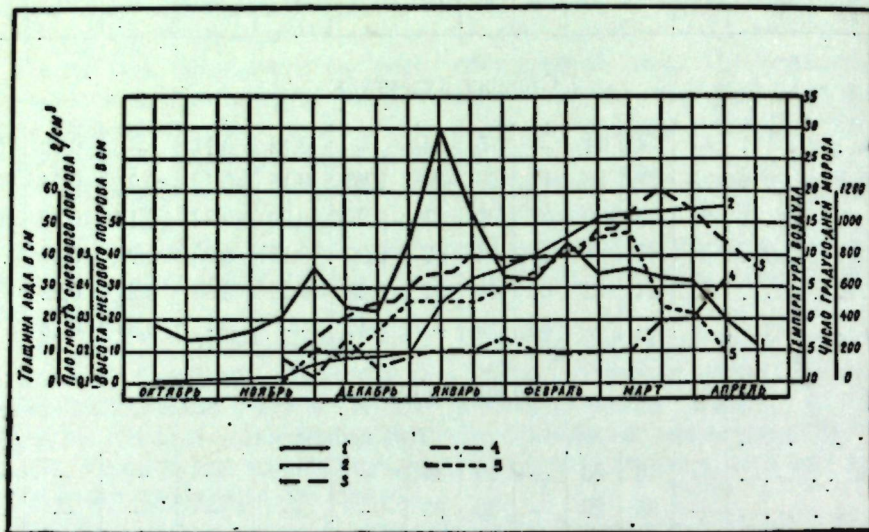


Рис. 1. График изменения температуры воздуха, высоты снежного покрова, толщины льда и плотности льда в зимний период 1949/50 г.  
1 — температура воздуха; 2 — число градусо-дней мороза; 3 — толщина льда; 4 — плотность льда; 5 — высота снежного покрова.

На профиле № 4, в районе которого сказывается влияние течения Суны, вытекающей из оз. Ройкнаволоцкого, толщина льда увеличивается от западного к восточному берегу от 0 до 44 см. В остальной части, где влияние течения р. Суны ослабевает, мы наблюдаем обратное распределение толщины льда.

Ледовый покров увеличивается от восточного к западному берегу, достигая у последнего максимальной толщины 54 см.

3. Юго-восточная часть. Мелководная часть озера, в ней сосредоточено наибольшее число островов и притоков; берега низкие заболоченные. На этом участке толщина льда колеблется от 0 до 42 см, причем максимальные величины наблюдались вдали от островов и берегов, при отсутствии воды на льду.

Толщина льда увеличивается от западного берега к восточному. Большое количество воды на льду и наличие полыней на озере исключило возможность более подробного обследования ледового покрова в этой части. Профиль № 9 остался незаконченным, так как последняя лунка у острова Нункисуари показала толщину льда 10 см, а высота воды над льдом была 20 см.

От района острова Нункисуари вдоль западного берега до истока р. Суны видны редкие полыньи. У истока Суны видна была полоса чистой воды, вследствие чего близко подойти и оценить на глаз площадь чистой воды не было возможности.

Наличие полыней и чистой воды у истоков Суны из озер легко объяснить усиливающимся течением потока сунских вод. В устьях притоков ледовый покров имеет меньшую толщину льда по сравнению с соседними участками озера (табл. 14).

Таблица 14

Толщина льда (см)

Название реки	Толщина льда	Название озера	Толщина льда
Суна (устье)	29	Ройкнаволоцкое	41
Вотта	30	Гимольское	40
Ушкала	39	"	42
Бола	36	"	37

И. В. Молчанов указывает на следующую наблюдаемую зависимость между высотой снежного покрова и толщиной льда: высота снега в центральной части озера 10—15 см, а толщина льда 50—60 см; при высоте снега у берега 60—80 см — ледовый покров 35—40 см. Другими словами, наблюдается обратная зависимость между толщиной льда и высотой снежного покрова. Толщина ледового покрова на исследуемых озерах не обнаруживает такой простой зависимости от высоты снежного покрова. На распределение и рост толщины льда по площади озера влияют проточность озера, характер берегов, притоки (рис. 2).

Таблица 15

Площадь льда и высота снежного покрова (см)

Озеро	Дата наблюдения (февраль)	Высота снежного покрова	Толщина льда
Ройкнаволоцкое	4	14	42
"	8	16	46
Гимольское	10	17	50
"	10	18	38
"	10	19	52
"	13	22	52
Ройкнаволоцкое	5	25	46
"	8	26	28
"	10	27	54
"	14	25	40
Кудамгубское	22	28	37
Гимольское	21	39	40

Как видим, одной и той же высоте снежного покрова соответствует различная толщина льда. Неравномерность развития ледового покрова на озерах, очевидно, обусловлена проточностью этих озер, а также выходом ключей на поверхность льда.

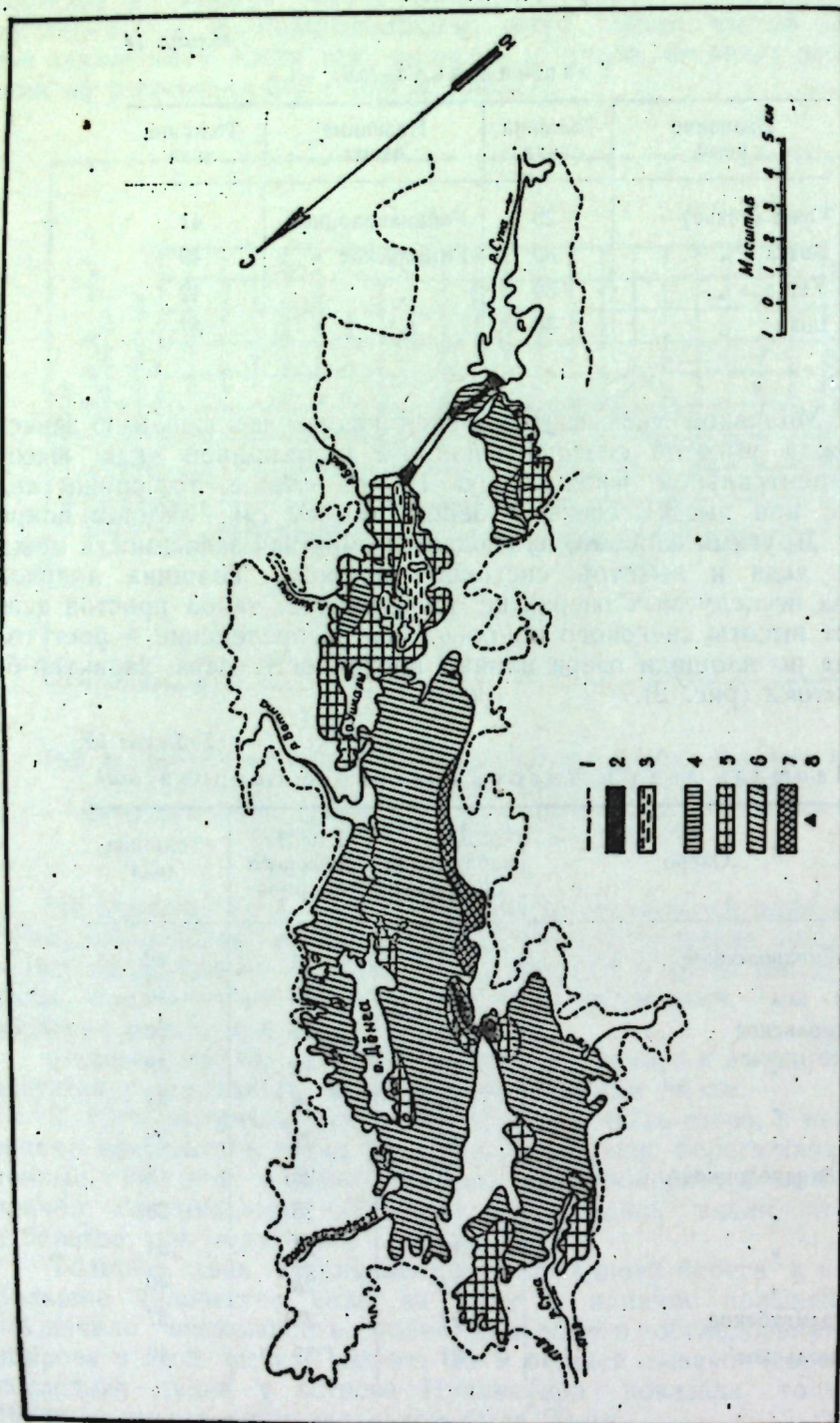


Рис. 2. Распределение толщины льда на озерах зоны затопления Валазминского водохранилища (февраль 1950 г.)  
1 — граница затопления; 2 — чистая вода; 3 — полынья; 4-7 — толщина льда в см (4 — от 1 до 20; 5 — от 21 до 40; 6 — от 41 до 50; 7 — 50); 8 — выходы ключей.

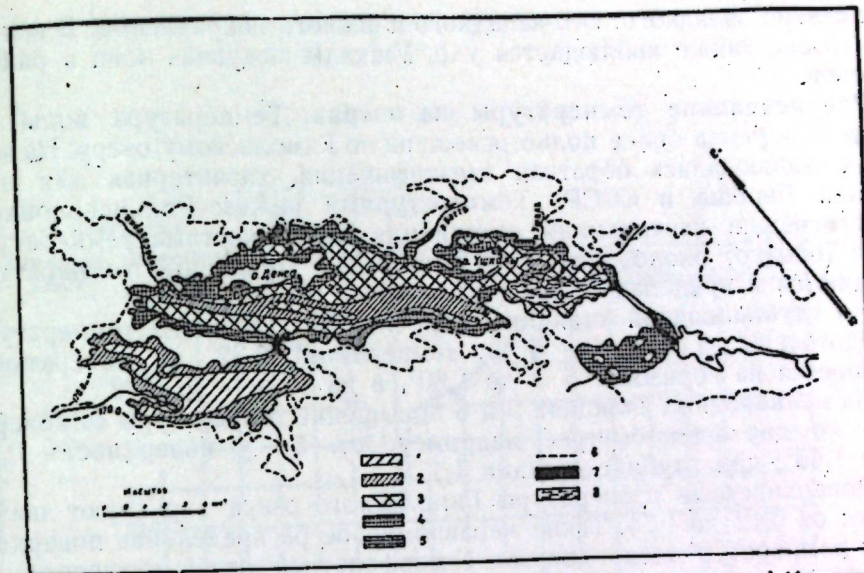


Рис. 3. Карта снегосъемки озер Валазминского водохранилища (февраль 1950 г.)

1-5 высота снежного покрова в см (1-15-20; 2-21-25; 3-26-30; 4-31-40; 5-41-55); 6-граница затопления; 7-чистая вода; 8-полынья.

Распределение высоты снежного покрова по поверхности озер показано на рис. 3. Данные снегосъемки по озерам приведены к одной дате для каждого озера. Для приведения пользовались наблюдениями метеорологической станции Кудамгуба по постоянной рейке (табл. 16).

Таблица 16

Снегосъемка на озерах

Название озера	Дата съёмки	Дата приведения съёмки
Ройкнаволоцкое . . . . .	3-5/II	4/II
Гимольское . . . . .	6-21/II	14/II
Кудамгубское . . . . .	23-25/II	23/II

Высота снежного покрова изменилась за период полевых работ от 14 до 55 см. Наиболее равномерное распределение высоты снежного покрова наблюдалось на Ройкнаволоцком и Кудамгубском озерах. В Ройкнаволоцком озере в северо-западной части перед островами наблюдается надувание снега, высота его достигает 50 см. В юго-восточной части вдоль оси озера тянутся две полосы снеговых „ложбин“, с высотой снега 30 см.

В Гимольском озере, имеющем более сложную морфологию в сравнении с названными озерами, распределение высоты снежного покрова менее однородно. Вдоль оси озера тянется „ложбина“ с наименьшей высотой снега (21-25 см); в центре озера образовалась небольшая гряда в 26-30 см. Увеличение высоты снежного покрова наблюдается к берегам. Максимальная высота снега была у западного берега в наиболее широкой части озера. Образование надувной гряды связано с ветровым режимом: преобладающие ветры в феврале-январе

были северо-западного, юго-западного и южного направлений. В южной части озера также наблюдается у р. Ушкалы выдувная зона в районе островов.

**Распределение температуры на озерах.** Температура воды последнего периода более полно освещена по Гимольскому озеру. На всех озерах наблюдалась обратная стратификация, характерная для озер Средней Европы и СССР. Температурный режим Ройкнаволоцкого озера освещен несколькими станциями. Поверхностные температуры лежат (близко) около нуля: от 0,2 до 0,32°. Придонные температуры изменяются в пределах 1,45—2,02°.

На глубоководной станции I наибольшие градиенты температуры сосредоточены в слое до 5 м: температура 0,32° на поверхности повышается на горизонте 5 м до 1,80°, а на 10 м — до 2,02°.

На мелководных станциях 5 и 8 повышение температуры от поверхности ко дну идет быстрее, например: ст. 5 — у поверхности 0,3°, у дна 1,45°; при глубине станции 1,1 м.

Поверхностные температуры Гимольского озера варьируют значительно: от 0,12 до 1,74. Такое неравномерное распределение поверхностных температур тесно связано с морфологией озера. Относительно высокая температура поверхностных горизонтов наблюдается преимущественно в закрытых участках озера, не участвующих активно в общем водообмене (табл. 17).

Таблица 17

Температура поверхностных горизонтов

№ станции	Глубина станции (м)	Температура у поверхности (°С)	Характер грунта
29	7,80	0,80	Ил
10а	2,30	1,40	"
49	2,00	1,24	"

Придонные температуры варьируют в пределах 0,85—3,36°. Максимальная температура 3,36° наблюдалась на самой большой глубине 28 м, ст. I.

Объем озера между глубинами 25,5—30 м составляет всего 1% от всего его объема (Лазаревская, 1950). Естественно, что наиболее плотные и теплые слои воды сконцентрировались в этой впадине, защищенной от циркуляции, связанной с общим водообменом озера.

Горизонтальные поверхностные температуры на разрезе А (рис. 4) имеют тенденцию повышаться от восточного берега к западному с 0,21 до 0,45°. На разрезе Б эта закономерность нарушается течением сунских вод: у западного берега 0,48°, на середине разреза 0°, у восточного 0,32°.

Такое распределение температур на поверхности озера в глубоководной части озера, по-видимому, связано с циркуляцией вод: восточная часть (ст. II) более мелководная по сравнению с западной, термонизобаты на этих участках уплотнены, происходит стекание более плотных водных масс (напомним, что наибольшей плотности вода достигает при 4°) вдоль восточной стенки впадины, которое сопровождается соответствующим поднятием водных масс у западного берега. Схематическая циркуляция показана стрелками на рис. 4.

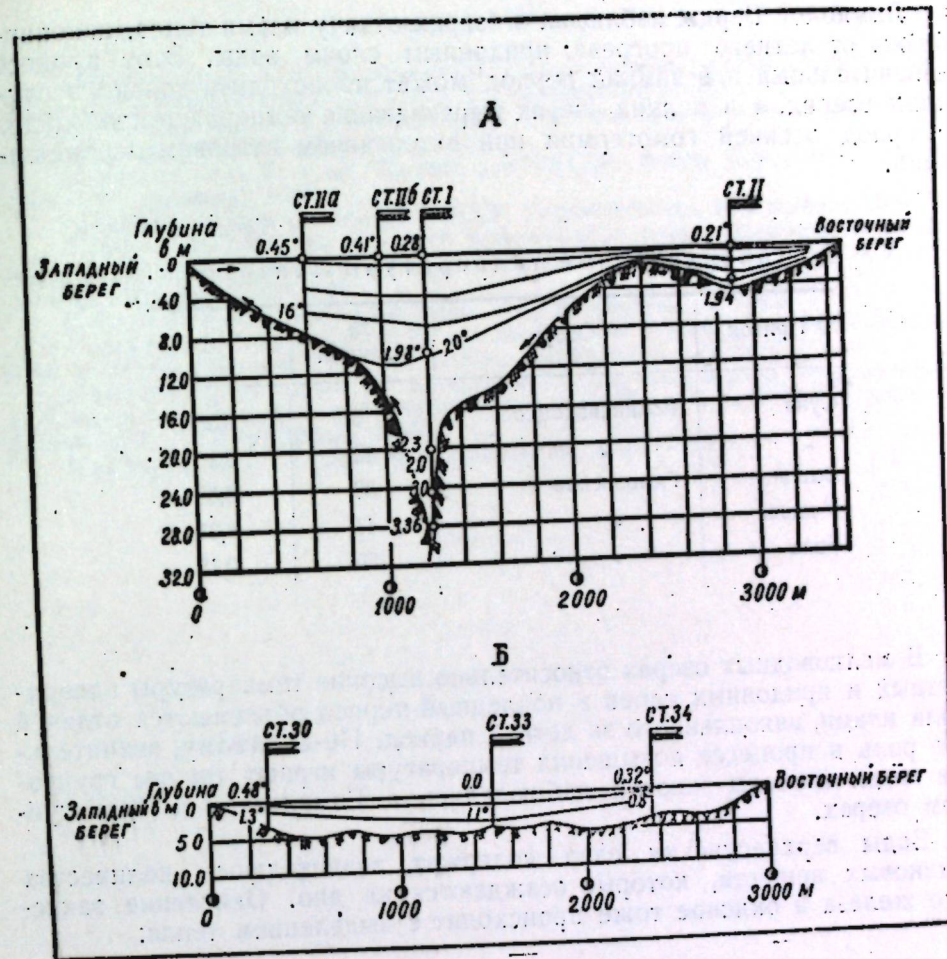


Рис. 4. Распределение температуры по глубине в средней части Гимольского озера  
А — термический разрез в глубоководной части озера; Б — термический разрез против пролива Сарбисалма.

