

TALLINNA POLYTEHNILISE  
INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

СЕРИЯ А

№ 248

СБОРНИК СТАТЕЙ  
ПО  
**САНИТАРНОЙ ТЕХНИКЕ**  
V

Основы прогнозирования качества воды водоемов  
с учетом их самоочищения (на примере Эстонской  
ССР)

Под редакцией доц. Х. Вельнера



Ep. 6.7

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED  
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА  
СЕРИЯ А № 248

1967

СБОРНИК СТАТЕЙ  
ПО

# САНИТАРНОЙ ТЕХНИКЕ

V

Основы прогнозирования качества воды водоемов  
с учетом их самоочищения (на примере Эстонской  
ССР)

Под редакцией доц. Х. Вельнера

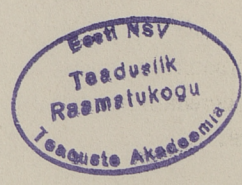
Ep. 7746

Институт физико-математических наук  
Академии наук СССР  
Физико-математический институт

САНТААРХОН ТЭХНИКЭ  
V

Система автоматического управления движением  
в пространстве (для космических аппаратов)

Ep. 7746



УДК 551.482.214

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕК ЭСТОНСКОЙ ССР  
С УЧЕТОМ СТОКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

В научно-исследовательской лаборатории санитарной техники Таллинского политехнического института ведутся исследования по определению допустимой нагрузки водоемов сточными водами с учетом их самоочищающей способности.

При проведении соответствующих расчетов необходимо иметь исходные данные, характеризующие гидрохимический режим рек Эстонской ССР. Исходные гидрохимические данные необходимы также при выборе источников водоснабжения и ирригации, при проектировании технологии водоочистных станций и пр.

Эти данные надо иметь в виде, пригодном для использования при инженерных расчетах.

В настоящем труде сделана попытка увязать гидрохимические характеристики со сточными, используя статистические методы обработки исходных материалов. При этом использованы данные наблюдений Таллинского политехнического института, Тартуского государственного университета, санэпидстанций и др. организаций, а также опубликованные в "Гидрологических ежегодниках" за 1946÷1963 годы гидрохимические анализы. Впервые приводятся данные, характеризующие кинетику процесса биохимического окисления растворенных в воде органических веществ.

Исходные гидрохимические материалы, опубликованные в "Гидрологических ежегодниках", были при подготовке рукописи критически просмотрены инж. Л. М е р и л а (бывшим заведующим гидрохимической лаборатории УГМС Эстонской ССР). Исходные материалы, характеризующие процессы биохимического окисления органических веществ, собраны и обработаны аспирантами А. С а а в а (ТГУ) по рекам юга Эстонии и Р. П л а т с по рекам севера и запада Эстонии. Ст. н.с. А. К а с к провел большую работу по увязке гидрохимических характеристик ионного стока со стоковыми характеристиками и по их анализу. Доцент к.т.н. А.А й т с а м давал ценные советы по использованию методов математической статистики при обработке данных по минеральному составу вод. Доцент, к.т.н. Х. В е л ь н е р произвел практическую обработку данных по кислородному режиму рек и органическому составу вод. Им же написана текстовая часть труда.

В работе принимали также участие инженеры И. Карилер, М. Наруск, М. Ханнус, М. Хяляль, Х. Якобсон и др., которым выражается при сем благодарность.

Особенно хочется выразить благодарность заведующему кафедрой гидравлики и санитарной техники доценту Л. Т е п а к с у за предоставление условий подготовки настоящего труда.

Хочется надеяться, что публикуемый труд явится пособием для инженеров, работающих в области водного хозяйства, канализации и водоснабжения.

Редактор

## I n t r o d u c t i o n

In the Laboratory of Scientific - Research Problems of Sanitary Engineering of the Tallinn Polytechnic Institute the problems of determination of permitted loads of pollution entering the water reservoirs and the calculation of selfpurification are studied.

To make calculations, it is necessary to have initial data which are typical for conditions of hydrochemical regime of rivers of the Estonian SSR. Initial hydrogenous data are necessary for the choice of water supplies, irrigation sources and by designing sewerage - cleaning constructions.

The purpose of this study is to present the endeavour to combine the characteristics of hydrochemistry and those of flow by making use of the statistical method of analyses of the initial data.

The initial data of observations taken by the Tallinn Polytechnic Institute, the Tartu State University, the republican sanitary-epidemiological stations and also hydrochemical analyses printed in the Hydrology Annuals of the years 1946-63 are used to compile this book. First characteristic data of kinetics of biological oxidation processes of dissolved organic substances in the water are given.

The hydrochemical materials, published in the Hydrology Annuals, were critically studied by engineer L. M e r i l a the former chief of the Hydrochemistry Laboratory of the Hydrometeorological Service.

Test data characteristics of biological oxidation of organic substance of rivers of Southern-Estonia were gained by post graduate A. S a a v a ( Tartu State University) and for rivers of Northern Estonia by post graduate R. P l a t s .

Hydrochemical characteristics of ion flow were combined with those of flow and thoroughly analysed by sen. engineer A. K a s k .

Valuable advice has been given by Assistant Professor A. A i t s a m by making use of mathematical statistics

while analysing the data of mineral composition of waters.

H. V e l n e r has made practical analyses of the data of oxygen balance of rivers and of organic compositions of waters. The text of the book has also been composed by him.

Gratitude will be expressed to engineers engaged in the research: I. Kariler, M. Narusk, M. Hannus, M. Hääl, H. Jakobson.

The editor will specially express thanks to Assistant Professor L. T e p a k s, the director of professorship of Sanitary Engineering and Hydraulics for granting condition of training for this research.

This book may be used by engineers working in the field of water supply and sewerage.

All observations about the book we beg to send on the following address: Tallinn, 101 Kalinin street, The Publishing House of the Tallinn Polytechnic Institute.

Editor.



## В в е д е н и е

Интенсивное развитие промышленности и рост городов требуют проведения решительных мер по охране водоемов от загрязнения их сточными водами. Обычно сточные воды направляются в водоемы, где они даже после частичной или полной очистки приводят к ухудшению качества воды водоемов. Необходимая степень очистки сточных вод зависит от ряда факторов (нормативные нагрузки водоема, определяемые действующими санитарными правилами, степень разбавления сточных вод, характер сточных вод и пр.). Одним из основных факторов, определяющих допустимую нагрузку водотока, является качество воды водоема выше выпусков сточных вод, то есть на участках водотоков, практически не загрязняемых человеком. С другой стороны, характеристика качества воды водоемов позволяет обоснованно подойти к выбору схемы и методов очистки воды на водоочистных станциях городов и предприятий, при выборе источников в целях ирригации и в прочих интересах водного хозяйства. Это особенно важно в связи с тем, что уже в ближайшее десятилетие окажется необходимым использовать многие реки республики в качестве водоснабжения (рр. Эмайыги, Пярну, Кейла, Тьдва, Ягала и пр.).

Основы комплексного использования и охраны водных ресурсов республики разработаны в период с 1962 по 1965 г. коллективами сотрудников ГПИ "Эстонпроект", ТПИ и др. в Генеральной схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов Эстонской ССР.

При составлении локальных схем потребуется, однако, уточнить произведенные расчеты, в том числе и расчеты качества воды. Это, в свою очередь, требует уточнения ряда исходных материалов, включая и гидрохимические характеристики рек.

Согласно существующей методике [9] гидрохимический режим рек характеризуется средними показателями ингредиентов по характерным сезонам и периодам года. При этом не учитываются колебания стока во многолетнем периоде, что существенно влияет на гидрохимические показатели стока. Условным является также определение границ расчетных периодов, что способствует субъективности оценки исходных материалов.

В настоящем труде мы исходили из предположения, что между гидрохимическими ингредиентами и речным стоком существует прямая зависимость. Установив существование коррелятивной зависимости между параметром стока и рассматриваемым гидрохимическим ингредиентом, можно легко определить значения гидрохимических ингредиентов, соответствующих любому расходу произвольной обеспеченности. Это значит, что при инженерных расчетах можно установить расчетную величину искомого ингредиента, соответствующую расчетному расходу реки (обычно  $P = 75 \div 95\%$ ). При этом, однако, обязательно наличие статистических гидрологических характеристик, построенных по многолетним наблюдениям.

Предлагаемый метод дает хорошие результаты при изучении гидрохимических ингредиентов, характеризующих минеральный состав стока. Однако между ингредиентами, характеризующими растворенные в воде органические вещества, и расходом воды удовлетворительной зависимости установить не удалось. Поэтому для обработки наблюдений над биохимической потребностью в кислороде (БПК) и окисляемостью вышеописанный метод оказался непригодным. При анализе данных по БПК были использованы статистические характеристики, то есть были построены кривые  $БПК_5 = f(P \%)$ .

При обработке гидрохимических данных мы пользовались "Гидрологическими ежегодниками" за 1946-1963 гг. [10]. Следует отметить, что в этих материалах отсутствуют данные по БПК, которые крайне необходимы при инженерных расчетах. Отсутствуют также наблюдения над микроэлементами (Zn, Cu, J,

г и пр.), аммиаком ( $\text{NH}_4$ ), показателями бактериологического загрязнения (колититр: число бактерий).

По взвешенным веществам систематические наблюдения имеются по 3-4 постам.

В целях накопления исходных данных, характеризующих санитарное состояние водоемов, нами были организованы и в течение 1962-1965 гг. проведены совместно с кафедрой гигиены Тартуского государственного университета, Институтом экспериментальной и клинической медицины АН Эстонской ССР и др. комплексные исследования на водоемах республики. Особое внимание уделялось летним и зимним межнным режимам стока, которые в инженерной практике проектирования объектов водоснабжения и канализации являются расчетными. Также уделялось внимание изучению кинетики биохимического окисления органических веществ в воде водотоков. Сделана попытка оценить влияние гуминовых веществ и солей на кинетику процессов биохимического окисления органических веществ.

В настоящем труде представлены данные лишь по тем створам, которые расположены выше концентрированных выпусков сточных вод, или на значительном расстоянии от выпусков.

Материалы по содержанию взвешенных веществ в реках республики были в 1959 г. собраны и обработаны начальником гидрологического отдела ГМ обсерватории Управления гидрометеорологической службы Т.Ф. Эйпре [17]. Согласно этим данным концентрации взвешенных веществ в реках республики малы — не превышая 5 мг/л для рек северной части Эстонии и 10 мг/л для рек юга Эстонии.

В заключение необходимо отметить, что авторы не задавались целью осветить процессы формирования химического стока Эстонской ССР, а лишь дать расчетные характеристики отдельных химических ингредиентов.

Процессы формирования химического стока, особенно органического происхождения, сложны и изучение их закономерностей, особенно в условиях гуминизированных поверхностных вод Эстонской ССР, является задачей специальных исследований, проводимых в настоящее время в Институте зоологии и ботаники АН ЭССР под руководством Х.А.Симм.

## І. РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИОННОГО СТОКА РЕК ЭСТОНСКОЙ ССР

Между степенью минерализации водотоков и гидрологическим режимом существует прямая зависимость. При паводковых расходах степень минерализации вод приближается к концентрации ионов в атмосферных осадках, в меженный же период этот показатель достигает предельных значений, зависящих от гидрогеологических условий. Чем лучше растворимость грунтов, тем выше наблюдаемая концентрация ионов в реке. Если в дождевой воде, согласно исследованиям Х. Симм [15], сумма ионов колеблется в пределах от 2 до 10 мг/л, то в реке при межennom расходе обеспеченностью в 95% она возрастает до 450÷500 мг/л.

Предлагаемый нами метод определения степени минерализации (суммы ионов) по статистическим стоковым характеристикам (кривым обеспеченности) позволяет получать надежные результаты даже в тех случаях, когда мы не располагаем длинным рядом наблюдений над химическим составом воды. Наличие лишь до пяти-шести анализов воды на посту в год лишает нас возможности произвести непосредственную статистическую обработку гидрохимических анализов.

Разумеется, что зависимости, приведенные в настоящем труде, по мере накопления информации могут уточняться \*. Экстремальные же значения концентрации ионов вряд ли претерпят сколько-нибудь существенных изменений.

### Зависимость между суммой ионов и стоком

Исходным материалом явились анализы воды, взятые гидрохимической лабораторией Управления гидрометслужбы Эстонской ССР за 1946÷1963 гг. Всего рассмотрены анализы 991 пробы по

---

\* Например, можно полагать, что ввиду неодинаковых условий питания рек концентрация ионов при одном и том же расходе при подъеме несколько ниже, чем при спаде паводка.

49 створам (табл. I, фиг. I). Пробы воды, взятые в разных створах, распределены крайне неравномерно, как видно из нижеследующего.

Всего проб в створе	43÷99	20÷43	10÷19	5÷9	1÷4
Число створов	6	7	7	11	18

Имеется лишь 20 створов, где взято 10 и более проб.

Указанный исходный материал был нами в ходе работы систематизирован, критически просмотрен и дополнен модулями стока.

Все гидрохимические анализы, необходимые при дальнейшей статистической обработке, и соответствующие им модули стока представлены по постам в убывающем порядке сумм ионов за весь период наблюдений. В качестве примера в табл. 2 приведены переработанные данные по посту Кейла. По остальным постам изготовлены микрофильмы, которые могут быть высланы для пользования заинтересованным организациям.

Как показал анализ полученных данных, между суммой ионов и модулями стока существует логарифмическая зависимость

$$y = k \lg x + a, \quad (I)$$

где  $y$  — концентрация ионов ( $\sum i$ ), в мг/л;  
 $k$  — параметр подъема характеристики ( $k < 0$ );  
 $x$  — модуль стока, в л/сек·км<sup>2</sup> (М);  
 $a$  — постоянная.

При анализе применялся метод графической корреляции. По оси ординат отложены в масштабе десятичных логарифмов модули стока, а по оси абсцисс в линейном масштабе суммы ионов (фиг. 2). Заметного влияния особенностей гидрологического режима (растительность, ледяной покров и пр.) на установленные зависимости типа  $\sum i = f(\lg M)$  не обнаружено.

Функции графической корреляции составлены для 21 поста. На графики нанесены также значения расчетного минимального ( $M_{95\%}$ ), среднего ( $M_0$ ) и максимального ( $M_{\geq 3\%}$ ) стока. Значения минимального стока взяты из работы А. Каск [1], среднегодовые модули стока приняты по Т. Эйпре [18]. Ввиду отсутствия данных о максимальных модулях стока, в настоящем труде принято  $M_{\text{макс}} = 50$  л/сек·км<sup>2</sup>. В качестве исключения для хорошо зарегулированной реки Нарва принято  $M_{\text{макс}} = 20$  л/сек·км<sup>2</sup>, для зарегулированной реки Суур-Змайыги и реки Пярну - д. Кюкита, имеющей сильное карстовое питание,  $M_{\text{макс}} = 30$  л/сек·км<sup>2</sup>. Согласно существующим среднесуточным кривым обеспеченности модулей стока внутригодовую обеспеченность этих рек можно оценить от I до 3%, т.е.  $M_{\text{макс}} = M_{\geq 3\%}$ . Данные о расчетных модулях стока и соответствующих им значений суммы ионов представлены в табл. 3. По тем постам, где число анализов менее 10 и графическую корреляцию произвести не оказалось возможным, в таблице приведены ориентировочные данные при помощи метода аналогов.

Представленные зависимости (фиг. 2, табл. 3) позволяют рассчитать ионный сток в первую очередь для тех рек, где намечается строительство водохранилищ (рр. Пярну, Кейла, Ягала).

Найденные графические связи  $\Sigma_i = f(\lg M)$  по 21 посту представлены на сводной фиг. 3. Установлено пять групп рек:

$$y_I = 500 - 190 \lg x \dots (2)$$

$$y_{II} = 480 - 220 \lg x \dots (3)$$

$$y_{III} = 410 - 175 \lg x \dots (4)$$

$$y_{IV} = 260 - 100 \lg x \dots (5)$$

$$y_V = 225 - 55 \lg x \dots (6)$$

В первую группу входят незаболоченные реки, берущие начало на возвышенности Пандивере (рр. Кунда, Сельгейыги, Паала и др.), а также карстовая река Вазалемма. Вторая группа включает реки юга Эстонии, за исключением р. Выханду, которая имеет озерное питание. К третьей группе относятся

реки бассейна Рижского залива (за исключением верховья р. Пярну, которое относится к первой группе), сильно заболоченные водосборы и реки с озерным питанием (зарегулированные реки). В четвертую группу входят малые, часто пересыхающие реки, которые протекают на тяжелых глинах (рр. Вяндра, Сауга и др.). Река Нарва, которая вытекает из крупного Чудского озера (оз. Пейпси), относится к пятой группе. Полученные зависимости (2÷6) позволяют определить степень минерализации и для неизученных рек Эстонии, по которым имеются стоковые характеристики. Установленные связи целесообразно проверить также и для рек, протекающих в сходных условиях за пределами Эстонской ССР.

#### Кривые обеспеченности суммы ионов $\Sigma_i = f(P \%)$

Найденные зависимости типа  $\Sigma_i = f(\lg M)$  позволяют, при необходимости, по кривым обеспеченности ежесуточных расходов построить кривые обеспеченности концентрации ионов  $\Sigma_i = f(\lg P \%)$  (фиг. 4, табл. 4) или ионного стока. Напомним, что при увеличении степени обеспеченности ( $P \%$ ) увеличивается также сумма ионов. Таким образом, говоря о сумме ионов 95% обеспеченности, надо помнить, что в среднем году концентрация ионов в течение 347 дней (95%) меньше найденной величины и лишь в течение 18 дней равна или больше.