На Кудамгубском озере поверхностные температуры в северо-восточной части (неактивная часть озера по водообмену) относительно высокие: ст. I +1,62°; ст. II +1,50°.

Ст. III дает температуру воды 0,53°; она понизилась в 3 раза. Станция расположена у стыка озерных и сунских вод; в 50 шагах к югу от станции были полыньи. Поверхностные температуры притоков небольшие (табл. 18).

В зимний период в качестве источников тепла для озер могут играть основную роль: а) инсоляция; б) теплота, вносимая в озеро притоками; в) теплота, развивающаяся при биологических процессах и различных химических реакциях (гниение, разложение или всякого рода восстановительные процессы); г) теплота земного шара; д) отдача тепла илами (Россолимо, 1935).

В феврале инсоляция была незначительной, так как преобладали низкие температуры воздуха.

Как указано было выше, температура притоков исследуемых озер была ниже температуры поверхностных горизонтов озер.

Лимнолог Бердж наблюдал в озерах отдачу илами тепла, накопившегося от летнего прогрева; придонным слоям воды. Этот процесс незначительный и в зимний период может происходить только в глубоких озерах, а в мелких озерах выравнивание температур произойдет в период осенней гомотермии при интенсивном ветровом перемешивании.

Таблица 18

## Поверхностные температуры притоков

Приток	Озеро	№ станции	°С
Суна	Ройкнаволоцкое	3	0,20
		42	0,10
Вотта	Гимольское	38	0,38
Ушкала	"	47	0,31
Бола	"	50	0,12

В мелководных озерах относительно высокие температуры поверхностных и придонных слоев в подледный период объясняются отдачей тепла илами, накопленного за летний период. По-видимому, значительную роль в процессе повышения температуры играют теплые грунтовые воды. Выходы ключей наблюдались в Гимольском и Кудамгубском озерах.

Воды верхнесунских озер содержат значительные количества гуминовых веществ, которые осаждаются на дно. Окисление закисного железа в окисное тоже происходит с выделением тепла.

## ВЫВОДЫ

1. Зима 1949/50 г., по температурным характеристикам воздуха, ветровому режиму и другим данным, была аномальна. Среднемесячная температура воздуха января и февраля была ниже средней многолетней, ледостав образовался позже на 14 дней, а вскрытие озера на 6 дней раньше среднемноголетних дат. Сумма годовых осадков соответствовала норме.

2. Толщина льда, несмотря на низкие температуры воздуха, достигла незначительной величины — 57 см.

3. Верхнесунские озера проточные и не имеют сплошного ледового покрова. По акватории озер рост льда происходит неравномерно, толщина его зависит от морфологии озера, притоков, выходов грунтовых вод. В течение зимы лед растет неодинаково интенсивно: декабрь, январь и март — месяцы наибольшего увеличения льда; в феврале прирост льда минимальный, причем в марте толщина льда возрастает за счет наслuzового льда.

4. Во второй половине февраля на озерах под снегом появляется вода, как результат стока поверхностных вод с заболоченных берегов, островов, а также выхода ключей, трещин во льду. По структуре встречается лед двух типов: озерноводный и наслuzовый.

## ЛИТЕРАТУРА

- Алекин О. А. К изучению зимнего гидрологического режима Телецкого озера. Серия «Исследование озер СССР», вып. 9. Гидрометеониздат, 1937.
- Григорьев С. В., Грицевская Г. Л. Каталог озер Карелии. Фонды Карельского филиала АН СССР (рукопись), 1954.
- Григорьев С. В. и др. Каталог рек КФССР. Фонды Карельского филиала АН СССР (рукопись), 1948.
- Климатологический справочник КФССР. Гидрометеониздат, Свердловск, 1943.
- Лазаревская Н. М. Отчет об исследованиях озер, входящих в зону затопления Валазминского водохранилища, произведенных в 1949 г., ч. I. Фонды Карельского филиала АН СССР, 1950.
- Молчанов И. В. Онежское озеро. Гидрометеониздат, Л., 1946.
- Молчанов И. В. Предварительные выводы по выяснению причин появления воды на ледяном покрове озер. Фонды Гос. Гидрол. ин-та СССР, Л.
- Панасюк Г. Л. Отчет об исследованиях озер, входящих в зону затопления Валазминского водохранилища, произведенных в 1949 г., ч. II. Фонды Карельского филиала АН СССР (рукопись), 1950.
- Россолимо А. И. Основы гидрологии. М., 1935.

Г. Л. ГРИЦЕВСКАЯ

## К ГИДРОХИМИИ ВОДОЕМОВ БАСЕЙНА РЕКИ СУНЫ

## ВВЕДЕНИЕ

Река Суна является одним из главных притоков Онежского озера. Ее бассейн расположен в среднетаежной зоне Карелии; площадь его равна 7665 км<sup>2</sup>, 15% от приточной площади в 51 540 км<sup>2</sup> бассейна Онежского озера (Молчанов, 1946).

Река Суна — типичная карельская река: ее длина 282 км, она изобилует порогами и водопадами, протекает через систему больших и малых озер (рис. 1).

Сочетание естественной зарегулированности реки с наличием сосредоточенных падений в средней и нижней частях бассейна (водопады Гирвас, Пор-Порог, Кивач) и близость расположения их к промышленным и административным центрам Карелии — все это выдвинуло р. Суну на одно из первых мест в вопросах исследования ее бассейна и использования энергоресурсов реки еще в конце прошлого столетия.

Реку Суну можно по праву считать наиболее изученной по сравнению с другими главными реками Карелии в гидрологическом отношении: гидрологическая сеть начала создаваться впервые с 1909—1911 гг.<sup>1</sup> и развивалась в связи со строительством первой ГЭС Карелии на р. Суне — Кондопожской ГЭС.

В настоящее время имеется обширный гидрологический материал за 35—45 лет.

Значительно беднее материал по гидрохимии вод бассейна. Изучение химии вод бассейна началось еще в 1920 г. работами Онежской научной экспедиции Российского гидрологического института под руководством Г. Ю. Верещагина (1921) на оз. Сандал. Многие материалы этой интересной экспедиции не сохранились, в том числе утрачены и гидрохимические материалы.

Систематическое изучение гидрохимии вод бассейна началось только с 1948 г. в связи с работами Западно-Карельской экспедиции Карельского филиала АН СССР на озерах Верхней Суны, когда гидрологическим отрядом Н. М. Межерауп изучались Суккозеро и Воттозеро. Оба озера входят в состав притоков восточного берега Гимольского озера. Сбор материала был ограничен определениями кислорода, величины рН, бикарбонатов и железа.

<sup>1</sup> Более подробную гидрографическую характеристику р. Суны см. в настоящем сборнике, в статье автора.

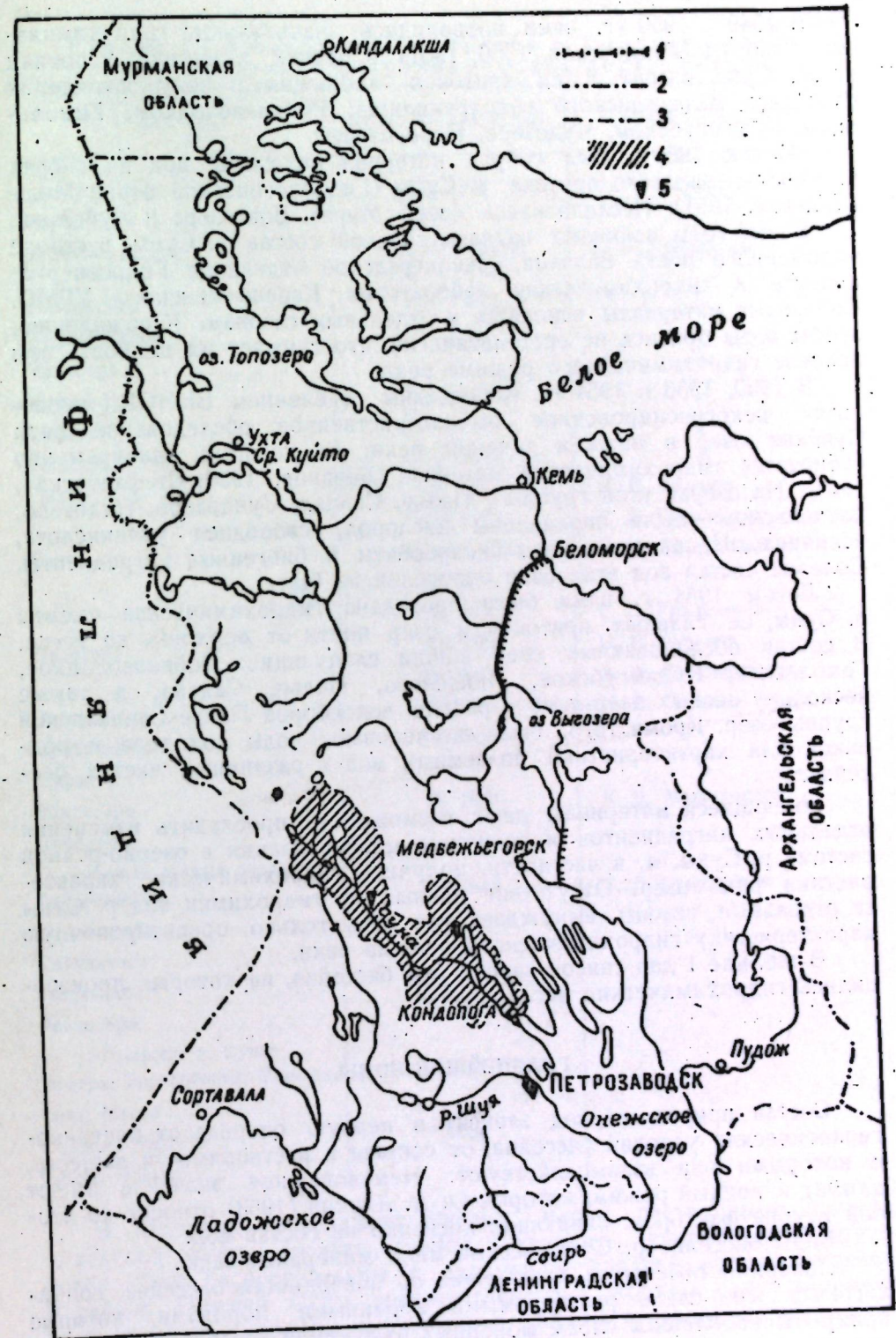


Рис. 1. Схематическая карта КАССР

Границы: 1 — государственная; 2 — республиканская; 3 — межобластная;  
4 — бассейн р. Суны; 5 — места станций.

В 1949 и 1950 гг. нами проводились значительные гидрохимические работы (Грицевская, 1950, 1951) в летних и зимних условиях на р. Суны, озерах и их притоках, входящих в зону затопления будущего Валазминского водохранилища: Ройкнаволоцком, Гимольском, Кудамгубском, Чудозере, Поросозере.

Осенью 1950 г. был собран материал по химии вод на озерах р. Чеборы — правого притока р. Суны (Гидрологический отряд Машканцевой, 1951). Исследовались озера Мятрат, Вонгозеро и Лубоярви.

В эти годы начинают изучать солевой состав р. Суны, в створе водомерного поста Валазма, Ленинградское отделение Гидроэнергопроекта и гидрохимическая лаборатория Карело-Финского УГМС. Собранные материалы относятся к отдельным сезонам. К сожалению, пробы воды брались не систематически, что снижает их ценность при анализе гидрохимического режима реки.

В 1950, 1953 и 1954 гг. Карельским отделением ВНИОРХ проводится рекогносцировочное рыбохозяйственное обследование ряда Сунских озер в нижнем течении реки, на которых одновременно собирается гидрохимический материал (Баранов, 1950; Стефановская, 1954). На озерах этой группы — Палье, Сандал, Сундозеро, Пялозеро, Ватчельское — были определены кислород, свободная углекислота, величина pH, окисляемость, бикарбонаты и биогенные ингредиенты. Солевой состав вод этих озер определен не был.

Летом 1954 г. нами была проведена гидрохимическая съемка р. Суны, ее главных притоков и озер почти от верховья до устья. В состав обследованных озер вошли следующие: Ройкнаволоцкое, Гимольское, Кудамгубское, Линдозеро, Палье, Сандал, а также несколько лесных озер-ламп в районе водосборов Палье-Сандальской группы озер. Кроме того, были исследованы воды колодцев и родников для характеристики подземных вод в различных частях бассейна.

Имеющиеся материалы дают возможность проследить изменения отдельных ингредиентов и величины минерализации в озерно-речной системе р. Суны, и, в частности, получить гидрохимические характеристики ряда озер. Отсутствие данных по гидрохимии вод р. Суны за отдельные сезоны вынуждает нас дать только ориентировочную характеристику гидрохимического режима реки.

В таблице 1 дан список озер и рек бассейна, на которых производились гидрохимические исследования.

### ГЛАВНЕЙШИЕ ИОНЫ

Состав природных вод зависит в первую очередь от почвенно-геологических условий бассейна, от состава и растворимости веществ, с которыми они взаимодействуют. Немаловажное значение имеют климат и водный режим, которые О. А. Алекин (1953) относит ко второй группе факторов, влияющих косвенно на состав вод.

Воды бассейна р. Суны весьма мало минерализованы.

Поверхностные воды, стекающие по поверхности бассейна, соприкасаются со слабо растворимыми коренными породами, которые прикрыты небольшим слоем моренных отложений последнего оледенения, а местами выходят на поверхность.

Литологический состав коренных пород неоднороден, что порождает значительные колебания величины минерализации водоемов бассейна.

Таблица 1  
Список озер бассейна и притоков р. Суны, на которых производились гидрохимические исследования

Озеро, река	Время исследований	Автор исследования
Суккозеро . . . . .	VII 1948	Н. М. Межерауп
Воттозеро . . . . .	"	"
Ройкнаволоцкое . . . . .	VI—VIII 1949; II—III 1950	Г. Л. Грицевская
Гимольское . . . . .	VII 1954	"
Кудамгубское . . . . .	"	"
Чудозеро . . . . .	"	"
Поросозеро . . . . .	VI—VII 1949	"
Кинасозеро . . . . .	"	"
Линдозеро . . . . .	VII 1954	"
Палье . . . . .	III 1950	И. В. Баранов
" . . . . .	VIII 1954	Г. Л. Грицевская
Сандал . . . . .	VI—VII 1953	А. Ф. Стефановская
" . . . . .	IV 1954	"
" . . . . .	IX 1954	Г. Л. Грицевская
Пялозеро . . . . .	VII 1950	И. В. Баранов
" . . . . .	IV 1951	А. Ф. Стефановская
Ватчельское . . . . .	VII 1950	И. В. Баранов
Сундозеро . . . . .	VII 1950	"
Мятрат . . . . .	"	"
Вонгозеро . . . . .	IX 1950	К. Д. Машканцева
Лубоярви . . . . .	"	"
Малые лесные озера:		
Рауделамба . . . . .	VII 1949	Г. Л. Грицевская
Кудамламба . . . . .	"	"
Салваламба . . . . .	"	"
Логиламба . . . . .	VII—IX 1954	"
Рандозеро . . . . .	"	"
Притоки р. Суны:		
Чебора, Торосозерка, Ушкалка	1949, 1950, 1954	"
Бола, Мегри . . . . .	"	"
Нурмис, Черанга . . . . .	1954	"
Семча, Эльмус . . . . .	"	"

В бассейне преобладают кислые, плохо растворимые породы архейской свиты — граниты, гнейсы и кварциты, конгломераты протерозоя. Они распространены в верхней и средней частях бассейна. В районе Нижней Суны гранито-гнейсовые породы секут основные зеленокаменные породы, шунгитовые сланцы и доломитизированные известняки (Тихомиров, 1953).

Слой четвертичных отложений бассейна маломощный. В среднем его высота исчисляется в 5—10 м, не превышая местами 15 м. Они представлены главным образом моренными и флювиогляциальными

отложениями, образовавшимися из обломков подстилающих пород. Эти отложения основательно перемыты ледниковыми водами и затем выщелочены атмосферными осадками.

Поверхность водосбора покрыта преимущественно подзолистыми, подзолисто-глеевыми и заболоченными почвами. Оподзоливание почв менее выражено в бассейне Нижней Суны, где распространена морена, более богатая основаниями (кальцием, магнием). Эти почвы имеют нейтральную или слабощелочную реакцию.

На большей же части бассейна почвы образованы на кислой морене и бедны основаниями. Значительная их кислотность ( $pH=3-5$ ) делает гумус неустойчивым, легко разрушающимся, а это приводит к вымыванию вместе с гумусом из почв кальция, магния и железа поверхностными и почвенными водами. В этих условиях формируются мало минерализованные воды.

Вследствие неоднородности литологического состава коренных пород и четвертичных отложений величина минерализации вод бассейна колеблется в значительных пределах — от 5 до 200 мг/л. Для вод р. Суны, озера проточных и непроточных для верхней и средней частей бассейна сумма ионов в среднем составляет 10—15 мг/л при колебаниях от 5 до 25—30 мг/л.