Зависимости  $\Sigma_i = f(\lg P \%)$  построены для пяти постов: р. Пирита - д. Паункила, р. Кейла - г. Кейла, р. Вазалемма - х. Урба, р. Пярну - д. Орекила и р. Вяйке-Эмайги - д. Тыллисте (фиг. 4). В таблице 5 представлены координаты кривых обеспеченности концентраций ионов, полученные путем графического осреднения. Подробный анализ кривых  $\Sigma_i = f(\lg P \%)$  не входит в рамки настоящей работы. Необходимо лишь отметить, что если соотношение максимального и минимального модулей стока в среднем году доходит до 100 ÷ 400 раз, то соотношение соответствующих сумм ионов не превышает 5 ÷ 10. Кривые обеспеченности суммы ионов в натуральных величинах имеют более-менее симметричное распределение, в отличие от кривых обеспеченностей стока, которые имеют резко выраженную левую асимметрию.

### Среднегодовые и среднемесячные суммы ионов

Средние значения сумм ионов представляют интерес при прогнозировании степени минерализации водохранилищ и озер и могут быть определены, по меньшей мере, четырьмя способами:

1) средние суммы ионов определяются по средним модулям  $\Sigma i_{\text{ср}} = f(\lg M_{\text{ср}})$ ;

2) - по среднесуточным суммам ионов ( $\Sigma i_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n \Sigma i}{n}$ );

3) - по среднесуточному ионному стоку ( $\Sigma i_{\text{ср}} = \frac{\sum G}{\sum Q}$ ),  
где  $G = i \cdot Q$  мг/сек;

4) - по суточному ионному стоку и кривым обеспеченности стока ( $\Sigma i_{\text{ср}} = \frac{\omega \int G dp}{\omega \int Q dp}$ ).

Способы 3 и 4 точные, но весьма трудоемкие, и могут быть рекомендованы при решении специальных задач.

Очевидно, что средняя сумма ионов может быть определена лишь из соотношения объемов ионного стока и стока воды (взвешивание по расходу). Поэтому способ 2 не характеризует сути дела и не может быть рекомендован при прогнозировании сумм ионов в водохранилищах и озерах.

Для установления пригодности применения первого способа произведен дополнительный анализ с двумя экстремальными по режиму реками (р.Пиуза - ст. Петсери и р. Паала - г. Пыльтсамаа) в экстремальные годы. Сопоставительные расчеты по определению средних сумм ионов произведены тремя вышеуказанными способами (1, 2 и 3) (табл. 6). Анализ результатов показывает, что в те месяцы, когда расход в реке изменяется мало (январь-март и июнь-декабрь), больших расхождений между результатами этих методов нет. В 1961 году, когда расходы воды в половодье (в апреле-мае) были низкие, результаты, полученные по первому методу, отличались от третьего метода лишь на  $+2 \div 3\%$ . Среднегодовая сумма ионов получена как средневзвешенная ежемесячных значений ионов



по расходу. В маловодном 1961 году расхождения между результатами первого и третьего методов составляли менее +2%. По второму методу среднегодовые суммы ионов получены в виде среднеарифметической суммы среднемесячных величин, что дает также небольшое расхождение с третьим методом (+6%). В годы с высокими весенними паводками расхождения в значениях за апрель-май месяцы доходят при первом методе в среднем до +45%, а при втором методе даже до +160%. Среднегодовые значения суммы ионов отличаются соответственно на +9% и +44%.

Вышесказанное позволяет сделать ряд выводов.

1. В месяцы с незначительными колебаниями стока среднемесячные величины сумм ионов могут быть определены с точностью до  $\pm 1 \div 2\%$  по среднемесячным модулям стока из  $\Sigma_i = f(\lg M)$ .

2. В месяцы со значительными колебаниями стока (в первую очередь во время весеннего половодья) среднемесячные суммы ионов следует определить третьим методом, т.е. подсчитать среднемесячные суммы ионов по ежесуточным величинам.

3. При оценке точности определения среднегодовой суммы ионов необходимо иметь в виду, что в годы с высокими паводками погрешность определения суммы ионов по среднегодовому модулю стока может достигать +10%, т.е. на 10% превысить фактическую величину, полученную из ионного стока. В случае небольших паводков погрешность не превышает  $\pm 2 \div 5\%$ . При определении нормы суммы ионов через норму стока полученная величина превышает фактическую до +5%. Использование ежесуточных данных об ионном стоке повышает точность расчетов. Поэтому желательно в дальнейшем помещать в "Гидрологические ежегодники" эти данные (по постам, где существуют зависимости типа  $\Sigma_i = f(\lg M)$ ).

## Связи между суммой ионов и отдельными ионами

Методами аналитической корреляции установлены связи между отдельными ионами и суммой ионов для 12 постов <sup>\*</sup>, которые имеют длинные ряды наблюдений (фиг. 5, табл. 7), и составлены уравнения корреляции в виде

$$y = kx + a, \quad (7)$$

где  $y$  — рассматриваемый компонент ( $\text{Ca}^2+$ ,  $\text{Mg}^2+$ ,  $\text{Cl}^-$  и пр.), в мг/л;

$x$  — сумма ионов, в мг/л.

1)  $\text{Ca}^2+ = f(\Sigma_i)$  (фиг. 5-I, табл. 7-I).

Установлена хорошая коррелятивная зависимость  $r = (0,893) 0,947 \div 0,995$  со средней квадратичной ошибкой  $\sigma = \pm 1,3 \div 3,2 (4,2)$  мг/л. Судя по фиг. 5-I, реки Эстонии можно характеризовать двумя зависимостями: для рек бассейна Финского залива (за исключением р. Нарва) и для рек бассейна Чудского озера, берущих начало на Пандивереской возвышенности

$$y_{\text{I}} = 0,19 x + 4,0 \text{ мг/л}, \quad (8)$$

для прочих рек Эстонии

$$y_{\text{II}} = 0,17 x + 2,0 \text{ мг/л}. \quad (9)$$

Реки северной Эстонии, протекающие сквозь ордовикские горизонты, имеют повышенные значения ионов  $\text{Ca}^2+$ .

2)  $\text{Mg}^2+ = f(\Sigma_i)$  (табл. 7-2, фиг. 5-2).

Коэффициент корреляции достаточно высок:  $r = 0,797 \div 0,967$  (исключением является река Нарва). Средняя квадратичная ошибка  $\sigma = \pm 1,1 \div 3,6$  мг/л.

Территориально ионы магния распределяются аналогично ионам кальция, с той разницей, что реки юга Эстонии имеют большие концентрации  $\text{Mg}^2+$ , чем реки ее северной части (обратная зависимость).

---

<sup>\*</sup> Расчеты корреляции производились в вычислительном центре НИ "Коммуналпроект".

Для рек бассейна Финского залива (за исключением р. Нарва) и тех рек бассейна Чудского озера, которые берут начало на Пандивереской возвышенности, уравнение корреляции имеет вид

$$y_I = 0,043 x - 0,5 . \quad (10)$$

Для прочих рек

$$y_{II} = 0,033 x - 1,8 . \quad (11)$$

3)  $Cl^1 = f(\Sigma_i)$  (табл. 7-3, фиг. 5-3).

Коррелятивная зависимость менее выражена, что, очевидно, объясняется малым удельным весом хлор-ионов в минеральном составе воды (до  $I \div 2\%$  от суммы ионов, в мг/л;  $r = 0,558 \div 0,908$ ;  $b = \pm 0,7 \div 2,1$  мг/л).

Территориально реки бассейнов Финского и Рижского заливов (I) имеют более высокие значения  $Cl^1$  по сравнению с реками бассейна Чудского озера (II), а именно:

$$y_I = 0,018 x - 0,7 , \quad (12)$$

$$y_{II} = 0,013 x - 0,6 . \quad (13)$$

Исключение составляют р. Нарва и небольшой заболоченный водосбор Мустыги ( $F = 37,5 \text{ км}^2$ ), где  $r = 0,150$  и концентрация хлоридов в воде крайне низкая (до 5 мг/л).

4)  $HCO_3^1 = f(\Sigma_i)$  (табл. 7-4, фиг. 5-4).

В ионном составе вод Эстонии преобладают ионы  $HCO_3^1$  (до  $70 \div 80\%$  от суммы ионов, в мг/л). Поэтому коэффициент корреляции очень высок ( $r = 0,957 \div 0,999$ ,  $b = \pm 2,9 \div 9,6$ ).

Здесь можно различить две категории рек: реки бассейна Чудского озера (за исключением р. Суур-Эмайги) (I) и все прочие реки республики, включая реки с озерным питанием (рр. Нарва и Суур-Эмайги) (II). Зависимости могут быть представлены в виде:

$$y_I = 0,75 x - 9 , \quad (14)$$

$$y_{II} = 0,70 x - 6 . \quad (15)$$

Как видно, между  $Cl'$  и  $HCO_3'$  существует обратная зависимость. В реках бассейна Чудского озера, где концентрация  $Cl'$  низка, отмечается повышенная концентрация  $HCO_3'$ . В реках бассейнов Финского и Рижского заливов, наоборот, при повышении  $Cl'$  понижается концентрация  $HCO_3'$ .

$$5) Na+K (SO_4'', NO_2' \text{ и } NO_3') = f(\Sigma_i) \text{ (табл. 8).}$$

Как видно из таблицы 8, функциональная зависимость между рассматриваемыми ионами и суммой ионов отсутствует. Лучшую корреляцию дают  $Na+K$  ( $r = 0,257 \div 0,793$ ), слабую связь имеют нитриты и нитраты ( $r = -0,421 \div 0,490$ ). При ориентировочных расчетах можно руководствоваться нижеследующими показателями:

Ингредиент	Мин.	Средн.	Макс.
$Na+K$	0	3	20
$SO_4''$	2	13	50
$NO_2'$	0,00	0,03	0,20
$NO_3'$	0,0	1,2	15,0

Для получения полного представления о распределении ионного состава по водосборам республики ниже представлено содержание отдельных ионов, в мг/л, по характерным водосборам при расчетном стоке 95% обеспеченности.

Ингредиент	Характер водосбора	Озерное питание	Заболоченные водосборы	Карстовое питание	Другие реки		
					бассейн Финского залива	бассейн Рижского залива	бассейн Чудского оз.
$Ca$		34	73	88	86	65	70
$Mg$		8	13	16	12	14	17
$Na+K$		5,8	2,3	7,8	6,2	5,7	5,2
$HCO_3'$		136	285	325	290	249	292
$SO_4''$		11	5	23	25	18	10
$Cl'$		4,6	1,1	7,4	7,6	5,7	4,0
$NO_3'$		0,2	0,5	2,4	3,0	2,9	2,0
$NO_2'$		0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02
$\Sigma_i$ 95%		200	380	470	430	360	400

## Картограммы суммы ионов

На основании таблиц обеспеченности стока и соответствующих суммы ионов (табл. 3) составлены картограммы распределения суммы ионов рек на территории Эстонской ССР, соответствующие расчетному минимальному стоку  $M_{0.5\%}$  (фиг. 6-1), среднему стоку  $M_0$  (фиг. 6-2) и максимальному стоку  $M_{>3\%}$  (фиг. 6-3).

Представляемые картограммы несколько отличаются от аналогичных картограмм, составленных Х.А. Симм согласно методике ГГИ [I], [II] по признаку сезонности. Для инженерных расчетов картограммы, составленные по методике ГГИ, не пригодны, так как они количественно не привязаны гидрологическим характеристикам.

При составлении картограмм, то есть при построении изолиний нами не учитывались следующие посты:

- 1) р. Нарва - г. Нарва. Ввиду хорошо зарегулированного стока сумма ионов очень низка;
- 2) р. Пихайги - д. Пихайне. Суммы ионов завышены ввиду поступления в реку шахтных, а также сточных вод г. Кохтла-Ярве;
- 3) р. Мустайги - 1,1 км от устья. Маленький заболоченный водосбор, сумма ионов мала и не характерна данному району;
- 4) р. Лейвайги - д. Пауба. Сумма ионов значительно завышена и не характерна для района. Повышенная минерализация, очевидно, вызвана наличием вод источников.

Анализ составленных картограмм позволяет сделать ряд выводов.

I. Максимальная степень минерализации наблюдается в верховьях рек, берущих начало на Пандивереской возвышенности. Реки карстового питания имеют устойчивые высокие значения суммы ионов (400 ÷ 500 мг/л и более). Высокую минерализацию имеют также реки острова Сааремаа.

2. Относительно высокая степень минерализации во время меженного периода отмечается также на реках северо-запада и юго-востока Эстонии, в районе возвышенности Отепя. Высокая степень минерализации р. Вазалемма может быть частично обусловлена сбросом условно чистых сточных вод известнякового карьера Вазалемма.

3. Наименее минерализованы воды рек западного побережья, а также реки, берущие начало в болотах Алутагузе (северо-восточная часть Эстонии).

4. Низкая степень минерализации рек юго-востока республики ( $\Sigma i$  до 100 мг/л) в паводковый период может частично объясняться тем, что уровни сопоставления по расходу воды разные. Для хорошо зарегулированных рек юго-востока модуль стока 50 л/сек\*км<sup>2</sup> дает несколько более высокую обеспеченность стока, чем на западе Эстонии.

5. Максимальные соотношения от 3 до 5 между максимальной и минимальной суммой ионов ( $\Sigma i_{\text{макс.}} / \Sigma i_{\text{мин.}} = 3 \div 5$ ) наблюдаются в реках, где в водосборе меньше болот и больше полей и лесов. В этих водосборах концентрация ионов в меженный период не падает ниже 400 мг/л (при  $\Sigma i_{95\%}$ ). Меньшие соотношения сумм ионов ( $\Sigma i_{\text{макс.}} / \Sigma i_{\text{мин.}} \approx 1,5 \div 2,0$ ) отмечаются на заболоченных водосборах, а также на хорошо зарегулированных водотоках. При этом минимальная сумма ионов во время паводковых вод составляет не менее 200 мг/л (при  $M > 3\%$ ).

При получении дополнительной информации картограммы могут быть уточнены.

II. ПЕРМАНГАНАТНАЯ ОКИСЛЯЕМОСТЬ, ЦВЕТНОСТЬ И  
БИОХИМИЧЕСКАЯ ПОТРЕБНОСТЬ В КИСЛОРОДЕ  
(БПК)

Органические вещества, содержащиеся в воде рек, в значительной степени определяют степень и характер очистки воды, а также допустимую нагрузку реки сточными водами. Важными показателями, характеризующими содержание в воде органических веществ, являются БПК, окисляемость и цветность. Степень биохимической очистки сточных вод определяется во многом БПК водотока, куда стоки выпускаются.

В программе работ гидрохимических лабораторий Управлений гидрометеорологических служб отсутствовали до последнего времени анализы на БПК. Поэтому, как указывалось выше, нами был организован сбор проб, характеризующих санитарное состояние водоема, включая и БПК. Были также собраны и использованы материалы разных организаций (санитарно-эпидемиологические станции, Институт экспериментальной и клинической медицины АН ЭССР и др.), имеющих частичные данные о БПК водотоков, которые были получены выше канализационных выпусков и могли быть увязаны с гидрологическим режимом рек. Всего с 1948 по 1965 год собрано 246 проб по 106 створам, причем основная масса проб (227) взята ТГУ и ТПИ за период 1962-1965 г. (табл. 9). Данные санитарных анализов воды рек приведены в табл. 10. Как видно из таблиц, по всем створам имеются данные по БПК<sub>5</sub>, частично по БПК<sub>20</sub>. Приведен также показатель Базякиной БПК<sub>5/0</sub>перм\* (БПК<sub>5/0</sub>перм < 0,5 показывает, что водоем не загрязнен сточными водами). Хромотная окисляемость и колититр не входили в программу постоянных определений и по ним имеются лишь неполные данные. Взвешенные вещества, содержание которых в водоемах Эстонии незначительно (кроме р. Суур-Эмайги, где ввиду интенсивного речного транспорта и торфянистых грунтов взвешенных веществ определено до 50 мг/л и более), как правило, в таблицах не представлены.

## Перманганатная окисляемость и цветность

Обработка результатов определений перманганатной окисляемости (по 19 постам) проведена по данным, опубликованным в "Гидрологических ежегодниках" [10].

Анализ этих данных показывает, что повышенную окисляемость имеют реки, протекающие через болотистые районы (Мустйыги, Навести, Вяндра, Пярну, Суур-Эмайыги). В этих случаях наиболее часто повторяющиеся величины  $O_{\text{перм}}$  находятся в пределах  $14 \div 18$  мг/л. Предельные окисляемости в период с 1946 по 1963 г. достигают  $35 \div 40$  мг/л.

Наименьшую окисляемость имеют реки северной Эстонии, а также реки ее юго-восточной части (Пиуза, Ахья), протекающие через мощные слои четвертичных отложений. Наиболее часто повторяющиеся окисляемости не превышают  $6 \div 10$  мг/л, предельные наблюдаемые —  $20 \div 30$  мг/л. Исключением является р. Пирита, качество воды которой в значительной степени регулируется мелководным и проросшим водохранилищем Паункла с повышенной окисляемостью. Поскольку количество анализов по постам сильно колеблется (от 7 до 96 анализов), то приведенные в табл. II средние и экстремальные (наблюденные) окисляемости являются ориентировочными и по мере накопления информации должны быть проверены.