В бассейне Нижней Суны (район Палье-Сандальской группы озер) минерализация малых озер достигает 70—200 мг/л, хотя минерализация собственно сунских вод, водность и гидрохимический режим которых определяется стоком с верхней и средней частей бассейна, возрастает незначительно — до 20—25 мг/л.

Существенное значение в формировании химического состава вод имеет заболоченность водосборной площади. Верхняя и средняя части бассейна сильно заболочены; заболоченность доходит до 30—40%, при этом преобладают верховые болота, воды которых чрезвычайно слабо минерализованы и содержат большое количество органического вещества.

Нижняя часть водосбора отличается от остальной части также по характеру и по степени заболоченности. Здесь преобладают болота низинного типа, а площадь, занимаемая болотами, не превышает 5—10%. Водосбор покрыт еловыми и сосновыми лесами. Из лесной подстилки с талыми и дождевыми водами в водоемы поступает масса органического вещества гумусового происхождения.

Климатические условия Карелии мало благоприятны для формирования вод с достаточно высокой минерализацией. Обилие влаги при невысоких температурах воздуха создает значительное переувлажнение поверхности водосбора. По данным Н. М. Сокольников (1954), величина среднегогодового испарения с поверхности бассейна р. Суны составляет 250 мм в год. Незначительная минерализация воды большинства озер бассейна связана с гидрологическими особенностями их режима: вследствие проточности озер воды их постоянно разбавляются и обновляются.

Таким образом, воды бассейна р. Суны богаты органическим веществом и бедны минеральным.

По классификации О. А. Алекина (1953) воды р. Суны относятся к классу гидрокарбонатных, к группе кальция.

В таблице 2 приводим данные по химическому составу р. Суны у водпоста Валазма (рис. 2). Сумма ионов не остается постоянной в течение года. В паводочный период в стоке преобладают слабо метаморфизованные атмосферные и болотные воды и минерализация воды наиболее низкая — 8—10 мг/л.

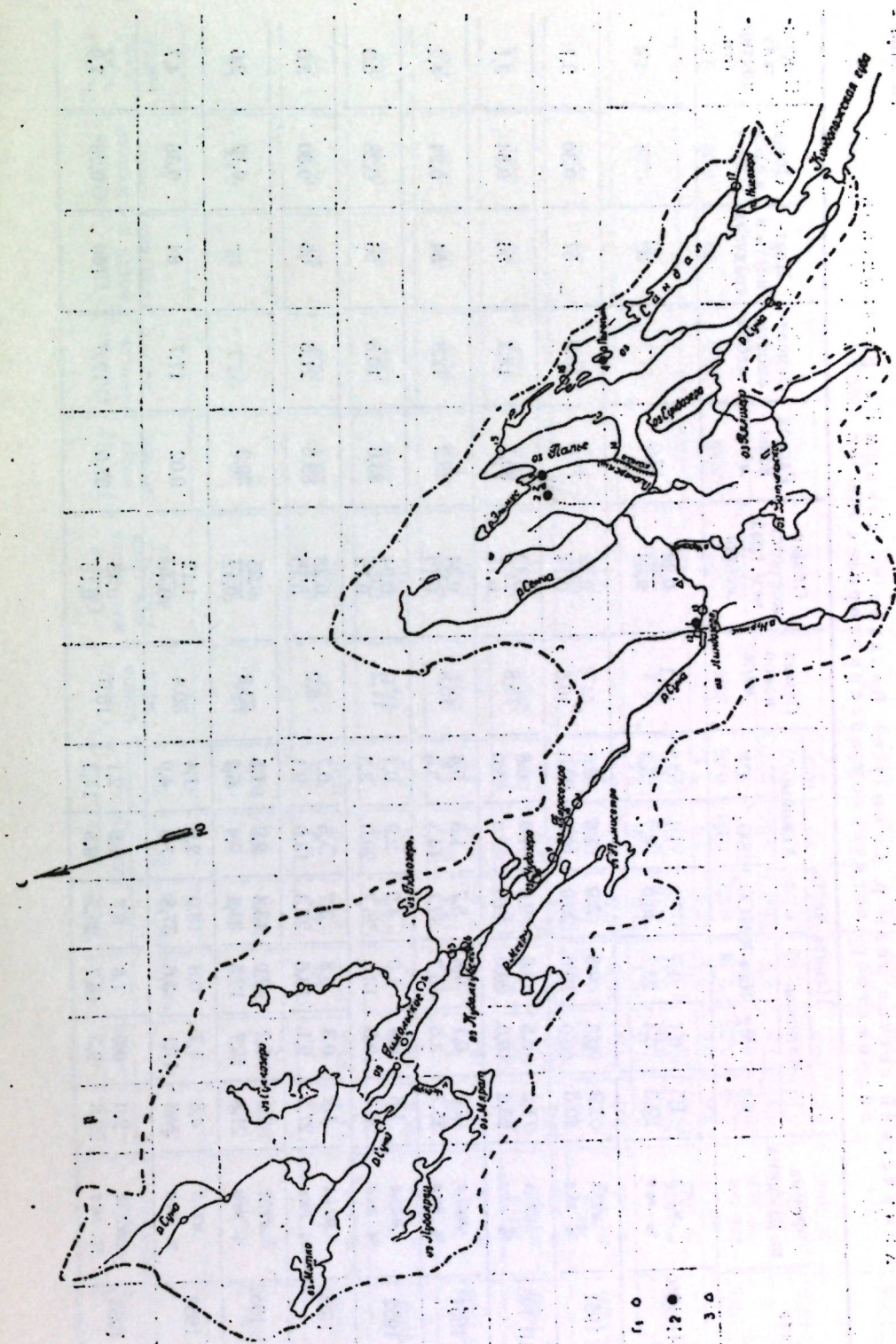


Рис. 2. Схема расположения гидрологических станций в бассейне р. Суны по работам 1954 г.  
1 — озеро-речные станции; 2 — колоды; 3 — розливы.

Таблица 2

Химический состав воды р. Суны у в/п Валазма по данным Петрозаводской гидрометеорологической обсерватории с 1950 по 1956 гг.

№ анализа	Дата	Форма выражения	Ионная часть						Сумма ионов мг/л	Общая жесткость нем. град. мг-экв	Расход воды м <sup>3</sup> /сек	Окисляемость мгО/л	Цветность в градусах	Общее железо мг/л	Показатель цветности
			Катионы			Анионы									
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na+K	HCO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	Cl <sup>'</sup>							
1 <sup>1</sup>	27/VIII 1950	мг/л % экв	1,5 23,3	0,1 3,4	1,7 23,3	7,3 40,0	1,1 6,7	0,3 3,3	12,3	0,22 0,08	—	50	—	—	
2	1/VI 1951	мг/л % экв	1,3 20,0	0,8 20,0	0,8 10,0	3,9 20,0	1,6 10,0	2,0 20,0	10,6	0,32 0,14	18,5	57	0,30	3,1	
3 <sup>1</sup>	21/VIII 1951	мг/л % экв	1,6 20,0	0,5 10,0	2,0 20,0	9,9 40,0	1,0 5,0	0,8 5,0	15,8	0,42 0,15	18,2	56	0,54	3,1	
4	15/X 1951	мг/л % экв	2,0 35,7	0,1 3,6	0,8 10,7	5,7 32,1	1,8 14,3	0,4 3,6	10,8	0,34 0,12	12,8	54	0,24	4,2	
5	15/IV 1952	мг/л % экв	1,6 26,7	0,4 10,0	1,0 13,3	4,9 26,7	2,9 20,0	0,4 3,3	11,2	0,34 0,12	10,5	66	0,28	6,3	
6	23/VI 1952	мг/л % экв	1,2 27,3	0,3 9,1	0,8 13,6	3,7 27,3	1,5 13,6	0,7 9,1	8,2	0,28 0,10	21,8	65	0,30	3,0	
7	28/VIII 1952	мг/л % экв	2,8 21,8	1,2 15,7	2,0 12,5	13,4 34,4	2,9 9,4	1,5 6,2	23,8	0,25 0,12	—	—	0,12	2,6	
8	27/III 1953	мг/л % экв	4,8 29,3	1,7 17,1	0,8 3,6	18,9 37,8	2,9 7,3	1,4 4,9	30,4	1,12 0,40	17,7	84	0,38	4,7	
9	17/XI 1953	мг/л % экв	2,0 23,8	0,5 9,5	1,8 16,7	6,7 26,2	1,9 9,5	2,1 14,3	15,0	0,45 0,16	12,6	100	0,28	7,9	

№ анализа	Дата	Форма выражения	Ионная часть						Сумма ионов мг/л	Общая жесткость нем. град. мг-экв	Расход воды м <sup>3</sup> /сек	Окисляемость мгО/л	Цветность в градусах	Общее железо мг/л	Показатель цветности
			Катионы			Анионы									
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na+K	HCO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	Cl <sup>'</sup>							
10 <sup>1</sup>	6/II 1955	мг/л % экв	1,0 10,0	0,8 14,0	3,3 26,0	7,9 26,0	1,7 8,0	2,8 16,0	17,5	0,36 0,13	36,0	48	0,14	1,8	
11 <sup>1</sup>	30/III 1955	мг/л % экв	2,0 14,3	1,1 12,9	4,0 22,8	14,1 32,8	2,4 7,2	2,5 10,0	26,1	0,56 0,20	20,4	45	0,16	2,8	
12	4/IV 1955	мг/л % экв	5,8 25,8	2,5 18,8	1,3 5,4	26,8 39,2	2,2 4,5	2,5 6,3	41,1	0,43 0,51	19,9	43	0,16	3,3	
13 <sup>1</sup>	20/VII 1955	мг/л % экв	2,8 13,0	1,6 12,0	6,7 25,0	13,4 20,4	13,1 25,0	1,8 4,6	39,4	0,76 0,27	59,0	97	0,04	7,8	
14	17/IV 1956 29/IV	мг/л мг-экв % экв	3,4 0,17 24,3	0,8 0,07 10,0	2,7 0,11 15,7	14,7 0,24 34,3	2,1 0,04 5,7	2,5 0,07 10,0	26,2	0,67 0,24	10,4	94	0,02	8,4	
15	28/VI 1956 9/II	мг/л мг-экв % экв	3,6 0,18 24,3	1,3 0,4 14,9	2,0 0,08 10,8	17,1 0,28 37,8	2,4 0,05 6,3	1,4 0,04 5,4	27,8	0,81 0,29	28,3	75	0,02	—	
16	28/IV 1956 6/VI	мг/л мг-экв % экв	2,0 0,10 17,2	1,0 0,08 13,8	2,7 0,11 19,0	11,0 0,18 31,0	2,2 0,04 6,9	2,5 0,07 12,1	21,4	0,51 0,18	49,4	86	0,02	7,6	
17	11/VI 1956 19/VI	мг/л мг-экв % экв	3,6 0,18 29,0	0,6 0,05 8,1	2,0 0,08 12,9	12,2 0,20 32,3	3,9 0,08 12,9	1,1 0,03 4,8	23,4	0,65 0,23	40,0	92	0,08	9,0	
18	16/IX 1956 27/IX	мг/л мг-экв % экв	2,4 0,12 18,8	1,2 0,10 15,6	2,5 0,10 15,6	11,6 0,19 29,7	3,2 0,06 9,4	2,5 0,07 10,9	23,4	0,62 0,22	28,0	110	0,06	5,6	
19	20/XI 1956 23/XI	мг/л % экв	3,4 32,7	0,7 11,5	0,7 5,8	8,6 26,9	2,5 9,6	2,5 13,5	18,4	0,65 0,23	41,5	126	0,04	12,2	

1 В анализах 1, 3, 10, 11 и 13 несколько завышены значения суммарных количеств калия и натрия за счет неточного определения величин. Их количества не превышают 10% мг-экв.

В межень сумма ионов мало возрастает (до 30—40 мг/л) за счет увеличения доли почвенно-грунтовых вод в общем питании реки.

При отсутствии естественной зарегулированности реки эти колебания в годовом цикле были бы значительнее, так как почвенно-грунтовые воды не были бы разбавлены аккумулярованными паводочными водами в расположенных выше проточных озерах.

В 1954 г. нами были исследованы несколько колодцев и родников в разных частях водосбора. Данные анализа воды показывают, что минерализация грунтовых вод в 3—5 раз выше, чем у вод поверхностных для верхней и средней частей бассейна. В табл. 3 приведена величина гидрокарбонатного иона для района Линдозера (15—30 мг/л), которые в пересчете ионов по гидрокарбонатному коэффициенту<sup>1</sup> дают сумму ионов порядка 20—50 мг/л. В районе Нижней Суны содержание гидрокарбонатов в колодцах повышается до 40—100 мг/л, что составляет минерализацию около 60—150 мг/л, мало отличающихся от величин минерализации непроточных озер этой части бассейна, у которых минерализация порядка 70—200 мг/л.

Таблица 3

Данные полевых гидрохимических анализов грунтовых вод бассейна р. Суны VII—IX 1954 г.

Дата	Местонахождение и № колодцев и родников	Температура воды	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	1,5-HCO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	Окисляемость мгО/л	Цветность в градусах	
			мг/л	%						
31/VIII	Колодец № 1 в д. Линдозеро	8,2	4,57	57	54,6	33,4	50	11,9	36	0,26
1/VIII	Родник № 1 в 3 км ниже оз. Линдозера	4,5	10,02	79	17,0	15,2	23	2,9	5	нет
22/VIII	Колодец № 2 в д. Святаволок в 1000 м от оз. Палье	9,3	6,01	53	21,8	99,3	149	10,7	17	5,58
22/VIII	Колодец № 3 в д. Святаволок в 400 м от оз. Палье	5,8	9,96	81	16,33	42,6	64	1,4	0	нет
23/VIII	Родник № 2 в д. Святаволок в 600 м от оз. Палье	—	—	—	—	41,4	62	1,1	0	нет
10/IX	Колодец в д. Лыч-ный Остров-оз. Санда	8,3	7,90	75	27,9	85,4	128	6,7	38	0,11

Воды р. Суны в период паводков сохраняют гидрокарбонатный характер, но отличаются от меженных вод повышенным содержанием сульфатов — до 15—25% мг-экв, за счет притока болотных вод, в которых преобладает ион SO<sub>4</sub>, образующийся в процессе разложения растительных белков.

<sup>1</sup> Для вод с минерализацией до 30 мг/л величина гидрокарбонатного коэффициента определена нами в 1,68, для озер с минерализацией свыше 30 мг/л — 1,5.

В меженный период гидрокарбонатный ион содержится в водах в количестве 30—40% мг-экв, а содержание сульфатов уменьшается до 5—10% мг-экв.

Абсолютные значения гидрокарбонатного и сульфатного ионов в сунских водах малы и в течение года меняются соответственно в пределах 4—25 мг/л и 1—10 мг/л; колебания концентраций этих ингредиентов зависят от водности года, сезонности и степени увлажненности поверхности водосбора.

Чрезвычайно малы в водоемах концентрации хлоридов. В р. Суны их значения колеблются в пределах 0,3—3 мг/л, а в озерах 0,3—1,5 мг/л. П. П. Воронков (1955), анализируя сезонные изменения солевого состава вод Карельского перешейка, обнаружил слабую изменчивость хлоридов по сезонам. Сопоставляя ее с данными химического состава атмосферных осадков, он пришел к выводу, что основным источником ионов хлоридов для поверхностных вод северных районов являются атмосферные осадки.

Абсолютное значение концентраций кальция, магния чрезвычайно мало. Количество первого колеблется в пределах от 1 до 4 мг/л, второго — от десятых долей мг/л до 1—1,5 мг/л. По соотношению катионов в воде преобладает кальций, составляющий 25—40% мг-экв.

О содержании катионов щелочных металлов (Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup>) трудно судить, так как их количество непосредственно не определялось, а существующий метод расчета для мало минерализованных вод не всегда является надежным, особенно для сильно гумифицированных вод, когда часть катионов уравнивается сильными органическими кислотами. По материалам Петрозаводской обсерватории (табл. 2) их количество составляет 10—20% мг-экв (1—3 мг/л) от общей суммы ионов; по материалам наших анализов их концентрации для района Валазмы не превышают 1 мг/л, т. е. порядка 3—8% мг-экв (табл. 5).

Нами сделана попытка расчета ионного стока для р. Суны в створе п. Валазма для 1952—1953 гг.; для него имелись наиболее надежные данные химических анализов.

Для этого створа имеются данные по стоку за 42-летний период (1912—1953 гг.), для которого среднегодовой сток равен 34,8 м<sup>3</sup>/сек. В расчетный год среднегодовой сток был 44,6 м<sup>3</sup>/сек, т. е. водность была несколько выше нормы.

Для подсчетов имелись следующие данные о минерализации воды: май — 11,2 мг/л, июнь — 8,2 мг/л, август — 39,3 мг/л, март — 30,4 мг/л.

Ионный сток для этого года равен 22 000 т или 0,022 × 10<sup>6</sup> т в год. Конечно, приведенная величина ионного стока не претендует на большую точность, но она дает порядок величины ионного стока, который до сих пор не подсчитан ни для одной из рек Карелии.

Ионный сток р. Суны по сравнению с главными реками СССР ничтожно мал.