Нами была сделана попытка установить зависимость между окисляемостью и модулями стока (фиг. 7-I по 7-19). На графиках черными точками нанесены осенние анализы (сентябрь — ноябрь), крестиками зимние-подледовые анализы, кружками — анализы за летний период. Функциональную зависимость  $O_{\text{перм}}^{\text{ос}} = f(M)$  можно установить в осенний период, в остальное время года функциональная зависимость отсутствует и данные окисляемости подлежат обработке статистическими методами. Правда, предельные значения окисляемости наблюдаются, как правило, во время осеннего периода увядания растительности, что дает право брать, в первом приближении, расчетные окисляемости по зависимости  $O_{\text{перм}}^{\text{ос}} = f(M)$  при модуле стока задаваемой расчетной обеспеченности.



Данные анализов указывают на наличие связи между окисляемостью ( $y$ ) и цветностью ( $x$ ) воды. В табл. 12 представлены корреляционные связи  $y = f(x)$  для 13 рек. Как видно, за исключением р. Нарва, которая характеризует качество воды крупного Чудского озера, такая весьма тесная зависимость действительно существует. Коэффициенты корреляции колеблются в пределах от 0,708 (р. Мустйги) до 0,953 (р. Вяйке-Эмайги). На фиг. 8 корреляционные зависимости  $y = f(x)$  представлены графически. Здесь можно выделить две группы рек:

1) реки бассейнов Финского залива и Чудского озера (I) (за исключением заболоченных водосборов и рек озерного питания - рр. Нарва и Суур-Эмайги);

2) реки западной Эстонии, заболоченные водосборы и реки Марва и Суур-Эмайги (II). Эти группы достаточно хорошо характеризуются зависимостями:

$$y_I = 0,129 x + 2,1, \quad (16)$$

$$y_{II} = 0,094 x + 5,7. \quad (17)$$

Приведенные зависимости могут быть рекомендованы при расчетах. Удовлетворительной корреляционной связи между  $BPK_5$  и  $O_{перм}$  установить не удалось (фиг. 9-I по 9-10). Объясняется это, очевидно, тем, что жизнедеятельность бактерий, определяющих  $BPK$ , зависит от разных природных условий (температура, степень развития фауны и флоры и пр.), незначительно влияющих на перманганатную окисляемость.

Наши эксперименты, однако, показали, что повышенное содержание в воде гуминовых веществ (высокая окисляемость) оказывает тормозящее влияние на биохимические процессы окисления (стр. 29).

### Биохимическая потребность в кислороде (БПК)

Биохимическая потребность в кислороде является одним из основных показателей, определяющих состав и объем канализационных очистных сооружений, а также возможности использо-

вания поверхностных вод. В условиях Эстонской ССР определяющими источниками загрязнения являются сланце-химическая, пищевая и целлюлозно-бумажная промышленность, небольшие города и поселки. Их сточные воды достаточно хорошо характеризуются показателем БПК.

Санитарными правилами [13] регламентируется спуск сточных вод в водоемы питьевого и санитарного назначения по полной потребности в кислороде (БПК<sub>п</sub>), а для водоемов рыбохозяйственного значения по пятидневной потребности в кислороде (БПК<sub>5</sub>). Поскольку определение БПК<sub>п</sub> для более чем 100 створов превышало технические возможности лаборатории, основная характеристика рек Эстонии дается по пятидневному значению БПК<sub>5</sub>. Для перехода от БПК<sub>5</sub> к БПК<sub>п</sub>, а также для изучения кинетики процесса биохимического окисления были поставлены специальные опыты по основным створам в характерные периоды года. Результаты этих экспериментов представлены в табл. 13 и на фиг. 10.

Стандартная методика определения БПК не исключает возможные погрешности, значительно превышающие погрешности при определении химических ингредиентов, особенно в случае небольших значений БПК.

Случайная ошибка определения БПК зависит от ошибки определения растворенного в воде кислорода и может быть представлена для относительно чистых вод в виде

$$\delta_{\text{БПК}} = \frac{\delta_1 x_1 + \delta_2 x_2}{x_1 - x_2}, \quad (20)$$

где  $x_1$  и  $x_2$  - растворенный в воде кислород в начале и конце инкубации,

$\delta_1$  и  $\delta_2$  - случайные ошибки определения растворенного кислорода.

Зависимость  $\delta_{\text{БПК}} = f(\text{БПК})$  [12] для вод, не требующих предварительного разбавления, представлена на фиг. 11. При этом принималось, что погрешность титрования не превышала 0,05 мл, точность определения реактивов 0,01 мл и  $\Delta t^\circ = \pm 1^\circ \text{C}$ .

Как видно, случайная абсолютная ошибка одного определения близка к постоянной и может быть принята  $\pm 0,1$  мг/л.

Погрешность полученного значения БПК пробы зависит преимущественно от повторности определения. Произведенные нами расчеты показали, что ошибка в определении БПК тем больше, чем меньше время инкубации пробы и число повторных определений. Поскольку ошибка изменяется согласно экспоненциальной зависимости, можно ее принять при сроке инкубации в 2 дня и более, и не менее двукратной повторяемости постоянной и равной  $\pm 0,1$  мг/л. С учетом случайной ошибки суммарная ошибка может быть принята равной  $\pm 0,2$  мг/л. Если взята единичная проба, то ошибка может быть оценена в  $\pm 0,4$  мг/л.

При определении БПК в первый день инкубации и при повторяемости более двух раз ошибка может также доходить до  $\pm 0,4$  мг/л. При меньшей повторяемости ошибка возрастает. Поэтому необходимо в первые сутки, при изучении кинетики биохимического окисления, инкубировать пробы трехкратной повторяемостью.

При оценке представляемых ниже данных по БПК<sub>5</sub> следует учесть, что они определены с точностью до  $\pm 0,2 \div 0,4$  мг/л, в основном, до  $\pm 0,2$  мг/л.

На фиг. 10, где представлены кривые БПК = f(t), нанесены пределы возможных погрешностей их определения.

Связи между БПК<sub>5</sub> и прочими ингредиентами, характеризующими качество воды в реке, отсутствуют. Не удалось также установить прямой зависимости между БПК и стоком, за исключением периода половодья. Поэтому мы рассматривали БПК<sub>5</sub> незагрязненных сточными водами участков рек как случайные величины и построили для II постов, по которым имеются систематические наблюдения, кривые обеспеченности типа БПК<sub>5</sub> = f(P %) (фиг. 12). В табл. 14 и на фиг. 13 приведены БПК<sub>5</sub> 10%, 50% и 90% обеспеченности. Вопрос об определении расчетной обеспеченности зависит от многих дополнительных факторов и нуждается в дальнейшем изучении.

Большинство рек Эстонии характеризуются достаточно большими колебаниями значений БПК<sup>ж</sup>, причем значения БПК<sub>5</sub><sup>90%</sup> относительно низкие.

$$\text{Соотношения } \text{БПК}_5^{50\%}/\text{БПК}_5^{90\%} \approx \text{БПК}_5^{10\%}/\text{БПК}_5^{50\%} \approx 2.$$

Исключением являются реки Нарва, Мустйыги и Суур-Эмайыги. Зарегулированный сток р. Нарва регулирует также БПК, причем максимальные значения БПК<sub>5</sub> намного ниже среднего по республике (до 50%), минимальные значения, однако, несколько выше (до 30%) (табл. 14). Река Мустйыги (приток р. Паала) является типичной рекой болотного происхождения, вода которой содержит много гуминовых веществ. Значения БПК<sub>5</sub> высокие, однако достаточно постоянные БПК<sub>5</sub><sup>10%</sup>/БПК<sub>5</sub><sup>50%</sup> ≈ 1,5). Высокие значения БПК<sub>5</sub> имеет также р. Суур-Эмайыги, где ввиду интенсивного судоходства берега (местами торфяные) от действия волновых явлений интенсивно разрушаются, повышая степень загрязнения реки органическими веществами.

Во время прохождения паводка качество воды ухудшается. Пик прохождения волны загрязнения на день-два опережает пик половодья (фиг. 14). После прохождения паводка качество воды в реке по БПК улучшается и принимает значения, характерные предпаводковому периоду.

На фиг. 15 изображен график годового колебания среднего БПК<sub>5</sub> по представленным в табл. 10 рекам. При построении фиг. 15 не учитывались пробы, взятые во время прохождения пика волны загрязнения.

Годовой ход БПК<sub>5</sub> имеет два максимума - весенний и осенний, причем наименьшие значения БПК<sub>5</sub> имеют место во время зимней межени. Осенний максимум по БПК<sub>5</sub> наблюдается в сентябре - в первой половине октября, то есть во время увядания растительности. Необходимо отметить, что во время межени расчетных расходов (например, 95% обеспеченности), которые, как правило, наблюдаются в летние (июнь-август) и зимние (январь - март) месяцы, среднее БПК<sub>5</sub> весьма мало от-

<sup>ж</sup> Максимальные значения БПК<sub>5</sub>, соответствующие пику волны загрязнения, при статистической обработке данных по БПК<sub>5</sub> не учитывались.

личается от  $BPK_5^{50\%} = 1,6 \pm 0,2$  мг/л.

Учитывая вышесказанное, можно в первом приближении рекомендовать в качестве расчетных  $BPK_5$ : для рек с большим содержанием гуминовых веществ (болотное питание) - 2,5 мг/л, для прочих рек 2,0 мг/л. При расчетном расходе реки  $BPK_5$  имеют достаточно высокую ( $p = 98-99\%$ ) обеспеченность. Расчетные значения  $BPK_5$  2,0 ÷ 2,5 мг/л могут быть рекомендованы при проектировании очистных сооружений также и для рек других областей, сток которых формируется в близких условиях (например, реки северо-запада СССР). Согласно действующим санитарным правилам [13] показатель  $BPK_5$  является лимитирующим для рек рыбохозяйственного значения. Приведенное нормативное  $BPK_5 = 2,0$  мг/л, однако, не соответствует условиям Эстонской ССР (и северо-запада СССР в целом) и должно быть пересмотрено. Очевидно, целесообразно установить для указанных районов нормативное  $BPK_5 = 3,0$  мг/л.

Качество воды водоемов, используемых для водоснабжения и водного спорта, нормируется по  $BPK_n$  [13]. Известно, что для хозяйственно-бытовых сточных вод  $BPK_n / BPK_5 \approx 1,5$ . Нами были поставлены эксперименты в целях установления указанной связи для рек Эстонии. Ввиду ограниченного объема анализов, выполняемых в основном НИ лабораторией санитарной техники ТПИ и кафедрой гигиены ТГУ, оказалось возможным изучить кинетику процесса биохимического окисления рек Эстонии только частично. Поэтому представленные материалы позволяют сделать лишь ориентировочные выводы и нуждаются в дальнейшем уточнении.

Результаты исследований представлены на фиг. 10 и в табл. 15. По рр. Суур- и Вайке-Эмайги, а также р.Педели, по которым обработка материалов еще ведется в ТГУ (А.Саава), даны лишь характерные кривые. Кривые, представленные на фиг. 10 сплошными жирными линиями, характеризуют суммарный процесс потребления кислорода (включая нитрификацию) при инкубации проб воды согласно стандартной методике [11]. Пунктирной линией обозначено продолжение первофазного окис-

ления углеродистых соединений [7]. На графики нанесены также линии предельных ошибок. При интерпретации полученных данных сделано предположение, что  $BPK_{20} \approx BPK_n$ .

При санитарной оценке качества воды водоемов, а также при проектировании очистных сооружений по содержанию в воде органических веществ (по BPK) надо пользоваться кривыми первофазного окисления. При оценке же в водоеме кислородного режима необходимо пользоваться суммарными кривыми. В табл. 15 приведены полные относительные  $BPK_n$  как для первой фазы  $BPK_n/BPK_5$ , так и их суммарные значения  $BPK'_n/BPK_5$ . Как видно,  $BPK_n/BPK_5$  меняется в пределах  $1,1 \div 2,5$ , в среднем от 1,5 до 2 раз. При этом в реках юга Эстонии процесс окисления в первые пять дней протекает несколько быстрее среднего ( $BPK_n/BPK_5 \leq 1,5$ ). Накопленные данные не позволяют выявить какую-либо закономерность во внутригодовом разрезе. При расчетах можно, в первом приближении, определять: для рек юга Эстонии  $BPK_n \approx 1,5 BPK_5$ , для прочих рек Эстонии  $BPK_n \approx 2 BPK_5$ . При  $BPK_5 = 2,0 \div 2,5$  мг/л получаем  $BPK_n = 3,0 \div 5,0$  мг/л. Это значит, что согласно действующим нормативам по  $BPK_n$  не все реки Эстонии соответствуют санитарным требованиям, даже до впуска в них сточных вод. Очевидно, что реки с повышенным BPK после должной очистки могут быть использованы для питьевых целей, конечно, в случае экономической целесообразности. Нормы в этом направлении необходимо пересмотреть [13].

При определении кислородного режима водотока  $BPK'_n$  можно принимать: для рек юга Эстонии 2  $BPK_5$ , для рек с выраженным болотным питанием 3  $BPK_5$ , для остальных рек 2,5  $BPK_5$  (за исключением р. Ягала, где  $BPK'_n \approx 2 BPK_5$ ). Как видно из приведенных данных, в реках юга Эстонии процессы нитрификации протекают менее интенсивно, чем в большинстве заболоченных реках северной Эстонии.

Наиболее сложным является определение скорости процесса биохимического окисления ввиду отсутствия единой методики определения. Доказано, что окисление органического вещества

загрязнения протекает более интенсивно в начальный период процесса. В качестве примера на фиг. 16 приведена зависимость  $K_1 = f(t)^*$  для реки. При этом надо учесть, что окисление сточных вод в натуральных условиях перемешивания вод разного возраста происходит более интенсивно, чем в лабораторных условиях [2, 3, 7]. Иное положение возникает при изучении рек, питаемых за счет поверхностного и подземного притоков по их длине. В этом случае изменение органического вещества вдоль реки зависит, помимо скорости процессов биохимического окисления поступающих в реку веществ органического происхождения, также и от качества и количества воды, поступающей в реку по длине водотока. Происходит непрерывное перемешивание вод разного возраста, причем можно полагать, что скорость окисления на настоящем уровне исследованности может быть оценена средними значениями коэффициента скорости биохимического окисления  $K_1$ . Из табл. 15 видно, что  $K_1$  воды рек юга Эстонии несколько выше, чем в реках западной и северной Эстонии. В первом приближении  $K_1$  для рек северной и западной Эстонии может быть принято  $0,1 \div 0,2$ , для рек юга Эстонии  $0,2 \div 0,3$ . Учитывая, что  $K_1$  в натуре несколько больше, чем в лабораторных условиях инкубирования проб, можно принимать за расчетные величины  $K_1$  соответственно  $0,2$  и  $0,3$  1/сутки<sup>\*\*\*</sup>.

При поступлении в водоток сточных вод скорость биохимического окисления веществ загрязнения изменяется и зависит в первую очередь от вещества загрязнения, и лишь во вторую очередь от воды разбавления сточных вод, то есть речной воды, причем скорость биохимического окисления зависит от характеристики среды разбавления. Не вдаваясь в анализ причин, действующих на жизнедеятельность микробов, можно утверждать, что на кинетику процесса биохимического окисления действуют минеральный состав и общая минерализация вод, а также содержание в воде гуминовых веществ [4, 7]. Наши опы-

\*  $K_1$  определялся по методу кратных сроков инкубации [6].

\*\*\* В первые сутки инкубации пробы  $K_1$  до двух раз больше его среднего значения, то есть доходит до  $0,6 \div 0,7$  1/сутки.

ты со сточной водой целлюлозно-бумажной промышленности это подтверждают (табл. 16). Можно полагать, что процесс биохимического окисления веществ загрязнения в водоемах болотного происхождения несколько заторможен. Вопрос влияния характера вод разбавления на процессы окисления нуждается в систематическом изучении.

### III. КИСЛОРОДНЫЙ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ РЕК

При определении допустимой нагрузки водоема сточными водами одним из определяющих факторов является его кислородный режим. Инженерные расчеты [5, 6] требуют знания расчетного дефицита в кислороде воды на участках рек выше сброса сточных вод, то есть находящихся в естественном состоянии. При расчетах аэрации потока, а также биохимического окисления содержащихся в водоеме органических веществ требуется одновременно знание температуры воды.

За основу анализа приняты данные наблюдений, проведенных Управлением гидрометеорологической службы Эстонской ССР за 1948÷1962 годы [10].

В табл. 17 и 18 и на фиг. 18-1 по 18-12 представлены среднемесячные температуры, а также декадные максимальные и минимальные значения в летние месяцы (июнь - сентябрь) для 12 основных постов. За расчетный период принят отрезок времени от 15/VI по 15/IX, как маловодный период. Во время расчетного зимнего периода (февраль - март) температура воды практически равна 0° С (до паводка).

На фиг. 17-1 по 17-4 представлен годичный ход температуры воды, растворенного кислорода и дефицита насыщения кислородом для четырех основных постов (Кейла, Казари, Орексила, Тыллисте). В качестве расчетных величин растворенного кислорода и его дефицита приняты экстремальные декадные величины (соответственно минимальная и максимальная величина).



Анализ материалов показывает, что по концентрации растворенного в воде кислорода наиболее напряженное положение наблюдается в летние месяцы. Однако расчетная среднедекадная концентрация кислорода всегда больше нормативной (6 мг/л). Дефицит в кислороде колеблется между 2 ÷ 3 мг/л, то есть составляет около 20 ÷ 30% от насыщения при температуре 18 ÷ 20° С. Зимой дефицит в кислороде возрастает до 4 ÷ 6 мг/л, то есть до 30 ÷ 45%, однако ввиду низкой температуры воды (0° С), количество растворенного в воде кислорода не понижается ниже 8 ÷ 10 мг/л.

Необходимо, однако, отметить, что специальными исследованиями на реках Суур-и Вяйке-Эмайги, Выханду, Лейвайыги и др. установлены значительные (до ± 2 ÷ 3 мг/л) колебания в суточном цикле кислорода ввиду фотосинтетической деятельности высшей растительности [8, 14]. Вопрос о необходимости учета суточного хода кислорода при осуществлении инженерных расчетов, а также о расчетном дефиците в целом нуждается еще в дополнительном изучении.

Температура воды в годичном цикле изменяется равномерно с переходом через 0° С в марте и декабре месяцах. Среднемесячная температура летнего расчетного периода (I5/VI ÷ I5/IX) колеблется в пределах +16 ÷ 18° С за исключением рек Кунда, Ахья (д. Коорвере), Пирита (д. Паункюла), где средняя температура несколько ниже (14 ÷ 15° С). Максимальная декадная температура, которая при изучении кислородного баланса водоемов может быть принята за расчетную, составляет +20 ÷ 22° С (р. Ахья +17° С), а минимальная декадная +10 ÷ 12° С (р. Ахья + 8° С). Минимальная температура может охарактеризовать расчетные условия при прогнозировании процесса самоочищения водоемов. Если же полагать, что критический режим возникает в июле, то максимальная декадная температура может быть принята равной +15 ÷ 17° С.

## Л и т е р а т у р а

1. A. Kask. Minimaalse äravooju määramine ENSV territooriumil veevärgustuse ja kanalisatsiooni huvides (Минимальный сток 90, 95 и 97% обеспеченности с речных бассейнов Эстонской ССР). ТПИ, Tallinn 1963. (Рукопись).

2. A. Nejedly, J. Pelz. Teoretickoexperimentální výzkum vlivus podlého mísení na rychlost biochemické spotřeby kyslíku (Теоретически-экспериментальное изучение влияния продольного смешения на скорость биохимического потребления кислорода). Praha Podbaba 1964.

3. A. Nejedly An Explanation of the Difference Between the Rate of the BOD Progression under Laboratory and Stream Conditions. Third International Conference of Water Pollution Research. 1966.

4. J. Niemelä. Yleinen Viemäritaitos (Канализационные установки). Helsinki 1961.

5. А.М. Айтсам, Х.А. Вельнер, Л.Л. Пааль. О теоретических основах инженерного расчета смешения сточных вод в водоемах. Научные доклады по вопросам самоочищения водоемов и смешения сточных вод. Таллин, 1965.

6. Н.А. Базякина. Значение константы скорости потребления кислорода при определении биохимической потребности в кислороде сточной жидкости. Санитарная техника, 2, 1933.

7. Х.А. Вельнер, А.М. Айтсам, Л.Л. Пааль. О инженерных расчетах допустимых нагрузок загрязнения водотоков. Материалы I всесоюзного симпозиума по вопросам самоочищения водоемов и смешения сточных вод. Таллин 1965.

8. Х.А. Вельнер, А.Э. Саава. О некоторых особенностях санитарного состояния рек юга Эстонской ССР. Материалы У научной конференции Таллинского НИИЭМГ. Таллин 1964.

9. Вопросы гидрохимии. Сборник статей. Под ред. П.П. Воронкова. Ленинград 1963.

10. Гидрологические ежегодники за 1946-1963 г.
11. С.М. Драчев, А.С. Разумов, Б.А. Скопинцев, Н.М. Кабанов. Приемы санитарного изучения водоемов. Под ред. С.М. Драчева. Москва 1960.
12. Р.В. Платс. Случайные ошибки при определении БПК. Труды ТПИ, серия А, №247, 1967.
13. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. Москва 1961.
14. А.Э. Саава, Х.А. Вельнер. Суточный и сезонный ход загрязнения рек Педели и Вяйке-Эмайыги. Доклады республиканской конференции по использованию и охране водных ресурсов Эстонской ССР. Таллин 1965.
15. Х.А. Симм. Минеральный состав поверхностных вод Эстонии. Доклады республиканской конференции по использованию и охране водных ресурсов Эстонской ССР. Таллин 1965.
16. Х.А. Симм. О формировании химического состава поверхностных вод Эстонии. Тезисы докладов XIII научной конференции по изучению внутренних водоемов Прибалтики в Таллине. Тарту 1966.
17. Т.Ф. Эйпре и др. Обобщение результатов изучения наносов и твердого стока рек Эстонской ССР. Гидрометфонд, Таллин 1959. (Рукопись).
18. Т.Ф. Эйпре. Ресурсы поверхностных вод ЭССР и перспективы их использования. Доклады республиканской конференции по использованию и охране водных ресурсов Эстонской ССР. Таллин 1965.

# Hydrochemical Regime of Estonian Rivers with

## Regard of Flow Characteristics

### S u m m a r y

In connection with ever growing pollution of effluents with sewage the study of the methods of predicting the quality of the waters of reservoirs, the determining of their admissible loading with sewage have attained a special importance. This, however, requires knowledge of law-governed processes determining the ability of self-purification of effluents and of working out more accurate methods for calculating the processes of dilution, precipitation and oxidation of sewage in reservoirs. Some of the principal factors limiting the admissible loading of the water are hydrochemical characteristics of the sections of rivers unpolluted with sewage, the so-called characteristics of river background. Obviously the higher the background characteristics of the effluents are the less the admissible load with sewage can be taken in. The hydrochemical characteristics of rivers presented can also be used at projecting the system of a water-supply, of an irrigation etc.

An original statistical method of joint treatment of sewer and hydrochemical characteristics has been applied in the work. In all more than 1200 samples of water from 150 ranges of rivers of the Estonian S.S.R. have been used. The samples have been collected by the Office of Hydrometeorological Service of Estonian S.S.R., the Tallinn Polytechnic Institute, the Academy of Sciences of the Estonian S.S.R. etc.

As a result of the statistical treatment of these data a chart has been compiled to characterize the ionic flow of the rivers of the Estonian S.S.R. corresponding to the flow being provided 95%, 50% and 3%. It has been established that the maximum concentrations of the sums of ions at the minimum calculated flow amounts to 500-600 mg/l, the minimum value does not fall below 200 mg/l. The data have been presented of correlative dependencies between separate ions and the

sum of ions between permanganate oxidizability and biochemical oxygen demand (BOD), between oxidizability and colour etc.

Of the principal rivers of Estonia also the treated data have been presented which describe the oxygen and temperature characteristics of the rivers and also the statistical characteristics of the contents of organic substances according to BOD oxidizability in the water. Mean temperatures in the summer calculation period are within the limits of 16 to 18°C and % of saturation of the water with oxygen is 60-80% on the average (the year round). It has been established that BOD<sub>5</sub> can be admitted for the rivers with marsh feeding from 3,0 mg/l (10% being provided) to 2,2 mg/l (50% being provided). For the other rivers of Estonia it is 2,7 mg/l and 1,5 mg/l. The results received can approximately also be extended to other rivers flowing in analogous physical-geographical conditions beyond the boundaries of Estonian S.S.R. The curves of the biochemical oxygen demand BOD=f(t) have also been presented for 20 ranges and the coefficients calculated for transition from BOD to the complete value of the BOD: for the first phase - 1,5....2,5 and for the summary process from 2,0 to 3,0. While studying the oxygen characteristics it is necessary to admit the summary functions of oxidation which take into account the processes of nitrification and denitrification.

The work being published is the first volume in the series of works dedicated to the problems of predicting the qualities of the river waters. In the second volume being prepared for print the materials of pollution of reservoirs will be given an account of, but also of the methods of a simplified calculation of the qualities of the waters of reservoirs with the calculation of the processes of self-purification.

1. Сводная таблица химических анализов воды, взятых УГМС ЭССР в период 1946÷1963 гг.....	38
2. Анализы воды р. Кейла - г. Кейла по данным УГМС ЭССР .....	39-41
3. Обеспеченности модуля стока и соответствующие суммы ионов .....	42-44
4. Внутригодовая обеспеченность стока и соответствующая сумма ионов .....	45-46
5. Координаты кривой внутригодовой обеспеченности концентрации сумм ионов .....	47
6. Средние месячные и годовые концентрации сумм ионов, определенные различными методами .....	48
7. Корреляционные связи между отдельными ионами и суммой ионов. . . . .	49-52
8. Коэффициенты корреляции компонентов, имеющие слабую коррелятивную связь с суммой ионов .....	53
9. Сводная таблица санитарных анализов воды, отобранных разными организациями за 1948÷1965 гг.....	54
10. Санитарные анализы воды за 1948÷1965 гг.....	55-65
11. Средние и экстремальные значения перманганатной окисляемости речной воды. ....	66
12. Корреляционная связь между перманганатной окисляемостью и цветностью .....	67
13. Список рек, по которым имеются данные по определению зависимости БПК = f ( t ) .....	68
14. Обеспеченные значения БПК <sub>5</sub> .....	69
15. Показатели динамики биохимического окисления органических веществ .....	70-71
16. Влияние разных вод разбавления на процесс биохимического окисления сточных вод ЦБК .....	72
17. Средние декадные максимальные и минимальные температуры воды в летние месяцы за период 1948÷1962.	73-75
18. Средние, максимальные и минимальные месячные температуры воды в летние месяцы за период 1948÷1962.	76-77

## T a b l e s

	Page
1. Table of chemical analyses of water sampled by the Hydrometeorological Service of Estonia in the period of 1946-1963. ....	38
2. Analyses of water of the river Keila in the town of Keila. Test data of Hydrometeorological Service.....	39-41
3. Probability of flow model and the corresponding total sum of ions. ....	42-44
4. Yearly probabilities of line gauge and the corresponding total sum of ions. ....	45-46
5. Plane coordinates for yearly probability of ion concentration. ....	47
6. Monthly and yearly concentrations of total sum of ions, determined by various methods. ....	48
7. Correlative connections of the ions to the total sum of ions. ....	49-52
8. Coefficients of correlation for loose coupling components to total sum of ions. ....	53
9. Tables of sanitary analyses of water, sampled by several organizations in 1948-1965. ....	54
10. Sanitary analyses of water of the years 1948-1965...	55-65
11. Middle and extremal values of the permanganate oxidation of river water. ....	66
12. Correlative couplings of the permanganate oxidation to colour. ....	67
13. List of rivers having test data for dependence $BOD = f(t)$ . ....	68
14. Probable valurs of $BOD_5$ . ....	69
15. Indices of dynamic biochemical oxidation of organic substances. ....	70-71
16. Influence of various dilute waters on the biochemical oxidation process of sewage of the Cellulose and Paper Factory. ....	72
17. Decade avarage of maximum and minimum temperatures of water in summer months in the period of 1948-1962. .	73-75
18. Average, maximum and minimum monthly temperatures of water in summer 1948-1964.	76-77

## Т а б л и ц а I

Сводная таблица химических анализов воды,  
взятых УГМС ЗССР в период 1946 - 1963 гг.

Бассейн	Об- щее чис- ло пос- тов	Количество взятых проб воды													Всего						
		1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958		1959	1960	1961	1962	1963	
I. Финско- го залива	20	3	4	3	4	4	11	14	17	20	17	17	23	22	24	36	29	19	36	37	336
II. Рижско- го залива	14	4	9	6	10	13	14	14	15	15	15	12	18	18	17	19	18	14	33	31	281
III. Чудско- го озера	15	3	6	4	6	9	8	8	12	18	18	17	26	26	30	35	34	33	43	46	374
<b>Всего</b>	49	10	19	13	20	33	36	44	53	50	46	67	66	71	81	78	66	112	114	991	



Анализ воды р.Кейда - г. Кейда (по данным УГМС ЭССР)

№	Дата взятия пробы	Модуль стока (л/сек км <sup>2</sup> )	С о д е р ж а н и е и о н о в ( мг/л )											I6	I7	I8	I9	20	
			Сумма ионов	Ca	Mg	Na+K	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	t°	O <sub>2</sub> (мг/л)						% насыщ.
I	14/III-60	0,92	487,3	91,2	13,5	16,2	316,6	35,7	12,4	1,70	0,013	0,2	5,27	36	24,5	0,19	5,67	160	4,0
2	6/III-63	2,11	487,1	98,4	16,2	8,0	317,2	27,6	10,7	14,00	0,038	0,0	8,77	60	11,9	0,22	6,00	400	7,3
3	23/III-54	1,19	485,3	96,9	14,0	6,5	327,6	29,5	7,8	3,00	0,033	0,0	8,82	60	15,5	2,90	6,00	200	4,3
4	11/IV-63	2,41	480,9	95,4	15,4	5,0	320,2	26,2	10,5	8,20	0,040	0,0	9,38	64	20,1	0,08	6,03	220	6,8
5	18/X-63	6,19	452,6	88,8	11,9	11,0	295,9	27,8	12,3	5,00	0,003	8,6	10,67	90	7,0	0,16	5,42	630	9,9
6	23/X-60	2,08	445,2	90,2	10,9	9,2	288,6	31,9	12,3	2,00	0,059	4,3	11,18	86	11,0	0,08	5,40	520	8,3
7	14/III-58	1,59	444,7	89,6	12,0	6,8	302,0	21,7	10,1	2,50	0,034	0,0	8,99	61	10,8	0,46	5,48	280	6,0
8	22/X-59	1,35	425,9	74,7	15,9	13,0	280,6	27,2	12,8	1,70	0,009	6,2	10,61	85	6,7	0,16	5,05	180	5,4
9	14/XI-62	9,48	416,6	81,5	8,3	14,2	273,9	21,6	8,1	9,00	0,040	0,2	12,91	89	8,5	0,56	4,78	1240	13,8
10	7/VI-63	2,56	415,8	81,3	14,6	2,8	283,1	18,8	8,1	7,00	0,055	18,0	9,62	99	2,2	0,10	5,27	480	10,4
11	8/VII-62	3,91	412,9	84,8	6,6	12,8	271,4	25,3	8,8	3,20	0,044	16,1	8,53	85	7,9	0,65	4,80	580	9,3
12	19/VII-61	6,19	408,6	76,7	12,0	12,2	264,8	29,5	11,9	1,50	0,026	20,3	8,76	94	6,4	0,12	4,83	400	10,3
13	29/X-51	0,65	407,6	71,0	15,4	11,5	278,8	23,9	7,0	-	-	4,9	11,88	92	3,3	-	4,81	-	6,9
14	3/VIII-63	0,79	407,5	74,7	15,9	7,2	274,5	21,9	12,6	0,70	0,002	24,4	10,97	127	-	0,02	5,04	310	6,5
15	7/IX-60	3,43	403,9	81,9	10,5	7,2	261,1	31,6	9,1	2,50	0,027	13,4	9,48	89	10,7	0,14	4,96	560	6,5
16	10/III-56	2,10	403,8	84,8	9,0	5,2	269,6	24,4	6,8	4,00	0,036	0,0	8,60	59	12,0	0,24	4,98	460	7,3
17	28/VII-59	1,10	400,5	76,9	12,2	8,8	267,8	23,4	11,1	0,30	0,006	15,4	9,20	90	5,9	0,04	4,84	260	6,1
18	27/XI-58	3,17	397,5	81,2	10,2	5,5	269,6	20,2	7,8	3,00	0,011	19,1	9,74	102	2,8	0,20	4,90	400	8,2
19	8/VIII-58	2,27	395,7	76,6	11,7	8,3	267,8	19,9	9,4	2,00	0,018	16,9	9,84	93	5,3	0,08	4,78	360	5,3
20	25/XII-53	3,41	395,0	81,4	11,7	1,8	268,0	21,8	6,3	3,00	0,026	0,0	11,02	75	11,4	0,28	5,04	510	10,8
21	12/VII-60	2,66	391,7	72,5	13,4	9,2	266,7	25,2	10,2	2,50	0,020	20,6	8,52	92	4,5	0,23	4,73	280	4,8
22	28/XI-57	6,96	368,6	82,6	8,8	3,5	267,2	16,6	7,4	2,50	0,031	0,0	11,98	82	8,6	0,45	4,86	610	11,0
23	16/VII-55	1,49	366,4	71,9	14,8	4,8	265,4	20,7	6,8	2,00	0,038	22,5	8,60	96	3,3	0,10	4,82	220	5,7