Если сравнить с северными реками, то соотношение будет такое: ионный сток р. Суны в 10 раз меньше, чем у р. Луги (0,26 × 10<sup>6</sup> т в год) и в 15 раз меньше такового для р. Яны (0,96 × 10<sup>6</sup> т в год). Из приведенных примеров видно, что незначительность ионного стока р. Суны определяется не только величиной водности реки, но главным образом ничтожно малым количеством растворимых минеральных веществ. Относительная величина ионного стока, характеризующая показателем ионного стока, зависит от физико-географических особенностей бассейна; наименьшие величины его наблюдаются для северных

районов. Для р. Суны показатель ионного стока равен  $2,9 \text{ т/км}^2$  в год. Как видим, он близок по величине для р. Яны ( $3,9 \text{ т/км}^2$  в год, табл. 4).

Таблица 4

Основные характеристики ионного стока рек СССР (по данным А. А. Алекина, 1953)

Река	Площадь бассейна тыс. км <sup>2</sup>	Среднегодовой модуль стока в л/сек км <sup>2</sup>	Ионный сток в млн. т в год	Показатель ионного стока
Волга . . . . .	1380	5,9	46,5	33,7
Лена . . . . .	2425	6,4	41,3	17,0
Аму-Дарья . . . . .	277	5,9	17,7	78,1
Урал . . . . .	220	1,6	3,32	15,1
Нева . . . . .	282	8,0	2,87	10,2
Яна . . . . .	245	4,0	0,96	3,9
Луга . . . . .	12,6	8,0	0,26	20,6
Суна . . . . .	7,6	10,0	0,022	2,9

Суна, как и большинство рек Карелии, представляет собой озерно-речную систему, в которой различные по величине озера соединены между собой речными участками, местами, являющимися короткими протоками.

В силу большой проточности озера имеют водный режим смешанный — озерно-речной.

Большинство Сунских озер, через которые протекает река, обладают незначительной гидрохимической инерцией, т. е. влияние котловины озер на гидрологические и биохимические процессы, протекающие в реке, мало заметно.

Частичная сменяемость вод в озере в течение года теоретически характеризует коэффициент условного водообмена ( $K_v$ ), предложенный С. В. Григорьевым (1948). Крупные и малые озера имеют  $K_v$  более единицы, т. к. в течение года в озере может происходить неоднократная замена вод. Например: оз. Ройкнаволоцкое —  $K_v = 7,1$ , Гимольское —  $K_v = 3,2$ ; Кудамгубское —  $K_v = 4,7$  и т. д.

Рассмотрим ниже, как меняются величина минерализации и солевой состав вод р. Суны от верховья до устья, каково влияние крупных озер, через которые протекает река, по материалам 1954 г.

В 1954 г. гидрохимические исследования проводились нами на протяжении 200 км — от оз. Ройкнаволоцкого до Нигозера. Работы проводились в течение 2,5 месяца — с 11 июля до 20 сентября. Для лета этого года характерен незначительный по величине весенний паводок. Уровень с момента вскрытия реки (5/V) до момента наивысшего подъема воды (1/VI) увеличился только на 20 см по водпосту Валазме.

В течение всего периода работ стояла довольно устойчивая сухая погода, и колебания уровня воды по водпосту Валазме были невелики, в пределах 13 см.

В табл. 5 даны величина минерализации и химический состав в основных гидрохимических створах на р. Суне (№ анализов с 9 по 16) и озер бассейна как проточных, так и непроточных.

Обращает внимание однообразие химического состава озер; соотношение главных ионов не меняется от верховья до устья.

Первый гидрохимический створ (ст. № 1) был расположен выше оз. Ройкнаволоцкого (см. рис. 2).

Площадь водосбора р. Суны до впадения в оз. Ройкнаволоцкое равна  $1008 \text{ км}^2$  ( $1/7$  от всей площади бассейна). Этот участок реки включает только 2 озера площадью зеркала более  $10 \text{ км}^2$ : Маткозеро —  $23,4 \text{ км}^2$  и Ковдозеро —  $10,4 \text{ км}^2$ . Минерализация воды весьма небольшая —  $12,0 \text{ мг/л}$  (№ анализа 9). Следующий створ (ст. № 5) расположен в истоке из Гимольского озера с площадью водосбора  $2665 \text{ км}^2$ . Река Суна протекает через два крупных озера: Ройкнаволоцкое — площадь зеркала  $20 \text{ км}^2$  и Гимольское — площадь зеркала  $80 \text{ км}^2$ . Кроме того, первое озеро принимает сток вод с группы озер притока р. Чеборы (Лубоярви, Мятат, Вонгозеро); суммарная площадь их зеркала  $58,5 \text{ км}^2$ ; второе — с озер Суккозеро, Воттозеро, Болдозеро, общей площадью  $57,8 \text{ км}^2$ . Следовательно, в створ № 2 поступают воды с 8 озер, имеющих площадь зеркала  $256 \text{ км}^2$ . Сумма ионов в этом створе равна  $11,5 \text{ мг/л}$ . Как видим, никакой метаморфизации ионного стока не произошло: влияние озер оказалось ничтожным.

Мы не имеем для исследуемого года материалов по величине минерализации вод крупных озер западной части водосбора (р. Чебора) и для озер восточной части водосбора (рр. Торосозерка, Вотта), но для устьевых участков этих рек имеются значения гидрокарбонатного иона. При подсчете с помощью гидрокарбонатного коэффициента (1,68) величина минерализации получена: у р. Чеборы —  $9,5 \text{ мг/л}$ , у р. Торосозерки —  $10,2 \text{ мг/л}$ , у р. Вотты —  $9,4 \text{ мг/л}$ .

В сентябре 1950 г. были взяты пробы воды на полный анализ из озер р. Чеборы — Вонгозеро и Мятат (табл. 5, № анализ. 7 и 8). Данные анализа дают сумму ионов для первого озера —  $9,06 \text{ мг/л}$ , для второго —  $9,58 \text{ мг/л}$ , причем величина иона  $\text{HCO}_3$  для оз. Мятат в 1950 г. и для р. Чеборы в 1954 г. одна и та же:  $4,88$  и  $4,80 \text{ мг/л}$ . Приведенный пример показывает, что для сунских вод этот способ подсчета величины минерализации дает довольно точные результаты.

Однообразие химического состава притоков восточной и западной частей водосбора говорит об идентичности условий формирования ионного стока и слабой трансформирующей способности озер.

Постоянство химического состава воды р. Суны сохраняется до створа Пальеозерского канала (ст. № 14); сумма ионов и у водпоста Валазма (ст. № 11) равна  $10,7 \text{ мг/л}$ , в Линдозере —  $11,6 \text{ мг/л}$  (ст. № 12), в Пальеозерском канале (ст. № 14) —  $16,8 \text{ мг/л}$ . Река Суна от оз. Гимольского до оз. Палье протекает через группу малых озер и принимает целый ряд притоков, увеличив в 2 раза площадь водосбора в створе № 5 ( $5860 \text{ км}^2$ ). Притоки в средней части бассейна не оказывают заметного влияния на величину минерализации р. Суны, так же как озера в верхней части бассейна. Незначительное увеличение минерализации в Пальеозерском канале до  $16,2 \text{ мг/л}$  дает приток вод р. Семчи, левого притока р. Суны. Минерализация воды р. Семчи в 2,5 раза выше, чем у р. Суны; величина гидрокарбонатного иона составляла (7/VIII 1954 г.)  $21,0 \text{ мг/л}$ ; водосбор р. Семчи относится нами к бассейну Нижней Суны.

В районе Пальеозерского канала приток сунских вод соединяется: основная масса воды течет по новому тракту — через Нигозерский и Кондопожский каналы в Кондопожскую губу Онежского озера. По старому руслу происходит очень незначительный сброс главным образом весенних паводковых вод.

## Химический состав воды водоемов бассейна р. Суны по материалам 1949—1954 гг.

№ анализа	Озеро, река	Дата	Глубина взятия пробы, м	Форма выражения анализа	Катионы			Анионы			Сумма ионов мг/л	Общая жесткость нем. град. мг-экв
					Ca	Mg	Na+K	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl		
1	Гимольское	20/VII 1949	0,5	мг/л % мг-экв	3,8 45,2	0,12 2,4	0,25 2,4	4,8 19,1	5,0 23,8	1,02 7,1	15,0	0,56 0,20
2	Гимольское	7/II 1950	0,5	мг/л % мг-экв	1,3 25,4	0,5 17,6	0,4 7,0	5,5 35,1	0,2 1,5	1,2 13,3	9,1	0,31 0,11
3	Гимольское	13/II 1950	0,5	мг/л % мг-экв	1,0 16,8	1,2 35,0	—	6,4 34,2	0,4 2,7	1,2 11,3	10,2	0,45 0,16
4	Гимольское	13/II 1950	28,0	мг/л % мг-экв	2,1 20,8	1,4 22,5	0,8 6,7	14,2 45,9	0,4 1,6	0,4 2,5	18,5	0,62 0,22
5	Гимольское	20/II 1950	0,5	мг/л % мг-экв	1,7 31,0	0,5 16,5	0,2 2,6	6,4 38,3	0,7 5,5	0,6 6,1	10,1	0,36 0,13
6	Кудамгубское	5/III 1950	0,5	мг/л % мг-экв	2,4 27,2	1,2 22,7	—	9,3 34,1	2,7 13,7	0,4 2,3	16,0	0,62 0,22
7	Вонгозеро	13/IX 1950	0,5	мг/л % мг-экв	1,38 23,9	1,10 34,4	—	5,49 31,0	0,82 7,3	0,27 3,4	9,06	0,45 0,16
8	Мярат	19/IX 1950	0,5	мг/л % мг-экв	1,47 22,2	1,42 35,8	—	4,88 24,0	0,86 7,2	0,95 10,8	9,58	0,52 0,19
9	р. Суна при впадении в озеро Ройкнаволоцкое	12/VII 1954	0,5	мг/л % мг-экв	2,7 40,0	0,3 7,4	0,2 2,7	6,4 30,7	1,4 8,3	1,3 10,9	12,0	0,45 0,16

10	р. Суна исток из оз. Гимольского	19/VII 1954	0,5	мг/л % мг-экв	3,0 40,7	0,3 5,7	0,3 3,5	7,1 31,4	1,5 8,7	1,3 10,0	11,5	0,47 0,17
11	р. Суна, у п. Валазма	25/VII 1954	0,5	мг/л % мг-экв	2,2 37,3	0,1 3,1	0,5 3,4	5,5 30,3	1,5 10,5	1,0 9,4	10,7	0,34 0,12
12	р. Суна, исток из оз. Лидозера	29/VII 1954	0,5	мг/л % мг-экв	3,2 49,1	0,0 0,9	—	5,1 25,3	2,2 14,0	1,2 10,7	11,6	0,45 0,16
13	р. Суна (Нивка), исток из оз. Палье	15/VIII 1954	0,5	мг/л % мг-экв	4,2 46,5	0,1 1,7	0,2 1,7	9,6 34,3	1,5 6,6	1,4 9,2	16,8	0,62 0,22
14	р. Суна, Пионерканал	25/VIII 1954	0,5	мг/л % мг-экв	3,4 39,0	0,1 1,4	0,9 9,3	9,0 34,5	1,4 6,3	1,4 9,3	16,2	0,47 0,17
15	р. Суна, (Тивдийка) при впадении в оз. Санда	8/IX 1954	0,5	мг/л % мг-экв	3,6 29,4	1,3 17,8	0,4 2,8	13,1 35,0	1,3 9,0	2,7 6,0	22,4	0,81 0,29
16	р. Суна, исток из оз. Санда	13/IX 1954	0,5	мг/л % мг-экв	3,7 31,4	0,1 11,3	1,0 7,3	13,0 36,1	2,2 7,6	1,3 6,3	21,2	0,70 0,25
17	с. Суна у водопада Кивач	24/IX 1954	0,5	мг/л % мг-экв	5,9 34,6	1,7 14,1	0,3 1,3	24,2 39,8	2,6 5,4	1,7 4,8	36,4	1,34 0,48
18	Викшаламба, залив оз. Санда	8/IX 1954	0,5	мг/л % мг-экв	11,0 31,0	3,7 17,0	2,8 6,5	45,3 41,5	3,4 4,0	0,0 0,0	66,2	1,96 0,70
19	Салваламба	24/VIII 1954	0,5	мг/л % мг-экв	5,5 34,4	—	2,0 10,1	18,2 37,3	2,2 5,8	1,2 4,4	29,1	0,95 0,34
20	Рангозеро	9/IX 1954	0,5	мг/л % мг-экв	15,3 32,3	4,6 16,4	0,8 1,3	67,0 46,5	2,2 1,9	1,3 1,6	91,2	3,22 1,15

Озера Палье и Сандал, до превращения в водохранилище, имели иной гидрологический и гидрохимический режим. Они были малопроточные, имели небольшие площади водосборов; соответственно с пуском сунских вод их водосборные площади увеличились для Сандаля с 1017 до 6880 км<sup>2</sup>, для Палье с 381 до 6240 км<sup>2</sup>. Значительную роль в водном питании этих озер имели грунтовые воды.

По данным Г. Ю. Верещагина (1921) и П. Ф. Домрачева (1920), воды этих озер были бесцветны, не содержали гуминовых веществ и имели большую прозрачность — 7—9 м. Данные о величине минерализации этих вод в их естественном состоянии утрачены. Чтобы иметь представление о величине минерализации и солевом составе этих озер до постройки Пальеозерского канала, мы прибегли к косвенным данным. Во-первых, мы использовали данные о минерализации воды Нигозера, приведенные в „Справочнике по водным ресурсам“ (1952); на 1/VII 1924 г. Нигозеро имело водообмен с озером Сандал, минерализация его воды составляла 47 мг/л.

Во-вторых, при исследовании летом 1954 г. залива оз. Сандал (Викшаламба), расположенного в северо-западной части озера, обратили внимание, что воды этого залива значительно отличаются по химическим свойствам от вод главного плёса оз. Сандал.

Величина минерализации воды залива Викшаламба составляет 66,2 мг/л, т. е. в 3 раза выше, чем минерализация оз. Сандал, равная 21,2 мг/л (табл. 2).

Такое отличие в минерализации вод существует только благодаря слабому водообмену: залив соединен с озером узкой длинной протокой (длина ее 3,5 км).

По-видимому, залив Викшаламба в общих чертах сохранил гидрохимический режим, который он имел до превращения оз. Сандал в водохранилище, т. е. является своего рода реликтом „старого“ Сандаля.

Работы гидробиологов Карельского отделения ВНИОРХ, проводимые на оз. Сандал в 1953/54 г., подтверждают обособленность залива, в биологическом отношении в сравнении с озером.

Во-первых, преобладающие формы зоопланктона в заливе отличны от форм, распространенных в самом оз. Сандал.

Во-вторых, залив резко выделяется по величине биомассы зоопланктона и бентоса. Приведем некоторые данные (табл. 6).

Таблица 6  
Величина биомассы в различных районах оз. Сандал IV 1954 г., по данным Карельского отделения ВНИОРХ

Район	Биомасса зоопланктона г/м <sup>3</sup>	Биомасса бентоса кг/га	Источник
Северный	0,257	1,2	Перцева Л. И. и Гордеева Л. Н. (1954)
Южный	0,218	0,61	
Викшаламба	3,55	8,8	
Всё озеро	—	0,7	

В заливе Викшаламба биомасса зоопланктона в 15 раз, биомасса бентоса в 10 раз выше, нежели в основных плёсах оз. Сандал.

Гидробиолог Л. И. Перцева (фонды, 1954) считает, что оз. Сандал до превращения его в водохранилище имело биомассу дна

порядка 5—10 кг/га по аналогии с другими олиготрофными озерами Карелии. Иными словами, гидробиологические и гидрохимические данные подтверждают наше предположение рассматривать этот залив как лимнологический реликт.

В-третьих, при сравнении гидрохимических материалов, отдельных ингредиентов по озерам, различным по площади, имеющим поверхностный сток в бассейне Верхней Суны, обращает на себя внимание однородность химического состава и отсутствие заметных колебаний в величине минерализации. В 1954 г. одновременно были исследованы большие Сунские озера — Гимольское, Ройкнаволоцкое и другие и малые озера площадью 0,5—2 км<sup>2</sup>, — Кудамламба, Рауделамба и Кинас, через которые Суна не протекала. Минерализация этих озер была в пределах 6—14 мг/л, а больших озер 12—15 мг/л. Как видим, порядок величин один и тот же, при этом соотношение ионов было однотипным.

В 1954 г. мы обследовали несколько небольших по площади (0,5—2 км<sup>2</sup>) озер-ламп в районе озер Палье и Сандал. Воды этих озер были бесцветны, не содержали гуминовых веществ, прозрачность их была значительной (5—9 м). Соотношение главных ионов в этих озерах (см. табл. 5, оз. Рандозеро и Салваламба) ничем не отличается, т. е. остается характерным для всех озер бассейна. Однако величина минерализации колеблется в значительных размерах в зависимости от степени растворимости подстилающих коренных пород. Концентрация иона НСО<sub>3</sub> в них изменялась от 18 до 139 мг/л, при этом максимальные значения наблюдались на северном побережье оз. Сандал в районе Тивдийских доломитизированных известняков.

Учитывая все вышесказанные обстоятельства, не будет большой ошибкой, если мы примем величину минерализации оз. Сандал в его естественном состоянии порядка 60—70 мг/л.

Проследим ниже, какое влияние на гидрохимию сунских вод оказывают эти два озера, суммарная площадь зеркала которых равна 252 км<sup>2</sup>.