Р = 665 км<sup>2</sup>

18. Р. Кейда - г. Кейда

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
24	29/IV-62	9,03	386,4	77,7	7,8	11,0	253,8	21,6	9,5	5,00	0,002	13,4	4,78	83	7,8	0,29	4,54	630	12,2
25	11/VII-59	2,92	385,4	77,1	10,9	5,5	261,1	20,3	8,5	2,00	0,033	13,9	7,19	77	6,5	0,31	4,77	500	9,2
26	18/III-52	2,80	382,0	76,6	11,4	4,8	255,0	22,2	7,0	-	-	0,2	9,07	62	12,6	-	4,76	-	7,0
27	17/X-58	2,54	361,5	75,4	10,3	7,8	253,8	27,3	8,4	3,50	0,026	7,0	9,19	75	6,7	0,16	4,62	380	10,7
28	18/XII-59	1,58	381,0	78,5	10,2	5,0	241,0	35,1	8,1	3,00	0,053	0,3	7,97	55	16,7	0,28	4,78	800	12,2
29	13/VII-57	2,74	380,8	76,1	12,2	2,8	261,7	18,1	6,7	3,20	0,018	19,5	8,84	94	5,8	0,04	4,80	360	6,2
30	21/III-53	3,82	375,9	76,3	10,9	5,8	252,6	23,9	7,4	0,60	0,013	0,0	8,40	57	14,8	0,68	4,67	560	10,5
31	4/III-55	3,94	373,7	76,3	9,5	5,0	254,4	20,2	5,2	3,00	0,096	0,0	11,37	78	17,6	0,74	4,63	770	10,5
32	8/VI-54	1,56	373,1	71,9	10,9	7,5	255,0	21,8	5,3	0,70	0,007	16,4	9,67	97	6,5	0,22	4,50	480	9,2
33	30/XI-61	12,0	370,6	74,9	9,5	7,0	239,8	27,7	8,6	3,00	0,071	0,8	12,50	97	6,9	0,40	4,54	560	15,0
34	22/II-62	8,06	365,8	77,5	6,9	6,5	240,3	21,4	8,2	5,00	0,032	0,0	12,57	86	8,5	0,24	4,45	390	11,0
35	4/VI-53	1,43	365,1	67,9	14,7	3,8	250,1	20,9	6,7	1,00	0,034	23,2	8,31	94	6,2	0,02	4,60	280	6,0
36	11/XI-58	2,68	364,0	77,1	9,2	2,5	241,0	23,9	7,8	2,50	0,021	0,0	11,20	76	9,2	0,35	4,63	790	11,6
37	25/VII-52	1,92	363,2	70,6	11,9	5,2	242,8	26,7	6,0	-	-	17,1	9,73	99	2,1	-	4,50	-	7,8
38	22/IX-55	1,08	362,9	66,9	15,8	3,0	241,6	26,8	8,0	0,80	0,011	13,7	9,62	91	6,6	0,03	4,64	190	4,4
39	27/X-53	4,69	361,7	73,8	10,7	2,5	246,5	21,2	5,6	1,40	0,027	8,0	9,85	82	7,0	0,16	4,57	910	15,0
40	2/IX-53	7,71	361,0	69,2	13,1	3,5	247,7	20,7	5,2	1,60	0,013	15,4	8,86	77	7,7	0,04	4,53	480	10,3
41	30/XI-56	7,63	358,2	73,4	8,2	6,5	240,4	20,5	6,4	2,75	0,008	0,0	11,52	79	10,0	0,38	4,35	680	11,8
42	16/VII-51	3,76	354,8	68,1	11,6	6,0	242,2	19,6	7,3	-	-	21,0	8,50	92	3,5	-	4,35	-	7,7
43	11/VII-50	1,92	354,5	65,3	13,4	5,5	247,1	16,0	7,2	-	-	19,0	11,47	120	0,0	-	4,36	-	5,8
44	8/1-51	4,90	350,8	72,0	10,2	2,3	242,8	16,7	6,8	-	-	0,0	10,56	72	1,9	-	4,43	-	7,9
45	20/VII-56	3,16	348,8	71,9	7,9	5,8	234,9	20,9	4,9	2,50	0,000	18,9	8,35	87	5,8	0,24	4,25	660	10,2
46	27/II-59	7,72	336,7	71,5	7,9	3,0	223,3	22,2	6,8	2,00	0,016	0,1	10,42	71	12,8	0,47	4,25	480	10,4
47	13/IX-56	8,07	331,0	69,8	8,0	1,8	231,2	16,0	1,9	2,30	0,004	10,6	8,76	78	5,6	0,46	4,16	1260	16,3
48	18/X-57	15,8	330,6	73,6	6,0	1,3	226,9	14,1	5,1	3,50	0,065	6,4	9,68	80	9,0	0,17	4,17	890	14,8
49	26/X-56	14,1	330,0	68,0	8,8	3,5	222,7	19,7	5,6	1,70	0,006	6,2	9,92	80	7,6	0,32	4,13	800	14,9
50	26/XI-52	7,92	327,9	68,9	8,4	2,5	223,3	18,2	6,6	-	-	0,4	11,96	83	6,3	0,16	4,14	650	14,6
51	28/III-60	13,4	321,3	69,3	7,5	2,8	201,3	28,5	9,4	2,50	0,003	1,4	12,18	87	9,9	0,16	4,09	970	13,4
52	6/III-61	11,9	320,2	70,6	8,8	2,3	203,2	25,9	8,4	4,00	0,029	3,0	12,36	91	8,2	0,06	4,09	660	10,6
53	12/1 X-57	12,6	320,0	67,6	6,1	1,5	221,4	14,5	4,3	1,60	0,023	13,5	8,70	82	5,9	0,32	4,06	940	17,8
54	22/II-57	9,63	318,3	66,7	7,5	3,5	213,5	18,3	5,3	3,50	0,010	0,0	11,90	81	4,2	0,42	3,97	550	9,2
55	27/X-54	18,4	316,2	68,1	4,5	6,5	212,3	16,1	5,7	3,00	0,014	7,0	9,85	80	10,0	0,28	3,79	1200	16,2
56	9/IV-63	13,3	306,6	62,7	6,7	1,0	206,2	17,3	6,5	3,20	0,005	11,7	9,06	82	5,7	0,07	3,93	720	15,5
57	21/IV-54	6,44	306,6	62,6	9,7	6,0	201,3	20,4	5,6	2,00	0,019	7,0	9,61	78	7,4	0,36	3,70	590	11,0
58	21/IV-62	19,6	300,0	62,3	5,1	9,0	192,8	18,6	7,2	6,00	0,020	7,0	10,55	86	8,5	0,09	3,53	760	17,7
59	30/X-50	12,4	297,6	61,1	8,4	2,5	202,5	17,3	5,8	-	-	1,4	11,96	85	7,5	-	3,74	-	16,5

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
60	14/IV-52	7,17	295,6	60,7	9,7	0,5	197,1	22,4	5,2	-	-	13,0	9,30	87	6,6	-	3,83	-	15,0
61	22/IV-61	14,9	294,7	62,9	7,5	2,0	188,5	21,9	7,9	4,00	-	6,8	10,78	88	5,8	0,12	3,77	69°	13,2
62	3/VI-54	8,25	290,4	60,2	5,8	5,3	197,1	16,9	3,6	1,50	0,035	16,5	7,59	76	8,8	0,40	3,51	162°	25,5
63	13/XI-54	23,8	285,1	59,5	6,0	4,8	191,6	15,6	5,1	2,50	0,014	1,0	11,32	79	7,9	0,29	3,48	109°	14,3
64	5/XI-55	8,84	284,5	66,2	3,3	2,5	173,3	3,05	4,7	4,00	0,042	2,5	11,57	85	12,8	0,24	3,58	95°	13,4
65	4/IV-50	10,4	277,3	54,8	8,4	3,0	197,1	10,0	4,0	-	-	12,8	9,57	88	6,3	-	3,43	-	13,9
66	15/IX-52	6,64	271,9	60,0	5,2	1,5	185,0	18,2	4,0	-	-	10,3	8,55	75	6,6	-	3,43	-	19,3
67	30/IV-58	22,4	270,9	58,1	6,1	1,5	187,0	11,9	4,4	1,40	0,150	5,7	10,43	83	8,1	0,48	3,43	85°	11,7
68	23/IV-63	21,3	269,6	56,3	6,6	3,2	177,5	15,6	5,6	4,80	0,032	7,5	10,44	86	8,1	0,14	3,36	72°	13,9
69	15/IV-57	14,4	268,0	56,0	5,8	3,8	185,0	11,8	4,6	3,00	0,011	1,7	11,03	79	6,8	0,38	3,30	71°	10,1
70	23/X-63	6,94	262,3	56,5	7,7	0,2	183,0	29,5	7,4	3,00	0,020	7,2	11,14	91	6,6	0,21	3,46	96°	23,7
71	27/IV-60	15,4	257,9	56,1	6,7	0,2	162,3	26,1	5,0	1,50	0,002	5,8	11,18	89	6,1	0,16	3,36	76°	13,5
72	11/IV-59	30,7	241,4	49,9	6,2	2,8	160,5	16,5	4,7	0,80	0,004	4,7	10,47	81	5,1	0,42	2	80°	12,4
73	21/XI-51	7,64	239,0	52,2	5,0	2,3	149,5	24,2	5,8	-	-	0,2	11,70	80	5,4	-	3,02	-	13,7
74	9/IV-55	87,6	235,0	51,7	3,3	3,8	153,8	15,6	3,3	3,50	0,025	7,9	11,00	92	7,2	0,11	2,86	106°	13,5
75	2/IV-59	25,9	229,0	48,3	5,5	2,2	153,7	13,3	4,5	1,50	0,005	2,8	11,59	86	5,5	0,28	2,88	84°	11,6
76	12/IV-63	13,8	227,1	44,7	7,2	3,8	141,5	18,3	7,0	4,50	0,061	0,0	12,06	82	6,8	0,02	2,82	30°	8,2
77	23/IV-52	22,6	221,1	46,5	4,6	4,2	139,1	22,6	4,1	-	-	6,5	10,08	81	7,2	-	2,70	-	13,6
78	6/IV-62	52,0	213,3	44,1	2,0	9,0	134,5	14,3	5,0	3,50	0,017	0,0	12,17	83	5,3	0,12	2,37	47°	8,4
79	10/IV-50	30,5	210,4	41,9	6,9	1,5	147,0	9,3	3,8	-	-	5,8	10,62	84	6,2	-	2,66	-	10,7
80	25/IV-58	42,2	202,1	43,7	4,5	1,0	138,5	9,6	3,0	1,70	0,130	3,6	10,94	82	6,3	0,44	2,57	68°	10,4
81	7/IV-56	49,2	190,2	39,7	3,9	3,5	123,8	14,3	2,0	3,00	0,006	10,2	8,86	78	7,2	0,10	2,31	107°	13,4
82	4/IV-53	54,6	173,6	38,4	2,0	3,3	114,7	11,7	2,7	0,70	0,071	4,4	11,60	89	5,8	0,44	2,10	70°	12,0
83	9/IV-62	80,4	173,6	37,3	3,0	3,2	108,0	13,2	3,9	5,00	0,026	2,7	11,84	87	4,0	0,19	2,12	67°	11,3
84	26/IV-56	64,2	161,8	33,3	2,9	4,2	97,6	14,6	3,2	5,00	0,970	0,6	10,54	73	10,4	0,08	1,90	50°	8,2
85	15/IV-60	44,5	155,0	31,1	3,9	4,0	89,7	20,0	3,3	3,00	0,000	0,9	11,60	81	3,7	0,88	1,92	43°	10,6
86	16/IV-63	48,6	153,8	32,5	3,3	2,5	96,8	11,2	4,1	1,40	0,004	2,6	11,54	85	2,9	0,06	1,89	49°	10,1
87	18/IV-51	79,1	140,8	30,6	3,8	0,0	95,8	8,6	2,0	-	-	4,1	10,84	83	4,8	-	1,84	-	13,1
88	8/IV-57	75,0	128,8	26,8	2,7	2,3	97,8	6,2	2,3	0,70	0,016	0,4	11,48	79	4,8	0,51	1,59	77°	9,4
89	12/IV-51	98,0	120,0	23,5	3,8	2,0	79,3	8,1	3,3	-	-	0,2	11,40	78	1,5	-	1,48	-	11,6

Таблица обеспеченности модуля стока и соответствующие суммы ионов

№ поста	Река - пост.	Величина модуля стока в зависимости от обеспеченности [л/сек. км <sup>2</sup> ]					Сумма ионов в зависимости от обеспеченности [мг/л]		Количество анализов
		M <sub>1-3%</sub>	M <sub>0</sub>	M <sub>95%</sub>	Σ i <sub>1-3%</sub>	Σ i <sub>0</sub>	Σ i <sub>95%</sub>		
<b>I. Бассейн Финского залива</b>									
1.	р. Нарва-г. Нарва	20,0	7,21	3,14	150	180	200	95	
2.	р. Лихайги-д. Лухайне	50,0	10,6	1,51	420	600	720	4	
3.	р. Оямаа-д. Оямаа	50,0	~7,8	0,21	100	150	260	4	
4.	р. Кохтла-д. Эреда	50,0	~10	нб	100	160	260	3	
5.	р. Кунда-д. Сяни	50,0	11,5	2,95	170	310	440	33	
6.	р. Сельгейги-д. Арна	50,0	7,80	1,55	290	400	490	12	
7.	р. Валгейги-д. Ванакюла	50,0	8,51	1,99	170	330	440	5	
8.	Источник Имасту	-	-	-	< 400	400	> 400	4	
9.	Источник Коннавере	-	-	-	< 430	430	> 430	4	
10.	р. Пудисоо-д. Пудисоо	50,0	~8,0	1,19	140	170	200	4	
11.	р. Ягала-ст. Кехра	50,0	8,74	1,57	120	260	400	28	
12.	Источник Кихме	-	-	-	< 450	450	> 450	2	
13.	Источник Янеда	-	-	-	< 440	440	> 440	2	
14.	р. Пирита-д. Паункюла	50,0	8,23	1,01	90	230	400	17	
15.	р. Пирита-д. Нехату	50,0	10,1	0,87	210	270	310	6	
16.	р. Лейвайги-д. Паюба	50,0	9,82	0,78	250	350	460	4	
17.	р. Тьдва-д. Хюйру	50,0	8,57	0,91	220	310	400	4	
18.	р. Кейла-г. Кейла	50,0	9,48	0,99	180	310	470	89	
19.	р. Вазалемма-х. Урба	50,0	9,82	0,78	200	360	520	12	
20.	р. Вихтерпалу-д. Вихтерпалу	50,0	9,21	0,54	190	250	330	4	

Таблица обеспеченности модуля стока и соответствующие суммы ионов

№ поста	Река - пост	Величина модуля стока в зависимости от обеспеченности [л/сек. км <sup>2</sup> ]		Сумма ионов в зависимости от обеспеченности стока [мг/л]		Количество анализов	
		М 4-3%	М 95%	$\Sigma i_{1-3\%}$	$\Sigma i_{95\%}$		
П. Бассейн Рижского залива							
1.	р. Казари-д. Казари	50,0	9,32	0,68	170	310	94
2.	р. Витала-д. Коновере	50,0	10,4	1,24	200	280	11
3.	р. Пярну-х. Кюкита	80,0	14,2	6,29	380	430	6
4.	р. Пярну-д. Орекла	50,0	9,55	0,99	140	240	99
5.	р. Пранди-д. Тори	50,0	~ 9,5	1,88	320	400	5
6.	р. Вандра-д. Кийза	50,0	9,88	0,01	170	210	8
7.	р. Навести-д. Аэсоо	50,0	9,88	0,81	140	270	24
8.	р. Халлисте-д. Рийза	50,0	9,06	0,96	140	260	12
9.	р. Раудна-д. Солгути	50,0	~ 8,2	1,17	280	320	7
10.	р. Кыпу -д. Римму	50,0	8,98	1,15	160	270	5
11.	р. Рейу-д. Сурью	50,0	9,80	0,29	140	210	5
12.	р. Сауга-д. Эльби	50,0	9,68	0,16	130	190	1
13.	р. Луналеа-д. Метскыла	50,0	7,75	0,22	300	360	2
14.	р. Лыве-д. Ууэ-Лыве	50,0	7,28	0,89	360	490	2

Таблица обеспеченности модуля стока и соответствующие суммы ионов

№ по-ста	Река - пост	Величина модуля стока в зависимости от обеспеченности, [л/сек. км <sup>2</sup> ]		Сумма ионов в зависимости от обеспеченности стока, [мг/л]		Количество анализов		
		M <sub>1-3%</sub>	M <sub>95%</sub>	$\sum i_{1-3\%}$	$\sum i_{95\%}$			
Ш. Бассейн Чудского озера								
1.	р. Луза-ст. Петсери	50,0	7,90	3,48	80	250	360	27
2.	р. Луза-д. Корела	50,0	~ 7,9	~ 3,5	~ 80	~ 250	~ 360	4
3.	р. Ваханду-д. Химисте	50,0	8,35	2,80	130	230	280	5
4.	р. Суур-Эмайги-х. Квис-сенталя	50,0	7,49	2,49	110	270	350	98
5.	р. Педья-д. Тярве	50,0	8,27	0,79	200	270	330	6
6.	р. Лаала-г. Пылгсамаа	50,0	10,3	2,86	150	360	460	43
7.	р. Мустыйги-1, 1 км. Выше устья	50,0	6,92	0,96	80	240	400	71
8.	р. Эльва-г. Эльва	50,0	8,44	2,28	120	310	440	6
9.	р. Ахья-д. Коорвере	50,0	8,39	3,46	110	280	360	39
10.	руч. Пийгасте оя-д. Пийгасте	50,0	6,71	1,26	100	260	440	4
11.	р. Вяйке-Эмайги-д. Тылдисте	50,0	8,25	1,61	130	290	390	34
12.	р. Ыхне-д. Тярва	50,0	7,74	2,11	120	280	370	2
13.	р. Авийги-х. Мульги	50,0	8,40	1,32	130	240	400	19
14.	р. Пунгерья-д. Роостоя	50,0	8,50	0,52	100	250	440	4
15.	р. Мустыйги-д. Коннувере	50,0	7,80	1,90	100	250	430	1с

Внутригодовая обеспеченность слона и соответствующая  
сумма иснов

Обес- печен- ность Р %	I-IV р. Пирита-д. Паун- кля за годы 1942, 1943, 1945- 1959		I-18 р. Кейла - Г. Кейла за годы 1924-1943, 1946-1960		I-19 р. Вазелемма- -х. Урба. годы 1931-1960		II-4 р. Пярну-д. Оре- кля за годы 1922-1960		III-II р. Вийте-Эма- йги-д. Тыл- листе за го- ды 1922-1943 1946-1960	
	M [1/сек.км²]	Σ; [мг/л]	M	Σ; [мг/л]	M	Σ; [мг/л]	M	Σ; [мг/л]	M	Σ; [мг/л]
0,01	130	30	165	70	220	30	200	50	200	50
0,05	110	35	135	95	155	70	175	55	145	60
0,1	100	40	115	105	125	90	155	65	120	70
0,5	70	65	80	140	80	145	100	95	75	105
1,0	56	85	60	165	60	175	80	105	60	125
2,0	44	100	50	180	49	200	67	115	45	150
3,0	36	115	42	195	42	220	56	130	37	170
5,0	28	135	34	210	33	245	43	135	28	195
10,0	19	165	25	235	24	275	28	175	18	230
20,0	11	205	15	270	16	315	16	210	10	280
25,0	9,2	225	12	290	13	335	14	220	8,5	290
50,0	4,5	280	5,0	355	4,6	410	5,7	280	4,4	335
75,0	2,4	325	2,3	410	1,8	465	2,7	325	2,5	365
80,0	2,2	330	2,0	420	1,4	475	2,2	340	2,2	370
90,0	1,5	360	1,2	455	0,90	500	1,4	370	1,8	380
95,0	1,1	385	1,0	465	0,68	515	1,1	385	1,5	390

Продолжение таблицы 4

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
97,0	1,0	395	0,82	480	0,54	525	0,88	400	1,4	395
98,0	0,92	400	0,72	490	0,49	530	0,80	405	1,3	395
99,0	0,81	410	0,60	500	0,40	540	0,65	420	1,2	400
99,5	0,77	415	0,50	515	0,37	545	0,60	425	1,1	405
99,9	0,69	425	0,35	535	0,31	555	0,50	435	0,90	415
99,95	0,67	425	0,31	545	0,28	560	0,48	440	0,85	415
99,99	0,60	435	0,25	555	0,20	565	0,45	445	0,78	420



Таблица 5

Координаты кривой внутригодовой обеспеченности  
концентрации сумм ионов

P (%)	$\Sigma_i$ (мг/л)				
	I-14	I-18	I-19	II-4	III-11
	р.Пирита - д.Паункюла	р.Кейла - г.Кейла	р.Вазалем- ма - х.Урба	р.Орону - д.Орскюла	р.В.Эма- йги д.Тылли- сте
0,01	30	70	35	45	50
0,1	45	100	90	65	65
1,0	85	160	170	100	125
5,0	135	210	240	140	190
10,0	165	235	275	170	230
25,0	215	285	340	225	290
50,0	270	350	410	280	330
75,0	320	410	465	325	360
90,0	360	450	500	370	380
95,0	380	470	510	385	390
99,0	410	500	540	420	405
99,9	425	530	555	435	415
99,99	430	550	565	445	420

Средние месячные и годовые концентрации сумм ионов, определенные различными методами

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средний за год
Ш-1 р. Пиуза - ст. Нетсери, F = 624 км <sup>2</sup> 1960 г.												
M	4,0	3,6	3,8	35	7,0	4,4	II	5,0	5,8	5,6	IO	9,1
I Σ	345	360	350	110	265	330	210	325	290	295	220	213
II Σ	347	362	355	200	273	328	237	313	302	300	242	287
III Σ	342	360	353	77	264	328	205	312	282	280	213	199
То же, 1961 г.												
M	5,9	7,1	9,1	8,9	7,3	4,7	5,2	5,2	4,3	4,1	4,6	5,9
I Σ	290	265	233	238	262	323	308	308	334	342	324	286
II Σ	291	267	237	245	268	320	308	308	334	345	326	298
III Σ	286	260	235	232	256	319	304	306	331	344	324	282
Ш-6 р. Паала - г. Пыльтсамаа, F = 1000 км <sup>2</sup> 1956 г.												
M	7,7	3,9	3,8	15	34	8,0	7,4	8,0	9,5	II	14	II
I Σ	383	435	438	317	215	378	385	379	363	348	362	323
II Σ	382	439	439	357	234	378	384	379	365	350	368	367
III Σ	380	436	438	218	175	376	383	374	353	345	357	297

M - модуль стока [л/сек. км<sup>2</sup>]

I Σ - средняя концентрация сумм ионов по среднему модулю стока [мг/л]

II Σ - средняя концентрация сумм ионов по ежедневным концентрациям [мг/л]

III Σ - средняя концентрация сумм ионов по ионному стоку [мг/л]

Т а б л и ц а 7-1

Корреляционная связь между ионами  $\text{Ca}^{++}(\text{y})$   
и суммой ионов  $(\text{x})$  [мг/л.]

№ створа	Река-пост	r	$y = f(x)$	$\pm \delta y^x$
I-I	р.Нарва-г.Нарва	0,898	$0,16x + 2,2$	1,3
I-II	р.Ягала-ст.Кехра	0,995	$0,19x + 4,7$	2,0
I-14	р.Пирита-д.Паункма	0,992	$0,20x + 5,3$	2,1
I-18	р.Кейла-г.Кейла	0,979	$0,18x + 6,7$	2,3
II-I	р.Казари-д.Казари	0,968	$0,18x + 0,2$	4,2
II-4	р.Пярну-д.Орекума	0,987	$0,16x + 4,3$	2,6
II-7	р.Навести-д.Аэсоо	0,994	$0,16x + 2,8$	2,0
III-4	р.С-Эмайги-х.Квиссен- таль	0,947	$0,16x + 5,4$	3,2
III-6	р.Паала-г.Пыльтсамаа	0,984	$0,18x + 4,6$	3,1
III-7	р.Мустйги-I, I км выше устья	0,994	$0,19x + 2,0$	2,3
III-9	р.Ахья-д.Коервере	0,992	$0,17x + 3,0$	1,8
III-II	р.В-Эмайги-д.Тыллисте	0,966	$0,17x + 3,6$	3,2

П р и м е ч а н и е: r - коэффициент корреляции,  
 $\pm \delta y^x$  - среднее абсолютное квадратичное  
отклонение [мг/л].

Корреляционная связь между ионами  $Mg^{++}$  (y)  
и суммой ионов (x) [мг/л]

№ створа	Река-пост	r	$y = f(x)$	$\pm \delta_y^x$
I-I	р. Нарва-г. Нарва	0,514	$0,043x - 0,4$	1,2
I-II	р. Ягала-ст. Кехра	0,892	$0,026x - 1,0$	1,3
I-14	р. Пирита-д. Паункюла	0,893	$0,028x - 2,4$	1,1
I-18	р. Кейла-г. Кейла	0,846	$0,035x - 2,7$	1,4
II-I	р. Казари-д. Казари	0,797	$0,038x + 0,25$	3,6
II-4	р. Пярну-д. Орекюла	0,952	$0,047x - 1,3$	1,5
II-7	р. Навести-д. Аэсоо	0,974	$0,050x - 1,1$	1,3
III-4	р. С-Эмайыги-х. Квиссен- таль	0,853	$0,043x - 1,0$	1,5
III-6	р. Паала-г. Пыльтсамаа	0,967	$0,044x - 3,0$	1,1
III-7	р. Мустйыги-1,1 км выше устья	0,932	$0,034x - 0,01$	1,4
III-9	р. Ахья-д. Коорвере	0,958	$0,043x - 1,2$	1,1
III-II	р. В-Эмайыги-д. Тыллисте	0,858	$0,050x - 2,5$	2,1

П р и м е ч а н и е: r - коэффициент корреляции,

$\pm \delta_y^x$  - среднее абсолютное квадратичное отклонение [мг/л].

Т а б л и ц а 7-3

Корреляционная связь между ионами  $Cl'(y)$   
и суммой ионов (x) [мг/л]

№ створа	Река-пост	r	$y = f(x)$	$\pm \delta_y^x$
I-I	р. Нарва-г. Нарва	0,615	$0,035x - 2,4$	0,7
I-II	р. Ягала-ст. Кехра	0,908	$0,015x - 0,7$	0,7
I-14	р. Пирита-д. Паунюла	0,794	$0,011x - 0,8$	0,7
I-18	р. Кейла-г. Кейла	0,808	$0,025x - 1,8$	1,6
II-I	р. Казари-д. Казари	0,723	$0,016x + 0,1$	1,4
II-4	р. Пярну-д. Орекула	0,772	$0,015x + 0,1$	1,2
II-7	р. Навести-д. Аэсоо	0,757	$0,021x - 1,5$	2,1
III-4	р. С.-Эмайги-х. Квиссен- таль	0,632	$0,019x - 1,5$	1,3
III-6	р. Паала-г. Пыльтсамаа	0,558	$0,015x - 0,3$	2,1
III-7	р. Мустйги-1,1 км выше устья	0,150	$0,001x + 0,8$	0,7
III-9	р. Ахья-д. Коорвере	0,719	$0,010x - 0,3$	0,8
III-II	р. В.-Эмайги-д. Тыллисте	0,589	$0,014x - 1,1$	1,3

П р и м е ч а н и е: r - коэффициент корреляции,  
 $\pm \delta_y^x$  - среднее абсолютное квадратичное  
отклонение [мг/л].

Таблица 7-4

Корреляционная связь между ионами  $\text{HCO}_3'$  (y)  
и суммой ионов (x) [мг/л]

№ створа	Река - пост	r	y=f(x)	$\pm \delta_y^x$
I-I	р.Нарва-г.Нарва	0,979	0,67x + 2,6	2,3
I-II	р.Ягала-ст.Кехра	0,996	0,69x - 4,4	6,0
I-I4	р.Пирита-д.Паункюла	0,998	0,73x - 7,8	4,0
I-18	р.Кейла-г.Кейла	0,994	0,68x - 3,2	6,5
II-I	р.Казари-д.Казари	0,994	0,69x - 4,2	7,0
II-4	р.Пярну-д.Ореюла	0,957	0,70x - 5,9	2I
II-7	р.Навести-д.Аэсоо	0,996	0,72x - 6,4	7,1
III-4	р.С-Эмайги-х.Квиссен- таль	0,972	0,68x - 3,3	9,6
III-6	р.Паала-г.Пыльтсамаа	0,997	0,72x - 9,4	5,1
III-7	р.Мустйги-I, I км выше устья	0,999	0,78x - 10,4	3,3
III-9	р.Ахья-д.Коорвере	0,999	0,76x - 8,3	2,9
III-II	р.В-Эмайги-д.Тыллите	0,997	0,75x - 8,7	4,0

П р и м е ч а н и е: r - коэффициент корреляции,  
 $\pm \delta_y^x$  - среднее абсолютное квадратичное  
отклонение [мг/л].

Т а б л и ц а 8

Коэффициенты корреляции компонентов,  
имеющие слабую коррелятивную связь с суммой ионов

№ створа	Река - пост	r			
		Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>'</sup>
I-I	р. Нарва-г. Нарва	-	0,332	0,000	0,22I
I-II	р. Ягала-ст. Кехра	0,703	0,665	0,490	0,088
I-14	р. Пирита-д. Паункюла	0,609	0,397	-	-
I-18	р. Кейла-г. Кейла	0,628	0,692	0,037	-0,297
II-I	р. Казари-д. Казари	0,479	0,629	0,419	-0,00I
II-4	р. Пярну-д. Ореюла	0,619	0,612	0,108	0,182
II-7	р. Навести-д. Аэсоо	0,607	0,596	-0,073	-0,103
III-4	р. С-Эмайги-х. Квиссенталь	0,353	0,438	0,151	0,126
III-6	р. Паала-г. Лыльтсамаа	0,471	0,636	0,120	-0,103
III-7	р. Мустыги - I, I км выше устья	0,550	-0,165	-0,421	0,028
III-9	р. Ахья-д. Коорвере	0,588	0,014	0,353	0,070
III-II	р. В-Эмайги-д. Тыллисте	0,257	0,122	-	-

Т а б л и ц а 9

Сводная таблица санитарных анализов воды  
отобранных разными организациями за 1948 - 1965 гг.

Бассейн	Общее количество проб	Количество взятых проб									Всего
		1948	1949	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	
I Финский залив	40	-	-	-	-	4	20	45	16	14	99
II Рижский залив	29	-	-	2	3	2	5	22	-	7	41
III Чудское озеро	37	3	3	1	1	1	18	61	11	8	106
Всего		3	3	2	4	7	43	128	27	29	246



## Санитарные анализы воды за 1948 - 1965 гг.

№ створа	Река	Створ	Реом-стопыние [км]	Дата вода	t° рН	ВН <sub>3</sub>	ВН <sub>2</sub>	ВН <sub>20</sub>	ХД <sub>0</sub>	ХД <sub>0</sub> β = 0 перм	ВН <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Взвеш. веще-ства	М Fe/оксид [км <sup>3</sup> ]	Код ли-тир	Испол-ни-тель		
																		1	2
I. Бассейн Финского залива																			
21.	Нарва	д.Васкярна	76	31.07.63	20,0	8,2	1,7	-	13,6	-	0,12	следы	-	-	-	-	6,7	-	ЛПИ
	"	"	76	29.10.65	7,5	1,2	1,2	-	7,1	22,8	0,17	0,28	0,017	0,8	-	-	6,6	-	"
22.	Нарва	выше р.Мустыги	43	01.08.63	23,0	8,0	1,4	-	13,0	-	0,11	-	-	-	-	-	6,6	1,0	"
	"	"	43	20.03.64	0,1	7,9	1,5	2,8	8,5	29,1	0,18	0,06	0,002	0,8	-	-	4,3	-	"
	"	"	43	27.04.64	4,6	7,6	2,1	3,8	10,8	23,3	0,19	0,26	0,006	0,6	-	-	5,2	-	"
	"	"	43	05.06.64	14,4	7,9	1,2	-	8,8	17,4	0,14	0,25	-	0,4	9,0	0,8	6,0	-	"
	"	"	43	23.07.64	19,7	7,8	1,6	3,6	6,4	25,8	0,25	0,22	-	0,6	16,4	0,7	3,9	-	"
	"	"	43	18.09.64	12,7	8,1	1,2	-	9,9	25,8	0,21	0,06	-	0,8	5,0	0,8	3,3	-	"
	"	"	43	13.01.65	0,1	7,6	1,6	3,0	9,0	17,3	0,18	0,08	-	0,4	1,2	-	3,3	-	"
	"	"	43	25.05.65	10,5	7,9	1,6	2,9	7,9	26,8	0,20	0,19	-	-	7,0	-	4,5	22	"
23.	Мустыги (приток реки Нарва)	0,5 км выше устья	0,5	01.08.63	25,0	7,7	3,1	-	12,0	-	0,25	следы	-	-	-	-	0,1	1,0	"
24.	приток реки Пихайги	ниже пос.Козе	1,5	08.08.62	13,0	7,7	>4,0	-	15,1	-	>0,26	0,30	<0,001	-	-	-	0,3	1,6	"
25.	Пурто	мост д.Овалу	24	29.10.65	7,8	-	1,5	-	22,4	-	0,07	0,54	0,119	2,0	-	-	1,9	-	"
26.	Пурто	200 м выше устья Хирмузе	15	06.05.64	7,8	7,5	3,6	-	24,4	-	0,15	0,98	0,045	3,0	-	-	8,2	-	"
27.	Пурто	600 м выше ж/д моста	12	06.05.64	7,8	7,5	3,2	-	24,0	-	0,13	1,14	0,065	2,1	-	-	8,2	-	"
28.	Эра	150 м выше канала сточ.вод комб.Кивилли	8	07.08.62	14,7	7,8	>4,0	-	26,0	-	>0,15	0,35	<0,001	-	-	-	1,0	1,4	"
5.	Кунда	г/п Сямя	22	30.07.63	18,0	8,2	2,0	-	10,6	-	0,19	<0,10	0,006	-	-	-	-	4,2	"
29.	Кунда	выше г.Кунда	4	30.07.63	18,0	8,0	1,4	-	13,6	-	0,10	0,10	<0,010	-	-	-	-	4,2	"

Продолжение таблицы 10

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
30.	Лообу	выле д.Ундна	42	06.03.64	0	7,8	1,5	-	2,4	-	0,61	-	0,028	5,8	-	-	2,8	-	ТПИ
31.	Валтейги	шоосе Тапа-Рагвере	49	23.06.63	15,0	7,5	3,5	-	5,4	-	0,64	0,20	<0,001	-	-	<0,05	2,8	-	-
7.	Валтейги	г/п Ванакла	16	15.10.65	4,7	-	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	-	-
9.	Источник Кон-навере	пруд Источника	0,1	21.10.65	6,7	-	0,4	-	1,3	4,7	0,31	0	0	1,5	-	-	-	-	-
11.	Ягела	выле пос. Кехра	28	15.03.61	18,0	8,0	2,4	-	13,2	-	0,60	0,20	-	-	-	-	2,9	-	РСЭС
		"	28	30.07.62	17,4	7,2	1,4	-	4,7	-	0,29	0,15	<0,001	-	-	-	0,8	5,0	ТПИ
		"	28	31.07.62	16,3	7,3	1,9	-	15,0	-	0,13	0,20	<0,001	-	-	-	0,5	4,7	1,0
		"	28	23.02.63	0,1	-	1,0	-	8,1	-	0,12	-	-	-	-	-	2,7	-	-
		"	28	27.03.63	0	-	2,3	-	9,8	-	0,23	-	-	-	-	-	1,8	-	-
		"	28	08.04.63	0	-	0,6	-	12,5	-	0,05	-	-	-	-	-	1,8	-	-
		"	28	14.04.63	0,2	-	3,1	-	24,4	-	0,13	-	-	-	-	-	29	-	-
		"	28	17.04.63	1,0	-	2,9	-	20,8	-	0,14	-	-	-	-	-	34	-	-
		"	28	18.04.63	1,5	-	2,1	-	18,0	-	0,12	-	-	-	-	-	35	-	-
		"	28	23.04.63	8,0	-	1,4	-	20,4	-	0,07	-	-	-	-	-	17	-	-
		"	28	28.04.63	8,0	-	0,9	-	19,6	-	0,05	-	-	-	-	-	13	-	-
		"	28	04.05.63	8,0	-	0,6	-	19,2	-	0,08	-	-	-	-	-	17	-	-
		"	28	16.05.63	14,8	-	1,8	-	16,0	-	0,11	-	-	-	-	-	8,3	-	-
		"	28	05.07.63	19,5	8,2	0,6	-	12,8	-	0,05	-	0,006	1,0	-	-	2,2	0,01	-
		"	28	04.09.63	18,0	-	0,7	-	16,5	-	0,04	0,10	0,100	-	-	-	1,7	-	-
		"	28	02.10.63	9,2	-	1,9	2,5	9,1	-	0,21	-	-	-	-	-	1,6	-	-
		"	28	06.10.65	4,6	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,6	-	-
32.	Амбла	выле пос. Амбла	23	31.07.62	11,6	7,2	2,0	-	9,0	-	0,22	0,10	<0,001	-	-	-	0,05	3,2	-
33.	Амбла	мост. Х.Кууселени	2	30.07.62	12,4	7,2	1,1	-	6,9	-	0,16	0,10	<0,001	-	-	-	0,05	2,5	-
34.	Янгийги	устье	0,5	30.07.62	12,9	7,2	1,0	-	4,9	-	0,20	0,10	0,001	-	-	-	0,05	2,5	-