Озеро Палье не оказало ощутимого влияния на химический состав сунских вод: проба воды, взятая в истоке из озера (ст. № 15), имела ту же минерализацию, что и вода Пальеозерского канала (16,0 мг/л).

Несколько повысилась сумма ионов после прохождения вод через оз. Сандал (ст. № 17) — до 22 мг/л. Очевидно, это объясняется изменившимися условиями водообмена этих озер. В естественном состоянии последние имели очень малые коэффициенты водообмена: оз. Палье — 0,05, оз. Сандал — 0,13. С момента превращения их в водохранилища, когда через Пальеозерский канал в озера поступали воды р. Суны, их гидрологический режим в котловинах изменился. Время пребывания вод в котловинах сократилось в оз. Палье в 20 раз, в оз. Сандал — в 8 раз, т. е. коэффициент водообмена возрос до 1,1. Озера из типичных олиготрофных превратились в олиготрофно-дистрофированные, мало минерализованные, с гумифицированной водой; соответственно изменились их гидрология и ихтиофауна.

Несомненный интерес представляет для сравнения изменение величины минерализации потока речных вод, текущего по старому руслу. В районе водопада Кивач (ст. № 18) поступают сунские воды, текущие через Сундозеро (площадь зеркала равна около 50 км<sup>2</sup>). По старому руслу сбрасывается не более 10% воды от общего объема вод, проходящих через Пальеозерский канал.

От створа Пальезерского канала до створа у водопада Кивач р. Суна не имеет притоков, которые могли бы оказать влияние на химизм воды. У водопада Кивач минерализация воды увеличилась в 2,3 раза (36,4 мг/л) по сравнению с минерализацией воды (16,2 мг/л) в Пальезерском канале.

В данном случае сказалось уменьшение коэффициента водообмена до 0,28, против 3,9, который имело Сундозеро в естественном состоянии.

Гидрохимическая инерция озера возросла настолько, что котловина озера, его притоки оказывают гораздо большее влияние на величину минерализации сунских вод, нежели два таких крупных озера, как Палье и Сандак.

#### РАСТВОРЕННЫЕ ГАЗЫ И КОНЦЕНТРАЦИЯ ВОДОРОДНЫХ ИОНОВ

**Кислород.** Состояние газового режима водоема определяет условия развития органической жизни в нем и до некоторой степени может служить показателем продуктивности водоемов.

Известно, что в озерах, богатых питательными веществами и хорошо прогреваемых в летние месяцы, интенсивно развиты процессы фотосинтеза, вызывающие значительные перенасыщения поверхностных слоев кислородом.

Преобладающая часть озер бассейна р. Суны относится к мало продуктивным: воды их гумифицированы и бедны питательными веществами — солями фосфора и азота. Явление перенасыщения воды кислородом встречается редко, в пределах 5—10%, что связано с явлением гистерезиса.

Кислородные условия притоков и озер, входящих в Сунскую озерно-речную систему, вполне благоприятны, что обусловлено гидрологическими и гидрохимическими особенностями режима этих водоемов.

Речные участки р. Суны и большинство ее притоков порожисты, в летнее и зимнее время они хорошо аэрируются. Насыщенные кислородом, речные воды улучшают газовый режим проточных озер, что особенно важно для периода ледостава.

В период открытого русла аэрация озер обуславливается динамическим перемешиванием, которое для проточных озер складывается из ветрового перемешивания и турбулентного перемешивания, создаваемого течением главного притока.

Летом на глубоких озерах, когда устанавливается термическая стратификация, препятствующая проникновению динамического перемешивания в глубь озер, аэрация глубинных озер осуществляется ветровой циркуляцией. При устойчивых ветрах одного направления возникают сточно-нагонные течения, которые в глубинных и придонных слоях вызывают компенсационные течения.

Значение для кислородного режима озер имеет тип питания озер. Во внутригодовом притоке Сунских озер, проточных и сточных, доля грунтового питания незначительна по сравнению с поверхностным питанием.

Надо отметить, что грунтовые воды залегают близко к поверхности, и в них не образуется больших дефицитов кислорода: относительное содержание кислорода в колодцах и родниках летом 1954 г. колебалось от 80 до 53% (10,0—4,6 мг/л). Высокие концентрации кислорода присущи грунтовым водам с очень малой окисляемостью (1,4—2,9 мгО/л) при отсутствии железа: родник № 1 вблизи Линдозера

и колодец № 3 у оз. Палье (табл. 3). Присутствие солей железа (воды в колодце № 2 оз. Палье содержат суммарного железа 5,58 мг/л) и повышенная окисляемость в почвенно-грунтовых водах понижают концентрации кислорода до 4—6 мг/л.

В водоемах р. Суны преобладает органическое вещество аллохтонного происхождения. Это гумусовые вещества растительного происхождения, вымываемые поверхностными водами с болотных комплексов и лесной подстилки. Однако даже значительные концентрации этих веществ не создают больших дефицитов кислорода, так как биохимическое потребление кислорода гуминовыми водами незначительно (Б. А. Скопинцев, 1949).

В губах больших озер, типа Палье, могут возникать значительные дефициты кислорода при сочетании следующих факторов: при наличии слабого водообмена между губой и главным плесом озера, при наличии выхода грунтовых вод со значительными концентрациями растворенного железа и при условии слабого динамического перемешивания поверхностных слоев воды. Кислородный режим Сунских озер не одинаков для различного типа озер.

К озерам ледникового происхождения относим следующие: Кудамгубское, Чудозеро, Линдозеро, Воттозеро, Ватчельское, Пялозеро, Лубоярви. Все они мелководны; средняя глубина их менее 2—3 м, максимальная не превышает 10—12 м.

Эти озера легко прогреваются от поверхности до дна. Благоприятные условия перемешивания способствуют установлению гомотермии в течение всего теплого времени года, а следовательно и аэрации всей массы озера. Концентрации кислорода в основном следуют колебаниям температуры воды: летом содержание кислорода колеблется от 10—7 мг/л, при насыщенности 80—105% в поверхностных горизонтах, в придонных слоях не падает ниже 70%.

Из этой группы озер выделяется Пялозеро. В летние месяцы его поверхностные воды перенасыщены кислородом до 110—130%, вследствие интенсивно развитых процессов фотосинтеза. И. В. Баранов относит это озеро к полуэвтрофированным водоемам. Для него характерны более высокая концентрация гидрокарбонатов (40—45 мг/л), малая перманганатная окисляемость (3—5 мгО/л); воды его мало гумифицированы.

Материалы по зимнему режиму имеются только для Пялозера (апрель 1951) и оз. Кудамгубского (март 1950). Воды озер к концу зимы достаточно высоко насыщены кислородом. В поверхностных горизонтах Пялозера количество кислорода было 11—12 мг/л (85—87%), в придонных не снижалось ниже 7 мг/л (53%).

Озеро Кудамгубское не имело сплошного ледового покрова в районе впадения сунских вод, где насыщенность воды достигала 100%. Однако и в северных районах непроточной части озера (озеро имеет боковую проточность) концентрации кислорода не снижаются менее 9—8 мг/л.

Ледниково-тектонические озера имеют расчлененную форму-котловины, наличие одной или нескольких впадин. Однако по площади и объему мелководная зона (глубина до 5 м) преобладает, составляя 85—90%. Средняя глубина таких озер не более 5 м, максимальная не превышает 30 м. Типичными озерами будут: Гимольское, Ройкнаволоцкое, Вонгозеро, Мярят, Суккозеро. Мелководная зона этих озер по кислородному режиму сходна с озерами рассмотренной выше группы озер.

В районе впадин в июле — августе при благоприятных метеорологических условиях возникают временные термические стратификации.

За июль и август 1949 г. имеется серия пятидневных наблюдений в центральной части Гимольского озера. 12 июля слой скачка лежал на 10—12 м, разница поверхностной (0,5 м) температуры воды и придонной (28 м) была 7,4°. Концентрации кислорода были близки к состоянию гемооксигени: у поверхности было 8,65 мг/л (87%), у дна — 8,76 мг/л (82%).

Весной придонные слои хорошо аэрируются, а окислительные процессы в озере мало интенсивны, вследствие чего концентрации кислорода остались высокими. Минимальное значение содержания кислорода у дна наблюдалось 31 июля — 7,35 мг/л (70%), когда температурный скачок достиг горизонта 20 м и слоистость была слабо выражена. 5 августа состояние водных масс было близко к гомотермии: в придонном слое концентрации кислорода возросли до 8,09 мг/л (89%).

В слое металимниона количество кислорода незначительно снижалось по сравнению с поверхностными горизонтами. Как видим, возникновение слоистости не создает заметных дефицитов кислорода и в районах наибольших глубин.

Материалы по зимнему режиму имеются для озер Гимольской группы за февраль — март 1950 г. В 1950 г. на озерах Гимольском, Ройкнаволоцком было сделано 23 гидрохимических станции. Для этой группы характерно отсутствие сплошного ледового покрова: в местах сосредоточения речного потока, в проливах, среди островов наблюдались чистые ото льда водные пространства. Свободен был ото льда пролив Сарбисалма между оз. Ройкнаволоцким и Гимольским, отдельные полыньи образовались в южном плесе оз. Гимольского. Зима 1950 г. была относительно суровая: в январе среднемесячная температура составляла — 17,9°, абсолютный минимум — 40,5°, в феврале — 8,5°, абсолютный минимум — 33°C. Толщина льда была небольшой — 30—40 см, при максимальной — 54 см за счет плотного снегового покрова. Проточность озер, наличие незамерзающих участков озер положительно сказались на газовом режиме озер. В поверхностных слоях большинства районов концентрации кислорода были высокими — 11—14 мг/л (100—85%), в придонных слоях его количество редко снижалось до 13—9 мг/л (95—66%).

Как и следовало ожидать, на участках со слабым водообменом и повышенным содержанием железа наблюдались пониженные концентрации кислорода. В северо-западной губе оз. Ройкнаволоцкого (38%), при содержании железа 1,38 мг/л. В районе максимальной глубины на Гимольском озере, на дне впадины, на глубине 28 м, количество кислорода понизилось до 4,20 мг/л (32%). Здесь наблюдались наиболее высокие температуры воды (3,36°). Повышенное содержание железа — 0,90 мг/л — сочеталось с высокими концентрациями углекислоты (15,9 мг/л). Наибольший дефицит кислорода определен нами в устье р. Ушкалки, воды которой содержат мало кислорода — 3,47 мг/л (24%). Слабая насыщенность воды кислородом хорошо согласуется с высокими концентрациями CO<sub>2</sub> (41,4 мг/л) и железа (2,68 мг/л).

Река Ушкалка берет начало с болот. В зимнее время в реку стекают воды с более глубоких горизонтов, нежели летом; обедненные кислородом и обогащенные CO<sub>2</sub>.

Из группы тектонического типа озер нами исследованы озера Палье и Сандал; по Сундозеру имеются небольшие наблюдения за август 1950 г. Эти озера глубокие. Средняя глубина их порядка 10—15 м, максимальные глубины высокие: Сундозера — 41 м, оз. Сандал — 54 м, оз. Палье — 75 м. Глубоководная зона свыше 10 м занимает по объему более 40—50 %. Такие озера слабо прогреваются, имеют характерные низкие температуры воды; к концу августа на глубинах, превышающих 30 м, они не поднимаются выше 6—8°. Разность поверхностных и придонных температур высока: для оз. Палье в августе 1954 г. была 11—12°, в августе 1950 г. 7—8°; для оз. Сандал в августе 1953 г. она была 11°, в сентябре 1954 г. — 6—7°.

Температурная стратификация на этих озерах ярко выражена и сохраняется в течение всего теплого периода. В начале августа слой эпилимниона в зависимости от условий перемешивания составляет 5—10 м, а нижняя граница металимниона не опускается ниже 15—20 м. Прогревание глубинных слоев идет медленно: к концу августа изотерма 15° не опускается ниже 15—17 м, а температуры воды на глубине 20—30 м повышаются только до 10—12°.

Вследствие низких температур воды окислительные процессы в воде развиты слабо. Концентрации кислорода в плесовых участках и открытых губах оз. Палье наблюдаются высокие — 8—11 мг/л при насыщенности 95—80% в поверхностных слоях, а в придонных не ниже 70%. На большинстве вертикалей отмечено состояние, близкое к гемооксигени.

На рис. 3 даны кривые насыщения воды кислородом на ст. 36,3 (глубина = 66 м) и 32 (глубина = 32). Как видим, она почти параллельна оси ординат, т. е. абсолютное содержание кислорода в воде зависит только от температуры воды. На глубинах свыше 30 м наблюдается небольшое возрастание содержания кислорода ко дну.

Аналогичная картина наблюдается и на оз. Сандал в районах глубин свыше 30 м (рис. 4). На глубинах до 10—15 м слоистость или слабо выражена или наблюдается состояние, близкое к гомотермии, а концентрации кислорода равномерно распределены по вертикали.

Ниже рассмотрим кислородные условия в губах оз. Палье, имеющих слабый водообмен с главными плесами озера. В них вследствие слабо выраженного динамического перемешивания водных масс в период летней стагнации возникают высокие температурные градиенты, достигающие 5—10° на метр. Температурная слоистость сопровождалась хорошо выраженной стратификацией кислорода, с падением его концентраций у дна до 10—40%. Характерными губами являются Шеталамба и Ванжлахта. Первая расположена в северо-западной части оз. Палье и имеет максимальные глубины 25—28 м. Она вытянута в направлении главной оси озера, с севера, запада и востока закрыта скалистыми берегами, достигающими высоты 40—60 м. Водообмен с озером осуществляется через узкий пролив, расположенный в южной части озера. Ветровое перемешивание очень слабо выражено и захватывает только поверхностные слои (1—2 м). 5 августа 1954 г. на поверхности температура воды равнялась 16,51, количество кислорода составляло 7,88 мг/л (81%). До 3-метрового горизонта температура постепенно снизилась и была 14,90°. Слой скачка лежал на глубине от 3 до 5 м, максимальные градиенты температур — 10,6° на метр — наблюдались в тонком слое (3—3,5 м); на глубине 5 м прогрев воды достиг только 7,88% (6,83 мг/л). На глубине от 5 до 23 м в верхней части гиполимниона (от 5 до 15 м) наблюдалось равномерное падение температур от 7,88 до 4°, при

незначительном падении кислорода — до 6,0 мг/л. В нижнем слое гипolimниона (15—20 м) наблюдаются почти полная гомотермия и максимальное падение концентрации кислорода до 1,38 мг/л (10%) у дна. Если уменьшение концентраций кислорода в металимнионе происходит за счет повышенной окисляемости воды (23—28 мг O/l), то возникновение больших дефицитов кислорода в придонных слоях обязано

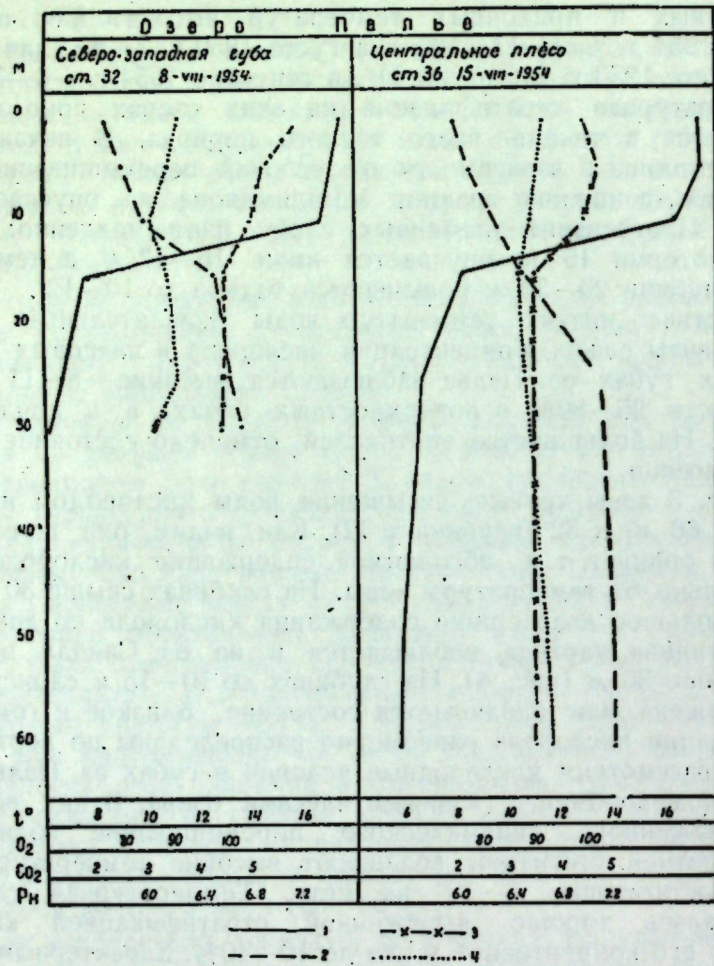


Рис. 3. Изменение температуры воды, кислорода, свободной углекислоты и величины pH с глубиной на оз. Палье  
1 — температура воды; 2 — O<sub>2</sub> в %; 3 — CO<sub>2</sub> в мг/л; 4 — pH.

выходу грунтовых вод, слабо насыщенных кислородом и содержащих суммарного железа 1,84 мг/л, в том числе закисного 1,06 мг/л. Окисляемость у дна понизилась до 16—17 мг O/l (рис. 5).

Вторая губа, Ванжлахта, расположена в юго-восточной части озера. Она мелководна, ее глубины не превышают 10 м. Ванжлахта укрыта мысами от господствующих ветров и слабо связана водообменом с основными плесами озера. Эпилимнион и гипolimнион развиты слабо, сильно развит слой металимниона, имеющий большие температурные и кислородные градиенты: кривые температуры и кислорода наклонены под большим углом к оси (рис. 5).

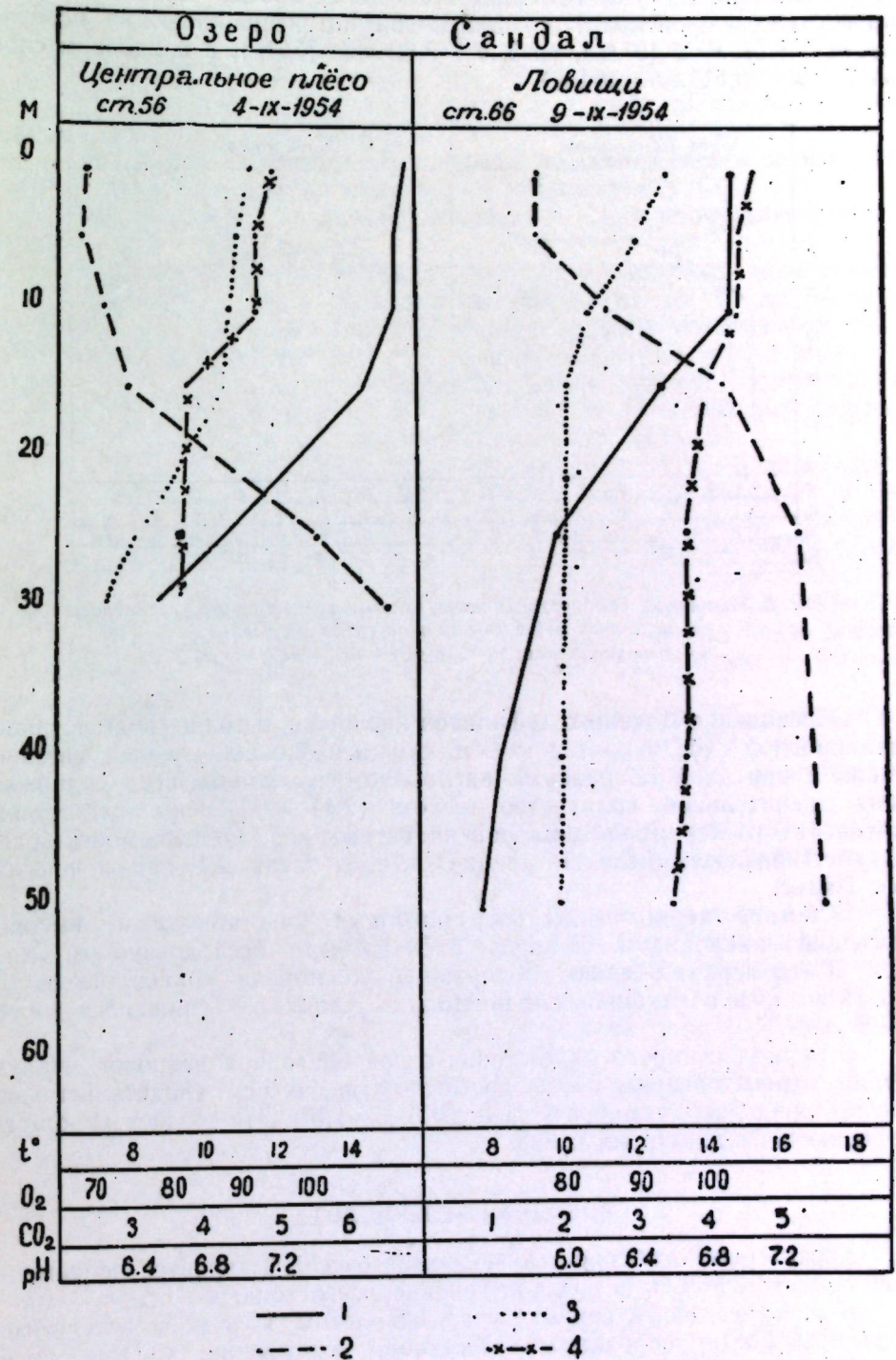


Рис. 4. Изменение температуры, кислорода, свободной углекислоты и величины pH с глубиной на оз. Сандал.  
1 — температура воды; 2 — O<sub>2</sub> в %; 3 — CO<sub>2</sub> мг/л; 4 — pH.

В отличие от губы Шеталамба снижение концентраций кислорода по вертикали происходит с одинаковой интенсивностью: на поверхности — 8,97 мг/л (97%), на 5 м — 3,32 мг/л (30%), в придонном слое на 7,8 м — 0,51 мг/л (44%).

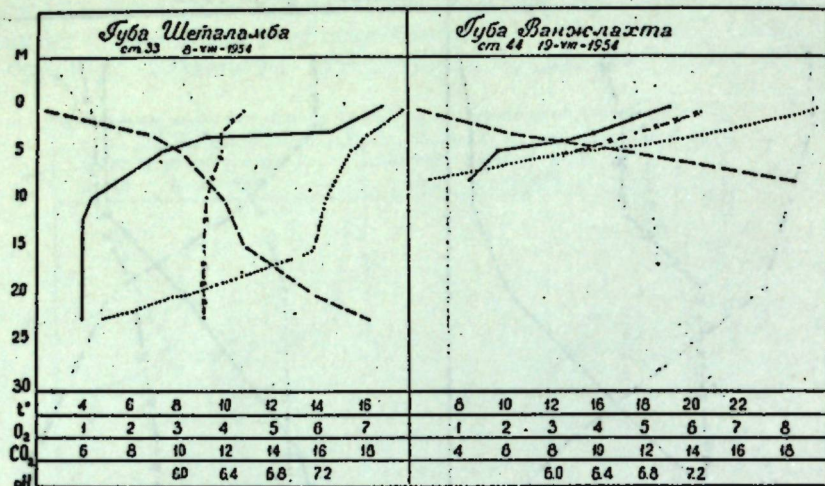


Рис. 5. Изменение температуры воды, кислорода, свободной углекислоты и величины pH с глубиной в губах оз. Палье  
1 — температура воды; 2 — O<sub>2</sub> в %; 3 — CO<sub>2</sub> в мг/л; 4 — pH.

Образование больших дефицитов кислорода в толще воды в такой мелководной губе и почти полное его исчезновение у дна связано также с притоком обедненных кислородом грунтовых вод, содержащих значительное количество железа (2,11 мг/л), при отсутствии интенсивного перемешивания поверхностных вод. Окисляемость воды в губе Ванжлахта была 11—13 мг O<sub>2</sub>/л, т. е. такая же, как в плесах оз. Палье.

В зимний период воды озер плесовых участков также высоко насыщены кислородом. В апреле 1954 г. было исследовано оз. Санда. В его верхних слоях содержание кислорода колебалось от 10 до 12 мг/л, а в глубинных и придонных слоях не снижалось ниже 9—8 мг/л.

В период осеннего охлаждения озера благодаря ветровой циркуляции перемешивание слоев достигает дна, о чем свидетельствуют низкие придонные температуры воды (1,5—1,8°). Это создает хорошую аэрацию всей акватории озера.

#### СВОБОДНАЯ УГЛЕКИСЛОТА<sup>1</sup>

Характерной особенностью водоемов бассейна является постоянное присутствие CO<sub>2</sub> в водах в течение всего года.

В р. Суна, на ее речных участках летом и зимой, вследствие незамерзаемости порожистых участков, содержание CO<sub>2</sub> в воде колеблется от 1,5 до 3 мг/л.

Повышенные концентрации CO<sub>2</sub> наблюдаются на реках с сильно заболоченным водосбором: в рр. Нурмис, Эльмус в июле 1954 г.

<sup>1</sup> Для гумусовых вод определения концентраций CO<sub>2</sub> были в некоторой степени условны, так как одновременно титруются диссоциированные органические кислоты.

CO<sub>2</sub> было 4,2 и 6,2 мг/л. Наибольшее содержание CO<sub>2</sub> отмечено в р. Ушкалке, берущей начало с болот: 3 августа 1949 г. CO<sub>2</sub> = 20,2 мг/л, а 20 февраля 1950 г. — 41,4 мг/л.

Зимой 1950 г. на притоках оз. Гимольского рр. Вотта, Бола концентрации CO<sub>2</sub> возросли до 7—8 мг/л, т. е. увеличились в 3—4 раза по сравнению с летним периодом.

Доля грунтового питания в период зимней межени возрастает, а грунтовые воды имеют повышенные концентрации CO<sub>2</sub>.

Содержание CO<sub>2</sub> на речных участках р. Суны колеблется слабо — от 1,4 до 3,4 мг/л.

В грунтовых водах концентрации CO<sub>2</sub> изменяются значительно: в исследованных нами колодцах и родниках — от 16 до 54 мг/л. Наибольшее содержание CO<sub>2</sub> свойственно водам с повышенной окисляемостью: в колодце № 2 (д. Святаволок) CO<sub>2</sub> = 21,8 мг/л, при окисляемости 10,7 мг O<sub>2</sub>/л; в колодце № 1 (д. Линдозеро) CO<sub>2</sub> = 54,6 мг/л, при окисляемости 11,9 мг O<sub>2</sub>/л; в колодце № 4 (д. Лычный Остров) CO<sub>2</sub> = 27,9 мг/л, при окисляемости 6,7 мг O<sub>2</sub>/л (табл. 3).

Абсолютное содержание O<sub>2</sub> в них понижено (4,5—6 мг/л), цветность вод значительная (17—40°). Воды указанных колодцев имеют довольно однообразную температуру (8—9°). По-видимому эти воды близко расположены к поверхности и по своим физическим и гидрохимическим свойствам их можно отнести к почвенно-грунтовым.

Вторая группа подземных вод — колодец № 3 у оз. Палье, родник № 1 у Линдозера, родник № 2 у оз. Палье — имеют более низкие концентрации CO<sub>2</sub> — 16—17 мг/л; насыщение кислородом 9—10 мг/л и очень малую окисляемость — 1—3 мг O<sub>2</sub>/л.

Воды этой категории бесцветны (цветность 0—5°), температуру имеют низкую (4,5—5,8°). Все это дает нам основание считать, что горизонт их залегания лежит ниже, и их можно отнести к собственно грунтовым водам.

Можно сделать вывод, что подземные воды при значительном их дебите могут существенно влиять на гидрохимический режим водоемов.

Для озер всех трех типов в теплое время года характерно довольно однородное содержание в воде CO<sub>2</sub>: в поверхностных горизонтах 1,5—2,5 мг/л, с незначительным повышением концентраций в приустьевых участках притоков (до 3—3,5 мг/л), воды которых гумифицированы. В глубинных слоях наблюдается небольшое возрастание CO<sub>2</sub> ко дну, не превышая 4—6 мг/л.

В районах озер с плохим динамическим перемешиванием распределение CO<sub>2</sub> по вертикали будет иное. Как и следовало ожидать, на станциях с меньшим содержанием O<sub>2</sub> наблюдаются высокие концентрации CO<sub>2</sub>. На оз. Гимольском (ст. 17) в придонном слое значение CO<sub>2</sub> по сравнению с поверхностью возросло в 5 раз (9,7 мг/л).

В губе Ванжлахта оз. Палье концентрации CO<sub>2</sub> возрастают в слое металимниона; на 4-метровом горизонте CO<sub>2</sub> = 7,9 мг/л, в придонном слое, на глубине 7,5 м, CO<sub>2</sub> = 18,6 мг/л, т. е. увеличилось по сравнению с концентрацией ее на поверхности в 9 раз.

Губа Шеталамба отмечается от плесовых участков озера не только скоплением CO<sub>2</sub> у дна, где CO<sub>2</sub> = 18,1 мг/л, но и повышенными концентрациями ее в поверхностных слоях: поверхность CO<sub>2</sub> = 5,5 мг/л; на глубине 3,5 м — 9,4 мг/л.

В губу в южной части впадает р. Эльмус, воды которой сильно гумифицированы: цветность их равна 263°, окисляемость = 34,8 мг O<sub>2</sub>/л, CO<sub>2</sub> = 6,2 мг/л.

В подледный период в озерах Гимольской группы концентрации  $\text{CO}_2$  возрастают на всех участках по сравнению с летним периодом. Но если в летние месяцы содержание  $\text{CO}_2$  по слоям было довольно равномерное, то зимой этого не наблюдалось, что объясняется отсутствием сплошного ледового покрова — в местах открытой водной поверхности наблюдались минимальные количества  $\text{CO}_2$  (4,3—5,6 мг/л) вследствие контакта с атмосферой. Наибольшие накопления  $\text{CO}_2$  в верхних слоях отмечены в губах с хорошо развитой водной высшей растительностью, разложение остатков которой идет с выделением  $\text{CO}_2$ . К таким губам относятся: северо-западная губа, в которой  $\text{CO}_2 = 11,1$  мг/л, и северо-восточная губа Ройкнаволоцкого озера с  $\text{CO}_2 = 20,2$  мг/л; в районе о-ва Ушкалы в южной части Гимольского озера наблюдалось  $\text{CO}_2 = 10$  мг/л. В большинстве районов концентрации  $\text{CO}_2$  не превышают 6—7 мг/л. Это связано по-видимому со слабо развитыми процессами окисления в Сунских озерах.

В таких глубоких озерах, как Сандал и Палье, процессы окисления органического вещества еще менее развиты по сравнению с Верхнесунскими озерами. Об этом красноречиво свидетельствует очень слабое увеличение  $\text{CO}_2$  как в верхних горизонтах, так и в глубинных слоях, по сравнению с летними концентрациями. В поверхностных слоях  $\text{CO}_2$  было 3—4 мг/л, в апреле 1954 г. ее было лишь в 1,5—2 раза больше, чем в августе 1954 г. В придонных и глубинных слоях количество  $\text{CO}_2$  составляло 5—6 мг/л, т. е. нисколько не повысилось. Следовательно, для этого типа озер режим  $\text{CO}_2$  в летний и зимний периоды почти одинаков.

### КОНЦЕНТРАЦИЯ ВОДОРОДНЫХ ИОНОВ

Концентрация ионов водорода в водоеме зависит главным образом от содержания свободной углекислоты. Но для Сунских рек и озер, питающихся поверхностными водами с заболоченных водосборов, активная реакция воды будет зависеть также от количества и степени диссоциации органических кислот, растворенных в воде.

Другими словами, реакция того или иного водоема будет определяться характером его водного питания. Озера и реки, питающиеся стоком болотных вод, будут иметь кислую реакцию, и кислотность их будет зависеть от степени гумификации поступающих вод.

В притоках и озерах, в питании которых преобладают грунтовые воды, воды имеют щелочную и слабощелочную реакцию — не содержат гумусовых веществ, и вода их имеет повышенную минерализацию.

Диапазон колебаний величин рН для вод бассейна значительный. По нашим материалам рН меняется летом от 5,97 до 8,11, но в действительности он шире, ибо за неимением шкалы рН, с низкими значениями рН, мы не смогли определить концентрацию водородных ионов в сильно гумифицированных водах.

В реке Суне и проточных озерах на всем протяжении реки величина рН изменяется незначительно (6,5—7,1) вследствие незначительных колебаний величины  $\text{CO}_2$  и относительно небольших изменений в содержании гумусовых веществ, судя по величине окисляемости и цветности вод. Колебания рН в озерах зависят от характера проточности данного озера. В таких малых озерах, как Чудозеро, Поросозеро и других, имеющих осевую проточность и коэффициент водообмена более 60, величина рН мало изменяется по акватории озера и близка по значению к поступающим в озеро сунским водам. Даже

в таком озере, как Ройкнаволоцкое, у которого коэффициент водообмена около 7, рН меняется от 6,8 до 7,00, а сунские воды выше впадения реки в озеро имеют рН, равный 6,7.

В озерах слабо развиты процессы ассимиляции  $\text{CO}_2$ . В озере Гимольском, которое имеет боковую проточность и коэффициент водообмена 3,2, диапазоны колебаний рН шире. В июле — августе 1949 г. рН колебалось по акватории в поверхностных горизонтах от 6,2 до 7,15. Минимальные значения наблюдались вблизи таких притоков, несущих много гумусовых веществ, как Ушкалка и Бола в южной части озера. Воды этих притоков имели кислую реакцию (рН 5,97).

В губах и заливах в стороне от потока сунских вод реакция воды близка к нейтральной (6,9—7,10). При отсутствии в большинстве районов температурных стратификаций, а, следовательно, и мало заметном изменении  $\text{CO}_2$  по вертикали, рН с глубиной не меняется.

В 1949 г. на Гимольском озере в районе максимальной глубины во время наиболее отчетливо выраженной слоистости (21/VII) количество  $\text{CO}_2$  увеличилось с 2,37 мг/л у поверхности до 4,93 мг/л у дна; на глубине 27 м соответственно изменялась концентрация водородных ионов с 6,41 до 6,79.

Водный режим озер Палье и Сандал также определяется стоком сунских вод. Эти озера имеют осевую проточность, но коэффициент водообмена у них мал (1,1); поэтому в котловинах происходит некоторая метаморфизация поступающих в них вод. В оз. Палье в августе 1954 г. поступали воды р. Суны с рН = 6,52 и  $\text{CO}_2 = 3,4$  мг/л. В озере происходило, как увидим ниже, частичное выпадение органического вещества,  $\text{CO}_2$  уменьшилось до 1,5—2,0 мг/л, рН увеличилось до 6,9—7,2. Воды оз. Сандал в сентябре 1954 г. имели активную реакцию, близкую к нейтральной (7,00—7,11).

При существующей температурной стратификации в теплое время года на этих озерах происходит небольшое падение рН с глубиной до 6,7—6,6 ввиду слабого повышения  $\text{CO}_2$  у дна.

Более стратифицированы в отношении величины рН воды в отчлененных губах Шеталамба и Ванжлахта, концентрация водородных ионов увеличивается от поверхности ко дну: у первой рН изменяется от 6,63 до 6,23, у второй — от 7,11 до 6,13.

Как гидрологически обособленный район озера, выделяется и по величине рН губа Викшаламба оз. Сандал, воды которой имеют слегка щелочную реакцию (рН = 7,40), за счет более высокой минерализации воды.

В Сундозере и Пялозере активная реакция воды сдвинута в сторону щелочности. Воды их по сравнению с сунскими менее гумифицированы. В Сундозере величина рН = 7,09 в северной части, а в южной возрастает до 7,27 за счет притока вод из Пялозера. Пялозеро выделяется высокими значениями рН (7,8—8,11), не свойственными Сунским рекам и озерам благодаря интенсивно развитым процессам фотосинтеза.

В зимнее время в Верхнесунских озерах в связи с накоплением  $\text{CO}_2$  концентрация водородных ионов возрастает: рН не превышает 6,10—6,20, большинство станций на озерах имело рН около 6,0.

В оз. Сандал в апреле 1954 г. рН мало отличалось от значений, характерных для летних месяцев в поверхностных горизонтах (6,7—6,8) и совсем не изменилось для глубоководных слоев (рН = 6,6—6,7), так как содержание  $\text{CO}_2$  также не изменилось.

Наибольшие понижения рН в зимнее время присущи водам Пял-озера: в апреле 1951 г. реакция воды была близка к нейтральной (рН = 6,8—7,1). Такое явление закономерно, ибо это единственное озеро в системе р. Суны, по которому имеются исследования и где заметно активизированы процессы фотосинтеза, повышающие величину рН.

### ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО

О характере и генетических группах органического вещества придонных вод известно еще мало. До последних лет о величине органического вещества судим по цветности и перманганатной окисляемости. С введением в практику бихроматного метода определения окисляемости стало возможным получать данные о содержании органического вещества, близкие к истинным.

Первые материалы о величине бихроматной окисляемости сунских вод были получены нами в 1954 г. Характер органического вещества, его величина в водоемах бассейна зависят от ряда факторов: 1) физико-географических особенностей водосбора (степени заболоченности, типа почв, увлажненности поверхности водосбора), 2) типа питания, 3) озерности притоков.

Бассейн р. Суны небольшой (7650 км<sup>2</sup>). Основная площадь его покрыта хвойными лесами, удельный вес пахотных земель ничтожно мал, около 1%.

В условиях лесной зоны основная масса гумусовых веществ вымывается талыми и дождевыми водами с заболоченных участков, с верхних горизонтов подзолистых почв и из лесной подстилки.

Как было указано выше, физико-географические условия бассейнов Верхней, Средней и Нижней Суны различны, в результате чего в водоемах находится генетически неоднородное органическое вещество. Чтобы исключить влияние проточности, рассмотрим органическое вещество в водах небольших озер.

Воды таких малых озер, как Кимас, Рауделамба, Кудахламба в бассейне Верхней Суны, гумифицированы: имеют желто-бурую окраску, цветность их значительна, в зависимости от заболоченности водосбора, — порядка 50—150°, окисляемость 12—20 мг О/л, прозрачность 1—2 м. Показатель цветности у этих озер высокий — 6—8. Эти озера, как и большинство средних и крупных озер, имеют поверхностное питание. В озера и реки с поверхностным стоком поступает нетрансформированное органическое вещество. При недостатке Са и Mg в кислых почвах образуются сильно диссоциированные кислоты, легко вымываемые из почв. Преобладание фракций фульвокислот в растворе (30—40%) придает окраску воде. При большой заболоченности этой части бассейна основной процент органических веществ в озера и реки поступает с болот. Условия формирования органического вещества в озерах Нижней Суны иные, благодаря чему в них образуется бесцветный водный гумус. Процессы оподзоливания почв здесь менее выражены, почвы обогащены кальцием и магнием, заболоченность водосбора небольшая, не превышает 10%. По-видимому гумусовые кислоты в лесной подстилке и верхних горизонтах почв образуют с карбонатными малорастворимыми соли — гуматы, и в раствор попадают малоокрашенные фракции гумусовых веществ.

Значительную роль в генезисе органического вещества водоемов этой части бассейна играет характер их питания. У исследованных нами небольших, но глубоких озер площадью зеркала 0,5—2 км<sup>2</sup> —

Рандозеро, Логиламба и ламба без названия — преобладает грунтовое питание. Они имеют прозрачную (5—9 м) почти бесцветную воду, цветность ее порядка 10—20°, и небольшую перманганатную окисляемость — 5—8 мг О/л. Б. А. Скопинцев (1950) относит органическое вещество грунтовых вод к почвенному гумусу.

В грунтовые воды проникает трансформированное органическое вещество, которое в силу высокоочистительных способностей почвы теряет свою окраску, за счет окисления и биохимических процессов, превращаясь в бесцветный гумус.

Озеро Рандозеро имеет цветность 9°, перманганатную окисляемость 5,3 мг О/л, бихроматную окисляемость 20,03 мг О/л. Логиламба и ламба без названия (см. местоположение озера в приложении 2) — цветность 20°, окисляемость 8,3 и 8,7 мг О/л. Надо отметить, что воды этих озер имеют низкий показатель цветности: Рандозеро — 1,7; Логиламба — 2,4, ламба без названия — 2,3.

При рассмотрении различных генетических групп органического вещества П. П. Воронков (1950) на примере вод Карельского перешейка показал, что истинно растворенное органическое вещество имеет показатель цветности от 3-х и менее.

Сравнивая перманганатную и бихроматную окисляемость, Скопинцев (1950) указывает на генетическую связь органического вещества различных Косинских озер с трофичностью озер. Для высокопродуктивных озер перманганатная окисляемость составляет менее 40% от бихроматной. Отношение перманганатной окисляемости к бихроматной для вод озер Рандозеро и Логиламба равно 26 и 29%. Следовательно, в этих озерах преобладает группа истинно растворенного органического вещества, автохтонного происхождения, стойкого к окислению перманганатом.

Эти озера богаты минеральными солями, имеют слабо щелочную реакцию воды (рН = 7,8—7,9); летом в них наблюдается цветение воды. По гидрохимическим свойствам они имеют сходство с эвтрофированными озерами бассейна р. Шуи, имеющего общий водораздел с р. Суной, озерами Миккельским и Крошнозером, у которых перманганатная окисляемость составляет 23—27% от бихроматной (Н. С. Харкевич, 1956).

Большие озера Палье и Санда до превращения их в водохранилища не были гумифицированы, имели совершенно бесцветную воду. Эти озера имели качества олиготрофных водоемов, по-видимому в них также преобладал бесцветный почвенный гумус.

Содержание органического вещества в притоках зависит в первую очередь от степени заболоченности водосбора, озерности и водности года. Наиболее гумифицированные воды имеют притоки, берущие начало с болот, или имеющие сильно заболоченные водосборы при отсутствии в своем течении крупных проточных озер.

К таким рекам относятся притоки Верхней и Средней Суны: Ушкалка, Бола, Мегри, Вотта и др. Чтобы получить сравнительный материал, исключив влияние водности года, рассмотрим данные 1949 г.

Воды этих рек имеют высокую окисляемость: рр: Ушкалка — 30,1 мг О/л, Бола — 27,0 мг О/л, Мегри — 19,2 мг О/л и большую цветность — соответственно 312°, 269° и 216°. Реки несут нетрансформированное органическое вещество, о чем говорят очень высокие показатели цветности: 11 для Мегри и 10 для Ушкалки и Болы. Река Ушкалка не имеет озер в своем течении, а две другие реки протекают через озера, которые не оказывают существенного влияния на процессы выпадения гумусовых веществ из раствора (озерность

Болы — 4,3, озерность Мегри — 9,5). Несколько меньше окисляемость (13,1 мг О/л) и цветность (131°) у р. Вотты, но показатель цветности остается высоким.

Влияние больших озер на генезис органического вещества наглядно прослеживается на реках Торосозерке и Чеборы, озерность которых равна 12,9 и 15,8. В водах этих рек содержится качественно отличное органическое вещество. Об этом говорит малая интенсивность окраски их вод (55—57°), сильное снижение показателя цветности — до 4,6—4,7 и небольшая величина окисляемости — 11,9—12,2 мг О/л (табл. 7).

Как влияет величина водности того или иного года на содержание органического вещества в притоках и в самой р. Суны, хорошо видно при сравнении материалов 1949 и 1954 гг.

Водность 1949 г. превышала водность 1954 г. для р. Суны примерно на 40—35% для периода паводка (май—июнь): в 1949 г. среднемесячные расходы для водпоста Фокина Гора составляли в мае 108 м³/сек, в июне — 72,5 м³/сек, в 1954 г. в мае — 65,5 м³/сек, в июне — 49,7 м³/сек. Такая же разница наблюдается и в величине выпавших осадков за май и июнь, сумма которых по гидрометеорологической станции Паданы была в 1949 г. 156,6 мм, а в 1954 г. — 92,1 мм.

В 1954 г. очевидно поступало в реки меньшее количество органического вещества, которое частично трансформировалось, ибо воды в этот год были менее окрашены, и окисляемость их была ниже.

Воды р. Болы имели цветность в 3 раза меньшую (82°), а окисляемость уменьшилась вдвое (13,2 мг О/л), показатель цветности снизился с 10 до 6,2. У р. Вотты не изменилась окисляемость (13,1 мг О/л).

В протоке р. Суны в 1949 г. не наблюдалось качественного и количественного изменения в содержании органических веществ в воде. Воды р. Суны выше оз. Ройкнаволоцкого имели цветность 75° и показатель цветности 6,2, а в истоке из оз. Гимольского цветность воды стала 82° и показатель цветности 6,5. Некоторое увеличение интенсивности окраски воды произошло под влиянием сильно гумифицированных вод рр. Ушкалки и Болы, впадающих в южное плесо оз. Гимольского.

Иная картина наблюдалась летом 1954 г. Цветность и показатель цветности воды р. Суны до впадения в оз. Ройкнаволоцкое были 86° и 6,2, а в истоке из оз. Гимольского соответственно 51° и 4,2, а бихроматная окисляемость снизилась с 23,72 мг О/л до 19,42 мг О/л (табл. 7).

Как видим, озера оказали трансформирующее действие на состав органического вещества, вследствие чего выпала из раствора часть окрашенных гумусовых веществ. Как изменяется характер органического вещества в сунских водах на протяжении от оз. Ройкнаволоцкого до истока из оз. Санда, видно из таблицы 7.

Если в районе Верхней Суны под влиянием больших озер происходили качественные и количественные изменения в составе органического вещества, то в районе Средней Суны от п. Валазма и до впадения р. Семча это не наблюдается. Наоборот, гумификация р. Суны возросла за счет притока вод с повышенным содержанием гумусовых веществ. На примере р. Нурмис видим, что цветность ее вод высокая — 125°, показатель цветности 7,7, а бихроматная окисляемость возросла до 35,50 мг О/л.

Таблица 7

Значения окисляемости, величина цветности и содержание железа в водоемах бассейна р. Суны VII—IX 1954 г.

Река	Дата	Перманганатная окисл. мгО/л	Цветность в градусах	Показатель цветности по перманганатн. окисл.	Бихроматная окисляемость мгО/л	% перманганатной окисляем. от бихроматной окисляемости	Железо мг/л		
							Fe+Fe	Fe	Fe
В реке Суны и ее притоках									
Суна выше оз. Ройкнаволоцкого . . . . .	12/VII	14,0	86	6,1	23,72	59	0,38	0,28	0,10
Чебора . . . . .	12/VII	15,3	78	5,1	24,20	63	0,31	0,27	0,04
Суна в истоке оз. Ройкнаволоцкого . . . . .	12/VII	13,3	67	5,0	—	—	0,34	0,24	0,10
Торосозерка . . . . .	10/VII	14,1	57	5,1	21,01	67	0,38	0,38	сл.
Вотта . . . . .	18/VII	13,1	82	6,2	24,52	54	0,39	0,24	0,15
Бола . . . . .	19/VII	13,2	82	6,2	—	—	0,53	0,28	0,25
Суна в истоке оз. Гимольского . . . . .	19/VII	12,9	51	4,2	19,42	62	0,26	0,15	0,11
Суна у Валазмы . . . . .	25/VII	10,5	71	6,8	23,67	44	0,32	0,16	0,16
Суна выше Линдозера . . . . .	27/VII	12,3	77	6,4	25,47	48	0,28	0,12	0,16
Ручей б/н—приток Линдозера . . . . .	27/VII	16,4	143	8,7	—	—	1,48	0,50	0,98
Нурмис . . . . .	28/VII	16,2	125	7,7	35,60	46	0,70	0,26	0,44
Суна в истоке из Линдозера . . . . .	29/VII	11,9	75	6,3	24,68	48	0,38	0,12	0,26
Черанга . . . . .	1/VIII	11,4	56	4,9	—	—	0,26	0,05	0,21
Семча . . . . .	7/VIII	12,4	64	5,2	27,84	43	0,52	0,36	0,16
Эльмус . . . . .	7/VIII	34,8	263	7,6	—	—	1,31	0,91	0,40
Суна—Пионерканал . . . . .	25/VIII	14,9	128	8,6	30,93	48	0,56	0,14	0,42
Нивка—Суна в истоке из оз. Палье . . . . .	15/VIII	12,5	68	5,6	28,14	44	0,21	0,07	0,14
Тивдийка—Суна . . . . .	8/IX	11,3	70	5,9	27,08	42	0,26	0,09	0,17
В истоке из озера Санда . . . . .	13/IX	10,6	52	4,9	25,96	41	нет	нет	нет
Суна у водопада Кивач . . . . .	24/IX	10,1	52	5,2	25,63	39	—	—	—
На озерах									
Ройкнаволоцкое, северо-зап. губа . . . . .	12/VII	14,2	62	4,4	22,92	61	0,42	0,32	0,10
Гимольское, центральное плесо . . . . .	21/VII	12,1	52	4,3	27,70	44	0,26	0,21	0,05
Оз. Палье, губа Шеталамба . . . . .	8/VIII	28,2	167	5,9	52,54	54	0,92	0,52	0,40
Санда, губа Викшаламба . . . . .	8/IX	10,3	50	4,9	26,92	38	0,14	0,10	0,04
Рандозеро . . . . .	9/IX	5,3	9	1,7	20,03	26	нет	—	—
Логиламба . . . . .	9/IX	8,3	20	2,4	28,52	29	сл.	нет	сл.

Наиболее гумифицированные воды в р. Суна отмечены в районе Пионерканала, где цветность была  $128^{\circ}$ , бихроматная окисляемость —  $30,93 \text{ мг О/л}$ , а показатель цветности —  $8,6$ . Попадая в Палье-Сандальскую группу озер, из сунских вод снова выпадает часть гумусовых веществ, причем наиболее интенсивно происходит осаждение их на дно оз. Палье.

При выходе вод из оз. Сандал цветность их становится  $52^{\circ}$ , показатель цветности уменьшается до  $4,9$ , а бихроматная окисляемость — до  $25,63 \text{ мг О/л}$  (табл. 7).

Одновременно с окрашенными фракциями гумусовых веществ выпадают и соли железа. В районе Пионерканала концентрация суммарного железа была  $0,56 \text{ мг/л}$ , в истоке из оз. Палье —  $0,21 \text{ мг О/л}$ , а в воде оз. Сандал, начиная с центральной части озера, соли железа вовсе не были обнаружены.

Интересно проследить, как изменяется в потоке р. Суны соотношение величин перманганатной и бихроматной окисляемости.

В Верхнесунских озерах это отношение меняется от  $59$  до  $63\%$ , т. е. в воде преобладает легко окисляемое перманганатом органическое вещество. Начиная от створа Валазмы, это соотношение уменьшается и колеблется в пределах  $48-41\%$ , другими словами, от  $50$  до  $60\%$  в сунских водах стало составлять трудноокисляемое органическое вещество.

Содержание органического вещества в проточных озерах определяется стоком главной реки и зависит от типа проточности, величины водообмена и морфологических особенностей данного озера.

Для озер с осевой проточностью и значительным коэффициентом водообмена (более  $5$ ) и содержание и характер органического вещества в различных частях озера, если нет сильно отчлѐнных губ, мало отличаются от вод основного притока. К таким озерам относятся: Ройкнаволоцкое, Чудозеро, Поросозеро, Линдозеро и т. д.

В озерах с боковой проточностью типа Гимольского и Кудамгубского в районах, находящихся в стороне от потока р. Суны, наблюдаются отклонения в величинах окисляемости и цветности вод.

Очень хорошо прослеживается влияние типа проточности на примере Кудамгубского озера. Река Суна впадает в него в южной части. В северном плёсо все показатели органического вещества значительно ниже, нежели в южном плёсо. В первом случае, летом  $1949$  г., окисляемость была  $11-11,5 \text{ мг О/л}$ , цветность  $49-52^{\circ}$ , показатель цветности  $4,5-4,6$ ; во втором — окисляемость  $13-14 \text{ мг О/л}$ , цветность  $70-80^{\circ}$ , показатель цветности  $6,2-6,5$ .

В озерах Палье и Сандал наблюдается понижение цветности, окисляемости и показателя цветности от места впадения сунских вод до выхода их из озера. Оба озера имеют осевую проточность.

В озере Палье, как и следовало ожидать, отличаются от основных плесов по характеру органического вещества обе губы Шеталамба и Ванжлахта. Первая имеет сильно гумифицированные воды, под влиянием р. Эльмус: перманганатную окисляемость, равную  $28,2 \text{ мг О/л}$ , цветность  $167^{\circ}$  и бихроматную окисляемость  $52,54 \text{ мг О/л}$ .

В губе Ванжлахта воды менее окрашены, их цветность  $52^{\circ}$ , окисляемость  $11 \text{ мг О/л}$ , в то время как воды плесовых участков оз. Палье имеют окисляемость  $13-14 \text{ мг О/л}$ , цветность  $65-70^{\circ}$ .

Воды губы Викшаламба оз. Сандал по характеру органического вещества почти совпадают с сунскими водами, вытекающими из озера (табл. 7).

С момента пуска сунских вод через систему озер Палье—Сандал изменилась биология этих озер. Исчезли ценные промысловые рыбы: паляя, сиг, хариус, сильно упали уловы ряпушки. Катастрофично снизилась кормность озера — обеднел бентос. Мы склонны объяснять это не только изменением гидрохимического режима озера в целом, но и влиянием осаждения органического вещества и солей железа на дно котловины озер, что в свою очередь привело к гибели донной фауны.

### БИОГЕННЫЕ ИНГРЕДИЕНТЫ

Исследование биогенных ингредиентов в водах бассейна проводилось слабо по сравнению с другими гидрохимическими показателями и ограничено по количеству водных объектов. Основным материалом, которым мы располагаем, относится к Верхнесунским озерам.

**Кремний.** При изучении в  $1949$  г.  $8$  озер Верхней Суны, различных по величине и гидрологическому режиму, обращает внимание довольно однообразное распределение концентраций по отдельным озерам, причем колебания концентраций небольшие, в пределах  $1,3-3,0 \text{ мг/л}$ .

Средняя концентрация кремния для системы проточных озер изменяется следующим образом: оз. Ройкнаволоцкое —  $2,6 \text{ мг/л}$ , Гимольское —  $2,2 \text{ мг/л}$ , Кудамгубское —  $1,9 \text{ мг/л}$ , Чудозеро —  $1,6 \text{ мг/л}$ , Поросозеро —  $1,6 \text{ мг/л}$ . Как видим, концентрация кремния уменьшается постепенно вниз по течению р. Суны, что можно объяснить осаждением кремния в озерах и частично потреблением его диатомовыми водорослями.

Река Суна и притоки озер содержат кремния несколько больше, чем вода озер, что естественно, так как содержание кремния в реках связано со взвешенными и коллоидными частицами, содержащимися в реке. В притоках Гимольского озера концентрации кремния содержатся в таких размерах: р. Торосозерка —  $2,9 \text{ мг/л}$ ; р. Вотта —  $2,7 \text{ мг/л}$ ; р. Бола —  $3,9 \text{ мг/л}$ ; р. Суна (выше оз. Ройкнаволоцкого) —  $2,6 \text{ мг/л}$ . В зимние месяцы (февраль  $1950$  г.) концентрации кремния в озерах более однородны, чем летом, и изменяются в тех же озерах в пределах  $2,2-2,9 \text{ мг/л}$ .

В заключение можно сказать, что воды Сунских озер не испытывают недостатка в содержании кремния, необходимого для развития диатомовых водорослей.

**Азот.** Минеральный азот в природных водах наиболее распространен в трех формах: нитратного, аммонийного и нитритного, из которых определялись две, кроме аммонийного азота.

Воды Карелии, как правило, бедны солями азота, и изучаемые нами воды Верхнесунских озер не являются исключением. В  $1949$  г., в летний период, когда обычно идет интенсивное потребление водорослями растворенных химических веществ, на большинстве станций этих озер были обнаружены следы нитрата —  $0,03-0,05 \text{ мг/л}$ ; но и в зимний период (февраль  $1950$  г.) не наблюдалось накопления азота в водах озер, его концентрации не превышали указанных значений.

Соли азотистой кислоты в озерах не обнаружены, что естественно, ибо они нестойкие и при хорошей аэрации водоемов легко окисляются.

Все это говорит о слабо развитых процессах минерализации в рассматриваемых озерах.

По другим озерам материалов нет.

**Фосфор.** О концентрациях минерального фосфора в Сунских озерах можно судить только по летним материалам 1949 г. Озера бедны фосфором: его содержание колеблется в пределах 0,0003—0,0008 мг/л в озерах Ройкнаволоцком и Гимольском. Несколько повышенное его количество в оз. Кудамгубском, в его северной части,—0,0012—0,0016 мг/л, в Поросозере и Чудозере—0,0016 мг/л в зарослях тростника и камыша.

При отсутствии материалов о режиме фосфатов в зимнее время трудно судить о процессе минерализации органического вещества в этих водоемах.

Однако если судить по материалам оз. Сандал, по которым проводились сборы материалов летом 1953 г. и в апреле 1954 г., то увидим, что накоплений фосфатов в сунских водах не наблюдается к концу зимы.

В 1953 г. в оз. Сандал концентрации фосфатов не превышали 0,004—0,005 мг/л; относительное их количество выше, чем на группе Верхнесунских озер, но абсолютные величины остаются низкими. В апреле, когда обычно следует ожидать увеличения концентраций фосфатов, в оз. Сандал увеличения их содержания не наблюдается: содержание фосфатов колебалось в пределах 0,0025—0,004 мг/л.

По содержанию фосфатов выделяется Пялозеро, имеющее сток в Сундозеро. В августе 1950 г. в Пялозере были определены фосфаты в количестве 0,030—0,025 мг/л, значительно больше, чем в Сунских озерах. Выше мы указывали, что И. В. Баранов (119) относит это озеро к типу эвтрофированных озер. Если сравнить Пялозеро с эвтрофными озерами Миккельским и Крошнозером (по данным Харкевич Н. С.), у которых в конце лета концентрации фосфатов колебались от 0,01 до 0,05 мг/л, то увидим, что Пялозеро по содержанию фосфатов мало от них отличается.

**Железо.** Сунские воды относительно богаты железом. В воде преобладают соли закисного железа, растворимость которых выше в сравнении с солями окисного железа. Их количество в некоторых районах озер заметно возрастает ко дну. Выше мы приводим целый ряд примеров в разделе „Органическое вещество“.

Содержание закисного железа в поверхностных горизонтах озер верхней и средней части бассейна достигает 0,50 мг/л, у дна—0,8—1,0 мг/л. В глубинных горизонтах увеличивается количество  $CO_2$ , возрастают концентрации водородных ионов. Все это способствует повышению растворимости соединений железа.

Богаты железом притоки р. Суны, содержание которого в некоторых из них достигает значительных концентраций. Так, например, р. Нурмис содержит суммарного железа 1,04 мг/л, р. Эльмус—1,31 мг/л, приток без названия оз. Линдозера—1,48 мг/л. Значительно меньше содержат железа реки, имеющие в своем течении цепочку озер: р. Торосозерка—0,38 мг/л, р. Чебора—0,31 мг/л, р. Бола—0,31 мг/л и т. д. В собственно сунских водах суммарные концентрации железа в верхней и средней частях бассейна колеблются незначительно—0,30—0,55 мг/л.

Начиная с оз. Палье, количество железа в сунских водах уменьшается до 0,14 мг/л, в истоке из оз. Сандал в воде обнаружены лишь следы его. Выпадение гумусовых комплексов из раствора ведет к уменьшению растворимости железа и устойчивости его коллоидов в озерной воде, на что указывает О. А. Алекин (1953).

**Жесткость и агрессивность вод.** По существующей градации природных вод (Алекин, 1953) по величине жесткости сунские воды

относятся к очень мягким. Жесткость речной воды не превышает в межень 0,5 мг-экв или 1,4°.

Преобладающей величиной жесткости надо считать 0,1—0,2 мг-экв (0,4—0,6°). Жесткость не остается постоянной для разных створов р. Суны; она несколько возрастает в соответствии с увеличением минерализации воды от верховья к устью. В районе озер Ройкнаволоцкого, Гимольского и на разных участках р. Суны до створа Пальеозерского канала жесткость определена в 0,2 мг-экв (0,5°), в районе р. Тивдийки и в истоке из оз. Сандал она увеличивается до 0,3 мг-экв (0,7—0,8°).

У водопада Кивач—старое русло р. Суны— жесткость повышается до 0,5 мг-экв (1,4 нем. градуса).

Значительно возрастает жесткость по сравнению с сунскими водами в некоторых озерах в районе Нижней Суны. Так, например, вода Рандозера обладает жесткостью в 1,15 мг-экв (3,2°).

Воды Карелии и, в частности сунские воды, относятся к агрессивным. В зависимости от коррозирующей способности воды различают несколько видов агрессии. Для нашего района характерна карбонатная агрессия. Ее сущность заключается в выщелачивании свободной извести мало минерализованными водами. Помимо слабой насыщенности основная (Ca, Mg) агрессивность вод обусловливается присутствием свободной  $CO_2$ , увеличивающей растворимость  $CaCO_3$  в воде.

## ВЫВОДЫ

1. Река Суна и проточные озера в системе реки имеют малую минерализацию—10—20 мг/л. Минерализация озер бассейна вследствие неоднородности почвенно-геологических условий колеблется в широких пределах, от 5 до 200 мг/л.

2. Кислородные условия рек и озер бассейна достаточно благоприятны. Значительные дефициты кислорода в придонных слоях озер возникают в редких случаях: в теплое время года в губах при сочетании двух факторов—наличии слабого водообмена с основными плесами и выхода грунтовых вод с большим содержанием солей железа: зимой в мелководных губах с остатками высшей водной растительности.

3. Активная реакция Сунских водоемов изменяется от кислой до слабо щелочной (рН 5—8).

4. Подавляющая часть водоемов бассейна содержит органического вещества в 2—3 раза больше, чем растворенных минеральных солей. По характеру в реке преобладает гумусовое вещество, генетические группы и концентрации которого меняются посезонно. В период паводков преобладает нетрансформированное органическое вещество с показателем цветности 8—12 и цветностью 100—130°. Для межени характерно присутствие в воде стойкого органического вещества с цветностью 40—50° и показателем цветности 4—5.

5. В озерах Верхней Суны, имеющих поверхностное питание, преобладает легко окисляемое, но биохимически стойкое гумусовое вещество. Воды этих озер имеют бихроматную окисляемость порядка 20—50 мг О/л, а отношение перманганатной окисляемости к бихроматной более 60%. Крупные озера, Палье и Сандал, оказывают трансформирующее действие на состав органического вещества сунских вод, вследствие чего в них происходит выпадение окрашенных фракций гумусовых веществ.

6. В непроточных озерах Нижней Суны, у которых преобладает грунтовое питание, превалирует генетически иной тип органического вещества: оно состоит из автохтонного органического вещества планктонного происхождения и почвенного гумуса. Отношение перманганатной окисляемости к бихроматной для вод этих озер равно 25—30%.

7. Реки и озера бассейна р. Суны бедны минеральными солями азота и фосфора. В подледный период не наблюдается накоплений этих солей в воде. Процессы минерализации органического вещества развиты слабо.

Воды озер и рек содержат кремний и железо. Наибольшие концентрации железа свойственны сильно гумифицированным водам. Летом его содержание колеблется от 0,2 до 1,5 мг/л, зимой в отдельных случаях достигает 2—3 мг/л.

8. Воды бассейна р. Суны относятся к агрессивным, т. к. они слабо минерализованы и содержат свободную углекислоту. Суна и проточные озера имеют весьма малую жесткость (0,2—0,3 мг-экв); в озерах Нижней Суны она превышает 1—1,5 мг-экв.

9. Озера Палье и Сандал, с превращением их в водохранилища, сильно изменили свой гидрологический и гидрохимический режим. Из олиготрофных водоемов с замедленным водообменом (коэффициент водообмена был 0,08 и 0,13) они превратились в олиготрофно-дистрофированные озера с возросшим водообменом (коэффициент водообмена стал 1,1).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Алекин О. А. Основы гидрохимии. Гидрометеониздат, Л., 1953.  
 Баранов И. В. Промежуточные и олиготрофно-эвтрофированные озера. Рукопись. Архивные фонды Карельского отделения ВНИОРХ, 1950.  
 Верещагин Г. Ю. Предварительный отчет о работах 1920 г. Тр. ОНЭ, № 68, Пг. 1920.  
 Воронков П. П., Соколова О. К. Гумусовые вещества поверхностных вод Карельского перешейка. Тр. ГГИ, вып. 25. Гидрометеониздат, Л., 1950.  
 Воронков П. П. Формирование химического состава поверхностных вод степной и лесостепной зон Европейской территории СССР. Гидрометеониздат, Л., 1955.  
 Григорьев С. В. Водные ресурсы КФССР. Рукопись. Архивные фонды Карельского филиала АН СССР. Петрозаводск, 1945.  
 Грицевская Г. Л. Отчет по исследованию озер, входящих в зону затопления Валазминского водохранилища, произведенных в 1949 г., ч. II. Архивные фонды Карельского филиала АН СССР, Петрозаводск, 1950.  
 Грицевская Г. Л. Отчет по исследованию озер зоны затопления Валазминского водохранилища в зимний период 1950 г. Архивные фонды Карельского филиала АН СССР, Петрозаводск, 1951.  
 Гордеева Л. Н., Гуляева А. М., Перцева Л. И., Стефановская А. Ф. Рыбохозяйственное освоение водохранилищ Ведлозеро и оз. Сандал. Рукопись. Архивные фонды Карельского филиала АН СССР, 1954.  
 Гудзанский В. В. Опыт эксплуатации Беломорско-Балтийского канала им. Сталина. Эксплуатация гидротехнических сооружений. Изд. „Речной транспорт“, М., 1955.  
 Домрачев П. Ф. Вопросный лист № 27 для сбора сведений об озерах. Рукопись. Архивные фонды Карельского отделения ВНИОРХ, 1920.  
 Машканцева К. Д. Отчет по исследованию Верхнесунских озер группы Чебинской, Вонгер, Мятат, Лубоярви в 1950 г. Рукопись. Архивные фонды Карельского филиала АН СССР, 1951.  
 Межерауп Н. М. Отчет по исследованию озер в бассейне Верхней Суны. Архивные фонды Карельского филиала АН СССР, Петрозаводск, 1949.  
 Молчанов И. В. Онежское озеро. Гидрометеониздат, Л., 1946.  
 Скопинцев Б. А. О потреблении кислорода в природных водах. Гидрохимические материалы, XVI, 1949.

- Скопинцев Б. А. Органическое вещество в природных водах. Тр. ГОИИ, вып. 17. Гидрометеониздат, Л., 1950.  
 Справочник по водным ресурсам, т. I, ч. 2. Северо-Западный район. Л., 1952.  
 Сокольников Н. М. Климатическая характеристика Суна-Палье-Сандальского бассейна. Рукопись. Архивные фонды Ленгидэпа, Л., 1954.  
 Тимофеев В. М. Петрография Карелии. Изд. АН СССР М.—Л., 1935.  
 Харкевич Н. С. Гидрохимическая характеристика Миккельского озера и Крошнозера. Тр. Карельского филиала АН СССР, 1956.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
С. В. Григорьев. Водоемы Карелии как энергетические водохранилища	3
С. В. Григорьев. О некоторых определениях и показателях в озерах-ленин	29
Л. К. Попенко. Озеро Тикшозеро	46
Н. М. Лазаревская и Л. К. Попенко. Озера бассейна реки Каменной — Каменное, Лувозеро, Кимасозеро и Нюк	66
К. Д. Машканцева. Энгозеро	114
К. Д. Машканцева. Верхнесунские озера Чебинской группы — Лубоярви, Вонгер, Мярят	126
Г. Л. Грицевская. Зимний режим озер Верхней Суны — зоны Валазминского водохранилища	136
Г. Л. Грицевская. К гидрохимии водоемов бассейна реки Суны	158

ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
109	17 сверху	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
111	2 графа таблицы 24, 2 строка сверху	120 фульвокислот к.м.	12,0 фульвокислот к.м?
124	15 сверху		
137	12 сверху		

Материалы по гидрологии.

МАТЕРИАЛЫ ПО ГИДРОЛОГИИ (ЛИМНОЛОГИИ) КАРЕЛИИ

Редактор *И. М. Нюдин*  
 Технический редактор *О. Б. Петрова*  
 Корректоры *Г. А. Проводина* и *О. И. Дрозжак*

Сдано в набор 2/XI 1958 г. Подписано к печати 22/XII 1958 г. Е-02735. Бумага 70×108<sup>1/16</sup>—12,13 печ. л.  
 14,34 уч.-изд. листа. Тираж 500 экз. Заказ № 1172. Цена 10 руб.

Госиздат Карельской АССР, Петрозаводск, пл. 25 Октября, 1.

Сортавальская книжная типография Полиграфиздата Министерства культуры КАСР  
 Сортавала, Карельская, 32.