I	- 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
35.	Соодла	выше моста д. Соодла	0,5	30.07.62	14,2	7,9	1,6	-	15,4	-	0,10	0,10	0,001	-	-	0,3	2,5	-	ТШИ
		"	0,5	04.04.63	0,1	-	0,4	-	9,6	-	0,04	-	-	-	-	-	1,8	-	"
		"	0,5	18.04.63	5,0	-	1,9	-	16,8	-	0,11	-	-	-	-	-	2,5	-	"
		"	0,5	16.05.63	15,8	-	1,5	-	11,1	-	0,13	-	-	-	-	-	8,0	-	"
36.	Пирита	1 км выше моста д. Арду	81	08.04.63	0,2	-	1,0	-	19,2	-	0,05	-	-	-	-	-	1,1	-	"
14.	Пирита	г/п Паукигла	75	08.04.63	3,5	-	2,8	-	22,0	-	0,13	-	-	-	-	-	1,1	-	"
		"	75	18.09.63	13,2	-	1,4	2,8	13,5	-	0,10	0,04	-	-	-	-	1,7	-	"
		"	75	09.10.63	7,0	-	1,6	-	13,4	31,5	0,12	0,08	0,028	-	-	-	2,0	-	"
		"	75	24.10.63	6,0	-	1,1	-	18,1	37,5	0,06	0,30	0,007	-	-	-	2,8	-	"
		"	75	31.10.63	3,7	-	2,3	4,3	12,5	32,7	0,18	-	0,008	-	-	-	2,4	-	"
37.	Пирита	выше совх. Равила	68	23.02.62	0,1	-	0,6	-	10,2	-	0,05	-	-	-	-	-	15	-	"
		"	68	03.04.63	0,2	-	2,3	-	22,4	-	0,10	-	-	-	-	-	1,1	-	"
38.	Пирита	мост д. Васьягла	23	08.04.63	0,1	-	1,9	-	12,6	-	0,15	-	-	-	-	-	2,8	-	"
39.	Пирита	мост д. Лагеди	15	13.06.62	14,0	7,8	0,7	-	12,3	-	0,06	0,10	<0,001	-	-	<0,05	4,0	-	ТШИИМЭТ
15.	Пирита	ниже г/п Нехаху (мост на Ленинградском шоссе)	10	08.04.63	0,1	-	1,0	-	12,0	-	0,08	-	-	-	-	-	2,8	-	ТШИ
		"	10	17.04.63	3,0	-	2,1	-	18,3	-	0,11	-	-	-	-	-	38	-	"
		"	10	18.04.63	4,5	-	2,1	-	13,2	-	0,16	-	-	-	-	-	80	-	"
		"	10	28.04.63	8,0	-	0,5	-	17,4	-	0,08	-	-	-	-	-	9,6	-	"
		"	10	04.05.63	8,2	-	0,9	-	17,5	-	0,05	-	-	-	-	-	16	-	"
		"	10	16.05.63	18,0	-	1,1	-	13,5	-	0,08	-	-	-	-	-	6,0	-	"
40.	руч. Хийзвески	при впадении в во- дохранлище	0,1	08.04.63	0,2	-	2,8	-	11,3	-	0,25	-	-	-	-	-	1,9	-	"
41.	Кушайыги	устье	0,1	08.04.63	5,5	-	4,9	-	15,5	-	0,31	-	-	-	-	-	1,9	-	"
42.	Лейзайыги	на 15 км	15	01.09.64	12,5	8,2	1,0	-	11,9	31,0	0,08	0,29	0,007	1,6	-	-	0,9	-	"
		"	15	15.09.64	11,0	8,0	2,1	-	10,1	28,1	0,21	0,29	0,017	1,5	-	-	0,9	-	"

Продолжение таблицы 10

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Лейвайги	на 15 км	15	06.07.65	13,7	-	1,0	11,8	29,8	0,04	-	-	-	-	-	-	1,8	-	ТПИ
		"	15	10.07.65	15,3	-	1,2	11,0	32,0	0,04	-	-	-	-	-	-	2,1	-	"
		"	15	11.07.65	11,0	-	1,1	13,1	36,6	0,08	-	-	-	-	-	-	2,7	-	"
		"	15	09.10.65	7,6	7,9	1,4	3,0	18,1	37,5	0,08	1,08	0,040	4,2	-	-	1,2	-	"
43.	Лейвайги	на 9 км	9	15.09.64	10,5	7,8	1,4	-	14,9	40,6	0,09	0,55	0,032	1,5	-	-	1,4	-	"
		"	9	11.07.65	13,7	-	1,3	22,9	50,2	0,02	-	-	-	-	-	-	3,3	-	"
44.	Лейвайги	мост д.Арукмла	5	04.09.64	9,6	7,8	-	39,9	84,2	-	0,59	0,005	0,80	-	-	-	1,4	-	"
		"	5	11.07.65	15,3	-	1,3	21,1	48,2	0,02	-	-	-	-	-	-	4,0	-	"
45.	Тыдва	мост на Вильяндиском шоссе	50	15.10.65	5,5	-	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-	"
46.	Тыдва	выше пос. Саку	43	20.07.62	14,6	7,7	1,2	15,6	-	0,08	0,50	<0,001	-	-	-	0,5	6,9	-	"
		"	43	08.04.63	0	-	1,0	5,3	21,6	-	0,05	-	-	-	-	-	1,6	-	"
		"	43	16.04.63	3,5	-	2,0	20,4	-	0,10	-	-	-	-	-	-	31	-	"
		"	43	02.08.63	-	7,8	1,6	8,0	-	0,20	0,10	0,060	-	-	-	-	1,0	0,01	"
		"	43	26.12.63	0	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	-	"
		"	43	11.02.64	0	-	1,3	7,0	-	0,18	0,98	0,032	3,00	-	-	1,5	1,4	-	"
47.	Тыдва	д.Вяйна-Цости	15	20.07.62	18,5	7,6	1,4	15,2	-	0,09	0,75	0,070	-	-	-	1,0	6,9	-	"
48.	Тыдва	д.Вяйна-Цезуу	2	20.07.62	18,7	7,4	1,6	15,4	-	0,10	0,40	0,007	-	-	-	1,0	-	-	"
		"	2	08.04.63	0	-	1,3	17,1	-	0,08	-	-	-	-	-	-	1,7	-	"
49.	Кейла	источник	99	21.09.62	-	7,6	1,7	-	-	0,05	0,20	-	-	-	-	27	-	-	РСРС
50.	Кейла	д.Инглице	88	21.09.62	-	7,8	1,4	-	-	0,04	0,20	-	-	-	-	27	-	-	"
51.	Кейла	выше д.Пурила	70	08.09.62	-	8,0	2,2	13,9	-	0,16	0,40	-	-	-	-	17	-	-	"
52.	Кейла	выше пос.Кохила	59	30.05.61	-	7,6	2,7	13,4	-	0,21	-	-	-	-	-	3,0	-	-	"
		"	59	17.08.61	16,0	8,1	0,9	11,5	-	0,08	0,20	-	-	-	-	3,0	-	-	"
		"	59	17.08.61	16,0	8,1	1,9	12,5	-	0,15	0,20	-	-	-	-	3,0	-	-	"
		"	59	02.07.62	-	8,0	2,0	9,6	-	0,22	-	-	-	-	-	-	3,6	-	"
		"	59	07.08.62	16,1	8,1	0,6	6,3	-	0,09	0,20	0,015	5,0	-	-	0,2	3,2	0,1	ТШО

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Кейла	выше пос. Кохила		59	04.02.64	0	7,6	0,7	-	10,9	-	0,06	0,50	0,025	5,5	-	1,5	2,6	-	ТМО
	"		59	17.08.64	-	7,4	1,8	-	4,7	-	0,38	0,05	0,009	6,0	-	-	1,3	-	"
18. Кейла	выше г/п Кейла		18	08.08.62	16,1	8,0	1,1	-	9,8	-	0,12	-	0,040	3,2	-	0,6	3,9	-	"
	"		18	25.09.63	12,0	-	3,1	-	8,0	-	0,39	-	0,006	-	-	-	1,1	-	"
	"		18	16.10.63	6,0	-	1,9	3,3	11,6	29,9	0,16	0,27	0,007	-	-	-	11	-	"
	"		18	17.08.64	-	7,3	1,9	-	5,5	-	0,35	0,22	0,080	7,0	-	-	1,3	-	"
	"		18	06.10.65	5,5	-	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	-	ТПИ
58. Вазалема	мост на шоссе Кейла		20	27.07.62	15,4	7,1	1,5	-	15,1	-	0,10	0,45	0,020	-	-	0,4	2,8	-	"
	"Надле																		
<b>II. Басейн Рижского залива</b>																			
15. Казари	ниже моста д.Сипа		54	08.07.63	18,2	8,0	<2	-	16,7	-	<0,12	0,10	0	0,5	-	-	1,3	-	ТПИ
1. Казари	г/п Казари		12	09.07.63	19,0	7,7	1,1	-	-	-	-	0,10	0	0,1	-	-	0,8	-	"
	"		12	06.10.65	8,4	-	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	-	"
16. Вигала	выше пос. Рапла		72	08.07.63	14,5	8,2	<2	-	28,8	-	<0,07	-	следн	0,1	-	-	0,9	-	"
17. Парну	выше д.Роосна-Ал-лику		136	30.11.60	-	8,2	1,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	РСФС
	"		136	17.11.61	-	8,0	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	-	"
18. Парну	мост д.Вихтра		54	06.10.65	8,1	-	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,6	-	ТПИ
19. Парну	ниже устья Навести		39	17.07.68	-	-	1,7	-	-	-	-	-	0,05	<0,01	-	-	4,3	-	"
	"		39	17.07.63	19,6	7,9	0,6	-	13,6	-	0,54	-	-	-	-	-	1,8	-	"
20. Парну	выше г.Синди		20	март 1959	0	7,0	0,9	-	19,9	-	0,04	0	-	-	-	0,8	28	4,3	Вост. Нидл Э и КМ АМН СССР
	"		20	июль 1959	18,0	7,4	0,9	-	18,6	-	0,05	0,07	-	-	-	0	2,6	0,43	"
	"		20	сентябрь 1960	9,0	7,5	3,2	-	14,1	-	0,23	0,15	-	-	-	0,4	5,5	-	"

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Цяру	выше г.Синди	20	06.10.65	8,9	-	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,9	-	ТПИ
21.	Дно-Пухьяна	мост д.Пухьяна	8	07.08.62	11,0	7,5	1,5	-	14,0	-	0,01	0,20	0,02	0,7	-	0,8	1,3	-	Эст.-НМ Э и КМ АН СССР
22.	Вайзу-Анику- па	мост д.Аникуле	4	07.08.62	11,0	7,5	1,2	-	9,1	-	0,13	0,20	0,02	0,7	-	1,0	4,6	-	"
23.	Кяру	устье	0,5	16.07.63	21,3	7,4	1,8	-	20,2	-	0,09	-	-	-	-	-	0,7	-	ТПИ
6.	Вандра	г/п Кийза	6	16.07.63	20,0	7,5	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	"
24.	Массу	мост д.Кюогисте	25	22.07.65	21,3	-	0,9	2,4	9,6	-	0,09	0,27	0,04	0,8	-	-	1,8	-	"
25.	Массу	мост д.Элмаа	16	22.07.65	21,0	-	0,4	2,7	15,1	-	0,08	0,61	0,10	1,8	-	-	1,7	-	"
26.	Массу	выше кирпичного завода	7	22.07.65	20,0	-	0,6	2,5	19,8	-	0,03	0,76	0,10	1,6	-	-	1,5	-	"
7.	Навези	ниже г/п Аасоо (выше устья Халди- сте)	14	17.07.63	22,0	-	1,8	-	20,0	-	0,09	-	-	<0,001	-	-	1,3	-	"
27.	Навези	устье	0,5	17.07.63	22,0	8,0	1,2	-	5,7	-	0,21	0	0,10	-	-	-	1,3	-	"
28.	Халисте	"	0,5	06.10.65	9,0	-	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,6	-	"
29.	Халисте	мост д.Лэогле	67	09.08.63	18,6	7,4	0,7	-	3,7	-	0,19	0	0,004	0,80	-	0,3	2,1	0,07	"
30.	Халисте	мост д.Саапьяма	58	09.08.63	22,5	7,4	1,0	-	5,7	-	0,18	0	0,010	0,70	-	0,3	2,3	0,1	ТУУ
31.	Руч., Уузески	устье	0,5	17.07.63	23,0	7,9	3,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-	ТПИ
32.	Руч., Валуоя	г.Вьялянди на мос- ту шоссе Тарту ма- антээ	0,1	29.08.62	14,0	7,8	2,3	-	25,0	-	0,09	0,80	0,020	-	-	0,7	5,8	0,4	"
33.	Раутна	выше д.Ямеяла	2,0	14.03.61	-	7,4	1,0	-	5,0	-	0,20	-	0,002	-	-	-	7,5	-	СЭС Вьялянди
34.	Раутна	мост д.Хеймтали	48	09.08.63	21,0	7,3	1,3	-	6,6	-	0,20	0	0,003	0	-	0,3	1,2	0,02	ТПИ
35.	Раулу	"	48	12.08.63	19,4	7,4	1,4	-	6,5	-	0,22	0,15	0,004	0,80	-	0,2	1,3	0,04	"
36.	Раулу	мост на шоссе Сууре- Яани-Няпу	41	09.08.63	20,5	7,4	2,1	-	5,6	-	0,34	0	0,006	0,60	-	0,1	1,2	0,05	"
37.	Раулу	устье	0,5	28.07.60	23,6	-	-	-	28,8	-	-	-	-	-	-	-	3,0	-	ИЗБ АН

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Рейд	устье	0,5	05.07.62	17,5	-	-	-	20,0	-	-	-	-	0,20	-	2,5	-	ИЗБ АН	
		"..	0,5	05.07.62	17,1	7,9	-	-	19,5	-	-	-	-	0,20	-	2,5	-	"..	
		"..	0,5	18.07.63	19,8	8,0	1,3	-	26,4	-	0,05	0,20	-	-	-	0,8	-	ТПИ	
		"..	0,5	18.07.63	21,0	7,7	1,9	-	25,2	-	0,07	0,10	0,006	-	-	2,5	1,0	"..	
36.	Кярла	устье	0,5	12.07.63	-	-	1,1	1,6	8,6	-	0,13	-	-	0,10	-	1,0	1,0	"..	
37.	Насва	выше моста	1,5	12.07.63	18,0	-	2,0	3,0	-	-	-	-	-	0,10	-	1,0	1,0	"..	
13.	Пуналеа	г/п Мелкыла	2,5	11.07.63	16,5	-	1,8	2,8	8,0	-	0,22	0,1	-	0,50	-	1,0	1,3	"..	
38.	Лейзи	у моста	2	11.07.63	17,5	-	2,6	3,9	8,9	-	0,29	-	-	0,10	-	1,5	0,9	"..	
14.	Юуз-Лаве	г/п Юуз-Лаве	4,3	12.07.63	11,6	-	1,2	1,7	6,4	-	0,19	-	0	0,1	-	1,0	2,2	0,1	"..
<b>III. Бассейн Чудского озера</b>																			
16.	Плуза	выше пос.Вастоелиина	74	06.08.63	19,5	7,5	1,0	-	3,7	-	0,28	0,08	0,014	0	-	0,5	1,8	0,04	ТПИ
1.	Плуза	выше г/п Петсери	28	06.08.63	16,5	7,4	1,0	-	4,2	-	0,24	0,20	0,010	0,8	-	1,4	3,0	0,06	"..
17.	Плуза	выше д.Городище	8	06.08.63	18,7	7,5	1,8	-	2,4	-	0,75	0	0,008	0,7	-	0,7	3,9	-	"..
18.	Кан.Выханду	мост у льнозавода г.Вьру	89	03.08.62	17,9	-	1,7	-	9,8	-	0,18	0	0	0	-	-	8,8	-	ТТУ
		"..	89	02.03.63	0	-	1,5	-	7,1	-	0,21	0	-	-	-	-	12	-	"..
		"..	89	08.07.63	20,4	7,4	0,7	-	3,9	-	0,18	0	0,004	0,6	-	0,1	2,9	-	"..
		"..	89	06.08.63	23,0	7,4	1,5	2,8	5,1	-	0,29	0,8	0	0,2	-	0,5	3,1	-	"..
		"..	89	27.03.64	1,0	-	0,9	1,0	4,4	-	0,20	-	0,003	1,2	-	-	3,6	-	"..
3.	Выханду	г/п Химнисте	54	02.08.62	18,0	-	1,9	-	10,5	-	0,18	0,01	0	0	-	-	11	-	"..
		"..	54	03.03.63	0	7,5	1,0	-	6,5	-	0,15	0	-	-	-	-	5,2	-	"..
		"..	54	08.07.63	19,6	7,3	1,7	-	3,8	-	0,45	0	0,004	0,7	-	0,4	3,3	-	"..
		"..	54	05.08.63	22,7	7,5	0,9	-	5,0	-	0,18	0	0	0	-	-	2,1	-	"..
19.	Выханду	1 км выше пос.Ряппине	13	02.08.62	17,2	-	1,4	-	15,8	-	0,09	0	0	0	-	-	9,7	-	"..

## Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Быховду																		
		I км. выше пос. Ря- пина	13	08.03.63	0	7,4	1,0	-	5,0	-	0,20	0,40	-	-	-	-	-	-	ТТУ
		"	13	16.03.63	0	7,2	1,2	3	5,2	-	0,21	0	0	0	-	1,0	3,6	0,08	"
		"	13	18.06.63	19,4	7,4	2,4	2,7	5,9	-	0,39	0	0,001	0,1	-	-	3,8	-	"
		"	13	08.07.63	20,4	7,3	1,4	-	3,4	-	0,41	0	0,001	0,7	-	0,6	3,2	0,2	"
		"	13	05.08.63	24,4	7,4	1,9	3,1	3,4	-	0,56	0,05	0	0,2	-	0,7	2,8	0,0001	"
		г/п Рану-Инесу	100	18.08.62	15,0	8,8	1,7	-	11,4	-	0,15	0	0	0	-	0,057	9	-	"
20.	С-Эмайги																		
21.	С-Эмайги	I км ниже устья р. Педья	98	18.08.62	15,0	8,1	1,6	-	16,2	-	0,10	0	0	0	-	0,07	12	-	"
22.	С-Эмайги	павильон "Гранн"	52	08.06.62	13,0	-	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	"
4.	С-Эмайги	выше г/п Квиссен- хель	48	15.04.48	5,4	7,4	2,3	-	12,7	-	0,18	0,30	следи сле-	-	-	8,8	2,5	-	"
		"	48	10.06.48	21,2	7,4	3,5	-	12,7	-	0,27	0,35	0	0	-	3,6	2,5	-	"
		"	48	04.05.48	14,4	-	2,3	-	14,1	-	0,16	0,30	0	0	-	5,2	2,5	-	"
		"	48	01.04.49	1,0	-	2,2	-	12,2	-	0,18	0,35	следи сле-	-	-	10	2,5	-	"
		"	48	25.07.49	20,0	-	2,1	-	12,7	-	0,17	0,20	0	0	-	6,7	2,5	-	"
		"	48	08.08.49	19,4	-	3,3	-	13,0	-	0,25	0,40	следи 0	-	-	7,0	5,0	-	"
		"	48	24.08.62	15,0	-	1,9	-	14,0	-	0,14	0,04	0	0	следи сле-	13	-	-	"
		"	48	10.08.63	0	7,2	0,9	-	9,8	-	0,09	0,15	0,25	следи	-	0,5	6,2	-	"
		"	48	14.04.63	3,0	7,2	3,7	-	7,7	-	0,49	0,08	0,077	2,5	-	0,4	13	0,1	"
		"	48	03.08.63	17,0	7,4	1,7	-	9,6	-	0,19	0,01	0,004	1,3	-	3,2	8,0	-	"
		"	48	15.07.63	20,3	7,4	2,0	-	9,7	-	0,26	-	0,021	0,6	-	0,5	4,2	-	"
		"	48	04.09.63	19,5	7,3	0,8	2,7	16,2	-	0,05	-	0	1,6	-	5,8	-	-	"
		"	48	01.10.65	-	-	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"
23.	Педья	устье	0,5	18.08.62	14,5	7,9	1,5	-	22,8	-	0,07	следи 0	0	0	-	0,1	7,2	-	"
		"	0,5	18.08.62	14,0	7,8	0,6	-	21,0	-	0,08	следи 0	0	0	-	0,1	7,2	-	"
24.	Паала	выше д. Пянуурме	62	12.07.63	17,0	7,4	2,3	-	5,2	-	0,44	0	0,012	3,0	-	0,7	4,7	-	"



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
25.	Паала	ниже руч.Рийва	53	12.07.63	18,0	7,4	2,6	-	5,9	-	0,44	0	0,011	2,9	-	0,7	4,7	-	11,1
6.	Паала	выше г/п Пыльсамаа	41	29.06.62	14,0	-	-	-	8,3	-	-	следн	0	-	-	-	14	-	-
		"	41	12.07.63	17,3	7,4	2,7	-	4,8	-	0,56	0	0,010	2,3	-	0,9	4,7	-	-
7.	Мустйяги	гидроствор	1,1	30.08.63	13,7	-	0,4	-	20,7	-	0,02	-	-	-	-	1,5	12	-	-
		"	1,1	21.10.65	5,5	-	1,7	-	20,0	41,7	0,04	1,56	0,025	5,2	-	-	2,2	-	-
26.	руч.Лингусааре	Лингусааре	0,5	11.07.63	17,4	7,8	2,3	5,3	20,3	-	0,11	0,60	0,009	2,3	-	1,7	0,3	-	-
		"	0,5	20.09.63	10,0	4,4	2,8	-	32,1	-	0,09	-	-	-	-	1,4	11	-	-
		"	0,5	21.10.63	7,0	4,3	-	-	22,5	-	-	0,80	-	-	-	0,6	38	-	-
		"	0,5	20.11.63	3,4	4,3	0,6	-	36,1	-	0,02	0,80	-	-	-	1,4	36	-	-
		"	0,5	22.12.63	0	4,0	1,9	-	31,2	-	0,06	-	-	-	-	-	1,9	-	-
		"	0,5	21.01.64	0	-	2,3	-	32,0	-	0,07	-	-	-	-	-	1,5	-	-
		"	0,5	08.09.64	0	-	-	-	40,9	-	-	-	-	-	-	-	1,9	-	-
		"	0,5	10.04.64	1,2	-	1,7	-	20,6	-	0,08	0,60	-	-	-	-	2,4	-	-
27.	Кавильда	мост на шоссе Тарту																	
		-Вильянди	8,0	12.07.63	18,2	7,4	2,3	-	4,2	-	0,55	0	0,010	1,5	-	0,5	2,3	-	-
28.	Кавильда	устье	0,5	13.06.63	16,5	7,8	5,3	-	11,2	-	0,47	0	0,026	2,4	-	2,0	2,2	-	-
8.	Эльва	выше г/п Эльва	31	29.07.63	19,0	7,5	-	-	1,7	-	-	0,05	0,013	1,3	-	-	2,9	-	-
29.	Эльва	выше пос.Ундла	3	29.07.63	20,0	7,5	1,6	-	5,5	-	0,29	0	0,004	0,9	-	-	2,9	-	-
30.	Ильматседу	устье	0,5	13.06.63	18,5	7,4	5,8	-	15,7	-	0,37	0	0,027	1,7	-	1,0	2,2	-	-
31.	Давва	устье	0,5	24.08.62	14,5	-	2,0	-	19,7	-	0,10	0,05	0	0	-	слабые	8,8	-	-
		"	0,5	13.06.63	19,8	7,4	-	-	15,8	-	-	0	0,025	2,4	-	-	2,1	-	-
		"	0,5	11.07.63	20,5	7,4	-	-	9,4	-	0	0	0,004	1,5	-	0,1	0,4	-	-
32.	Амме	устье	0,5	24.08.60	15,0	-	1,9	-	12,5	-	0,15	0,035	0	0	-	следн	0,9	-	-
		"	0,5	13.06.63	19,5	-	1,3	-	14,3	-	0,09	0	0,023	1,4	-	0,6	1,5	-	-
33.	Ахья	д.Тавэвскода	54	01.08.62	14,2	-	3,2	-	10,5	-	0,50	0,01	0	0	-	-	6,6	-	-
		"	54	26.07.63	18,0	-	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,7	-	-
		"	54	11.08.63	18,0	-	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,7	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
34.	Ора	выше пос. Пальва	8,0	01.08.62	15,3	-	3,1	8,9	11,1	-	0,28	0,01	-	следи	-	0,1	6,6	-	11V
35.	В.-Эмайги	верховье реки у ос.Пихярэ	80	24.06.63	16,8	7,3	4,1	-	5,9	-	0,09	0	0,002	1,0	-	0,3	0,8	0,05	-
		"	80	08.08.63	21,3	7,3	2,3	-	7,6	-	0,30	0	0	0,7	-	0,2	0,8	-	-
36.	В.-Эмайги	выше д.Сангасте	66	24.06.63	16,0	7,3	2,2	-	9,9	-	0,22	0	0,016	1,5	-	0,6	0,8	-	-
		"	66	07.08.63	20,8	-	0,8	-	5,9	-	0,14	0	0,016	0,7	-	-	0,5	-	-
37.	В.-Эмайги	выше пос.-Цыргулин-на	44	24.06.63	17,0	7,4	1,4	-	3,4	-	0,41	0	0,008	1,9	-	2,0	-	-	-
II.	В.-Эмайги	выше г/п Тьялисте	37	05.08.62	17,0	-	1,1	-	8,8	-	0,13	-	следи	-	-	0,3	6,1	-	-
		"	37	23.05.63	16,5	7,5	2,1	3,5	11,2	-	0,19	0	-	3,7	-	0,4	5,2	-	-
		"	37	24.06.63	17,2	7,8	1,2	-	5,8	-	0,21	0	0,006	1,4	-	0,4	2,0	0,1	-
		"	37	04.07.63	19,4	7,5	1,7	3,2	8,9	-	0,43	0	0,004	0,6	-	0,5	1,7	0,02	-
		"	37	08.08.63	22,1	-	0,6	-	4,5	-	0,13	0	0,008	1,1	-	0,6	0,5	0,02	-
		"	37	08.08.63	21,0	-	1,1	-	7,8	-	0,15	0	0,032	0	-	0,5	0,01	-	-
		"	37	02.11.63	1,2	7,6	1,0	1,6	9,2	-	0,11	-	0,010	1,5	-	5,2	-	-	-
		"	37	18.03.64	0	7,4	1,4	3,6	2,2	-	0,63	0	0,007	1,1	-	2,0	-	-	-
		"	37	29.07.64	20,5	-	1,4	-	4,4	-	0,32	0,05	0,008	1,6	-	1,6	-	-	-
		"	37	30.09.64	9,5	-	1,0	-	3,0	-	0,38	0	0,008	0,7	-	1,9	-	-	-
		"	37	26.08.65	19,5	-	2,1	-	2,8	-	0,75	0	0	0,1	-	1,2	-	-	-
38.	В.-Эмайги	мост д.Пиксимила	I	02.03.63	0	7,5	1,1	-	6,2	-	0,18	0	0,040	1,5	-	0,7	3,1	-	-
		"	I	04.07.63	20,6	7,4	1,7	-	6,3	-	0,27	0	0,040	0,8	-	0,4	1,8	-	-
		"	I	19.02.64	0	7,2	0,7	-	3,2	-	0,22	-	0,011	1,9	-	2,8	-	-	-
39.	Педели	выше г.Велга у Векярэ	19	12.07.62	15,0	-	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	61	-	-	-
		"	19	04.08.62	17,0	-	3,2	-	24,5	-	0,13	следи	следи	след-	-	0,8	15	-	-
		"	19	01.08.63	0	7,8	2,8	-	8,8	-	0,32	0	0,080	0	-	1,6	6,0	-	-
		"	19	23.05.63	16,0	7,2	2,0	-	25,5	-	0,08	0	0,020	5,8	-	0,9	8,4	-	-

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Неделя	выше г. Велга у Бескирве	19	23.05.63	14,0	7,2	2,7	26,8	-	0,10	0	0,090	7,2	-	0,9	8,4	-	ТУУ	
		"-	19	04.07.63	21,8	7,3	1,6	2,4	7,5	-	0,24	0	0,025	0,7	-	5,6	-	"-	
		"-	19	08.08.63	21,6	7,4	1,8	6,2	-	0,29	0	0,008	0,7	-	1,1	6,0	-	"-	
		"-	19	29.08.64	21,0	-	1,2	6,9	-	0,17	0,05	0,008	1,5	-	3,1	-	-	"-	
		"-	19	29.09.64	10,5	-	1,1	5,3	-	0,21	0	0	0,6	6,7	-	2,4	-	"-	
		"-	19	12.02.65	0	7,0	1,3	1,5	11,2	-	0,11	0	1,7	-	-	2,8	-	"-	
		"-	19	13.07.65	16,2	7,4	1,4	4,4	-	0,32	0	0	-	-	-	1,7	-	"-	
		"-	19	26.08.65	18,0	-	1,5	5,3	-	0,28	0	0	0,1	-	-	1,2	-	"-	
		"-	19	24.09.65	11,8	-	0,6	8,4	-	0,07	0	0	0,1	-	-	2,0	-	"-	
		"-	19	24.03.65	13,1	-	0,8	8,4	-	0,09	0	0	следн	-	-	2,0	-	"-	
40.	Подели	выше г. Велга у левческого поля	13	23.05.63	15,0	7,5	2,5	26,2	-	0,09	-	0,010	4,6	-	1,2	8,4	-	"-	
		"-	13	04.07.63	18,5	7,3	1,8	7,8	-	0,23	0	0,018	0,7	-	-	3,2	-	"-	
		"-	13	02.11.63	21,1	7,2	1,9	2,6	28,3	-	0,06	-	0,008	2,4	-	3,8	4,2	-	"-
		"-	13	18.02.64	0	7,3	0,8	2,3	6,2	-	0,13	-	0,006	1,4	-	1,8	4,4	-	"-
12.	Ихне	выше г/п Тярва	54	09.08.63	18,1	7,4	1,2	4,7	-	0,28	0	0	0	-	0,8	2,1	0,05	ЛТИ	
41.	Мустла	100 м выше канала красн. завода	7,0	08.07.61	-	7,5	4,6	8,0	-	0,04	-	-	-	-	-	1,8	-	СЭС Вильянди	
42.	Тинассельна	устье	0,1	12.08.63	20,5	7,4	0,9	11,1	-	0,08	-	-	1,2	-	0,2	1,9	-	ТУУ	

Т а б л и ц а II

Средние и экстремальные значения перманганатной окисляемости речной воды

№ створа	Река - пост	Пределы изменения мгО/л		Наиболее часто повторяемая величина	Кол-во анализов
		низш.	выш.		
1	2	3	4	5	6
I-I	р. Нарва - г. Нарва	6	27	10	92
I-5	р. Кунда - д. Сями	3	23	8	33
I-6	р. Сельгейги - д. Аркна	3	12	6	12
I-II	р. Ягала - ст. Кехра	5	20	10	28
I-14	р. Пирита - д. Паункюла	7	35	14	17
I-18	р. Кейла - г. Кейла	4	29	10	89
I-19	р. Вазалемма - х. Урба	3	17	10	12
II-I	р. Казари - д. Казари	4	29	14	93
II-2	р. Вигала - д. Коновере	4	22	10	11
II-4	р. Пярну - д. Орекюла	4	38	14	97
II-6	р. Вяндра - д. Кийза	8	27	16	7
II-7	р. Навести - д. Аэсоо	6	29	14	24
III-I	р. Пиуза - ст. Петсери	1	24	6	27
III-4	р. Суур-Эмайги - д. Квиссен- таль	6	35	12	96
III-6	р. Паада - д. Пыльтсамаа	4	43	10	43
III-7	р. Мустинги - I, I км выше устья	11	36	18	71
III-9	р. Ахья - д. Коорвере	2	26	6	39
III-II	р. Вяйке-Эмайги - д. Тыл- листе	4	28	10	33
III-13	р. Авийнги - х. Мульги	3	34	12	19

Т а б л и ц а 12

Корреляционная связь между перманганатной окисляемостью ( $y$ ) и цветностью ( $x$ )

№ створа	Река - пост	$r$	$y = f(x)$	$\pm \sigma_y^x$
I-I	р. Нарва-г. Нарва	0,453	$0,09x + 6,7$	1,7
I-5	р. Кунда-д. Сями	0,920	$0,15x + 1,2$	2,0
I-II	р. Ягала-ст. Кехра	0,841	$0,11x + 3,9$	2,2
I-I4	р. Пирита-д. Паункюла	0,898	$0,12x + 3,0$	3,2
I-18	р. Кейла-г. Кейла	0,894	$0,12x + 3,2$	1,8
II-I	р. Казари-д. Казари	0,830	$0,10x + 4,6$	2,5
II-4	р. Пярну-д. Орекюла	0,777	$0,10x + 5,8$	3,6
II-7	р. Навести-д. Аэсоо	0,832	$0,10x + 4,1$	2,0
III-4	р. С-Эмайги-х. Квиссен - таль	0,778	$0,09x + 6,3$	2,4
III-6	р. Паала-г. Пыльтсамаа	0,870	$0,13x + 1,5$	1,5
III-7	р. Мустйги-I, I км. выше устья	0,708	$0,09x + 5,9$	4,1
III-9	р. Ахья-д. Коорвере	0,871	$0,12x + 1,0$	1,5
III-II	р. В-Эмайги-д. Тыллисте	0,953	$0,13x + 2,2$	1,3

П р и м е ч а н и е:

$y$  - окисляемость перманганатная [мгО/л];

$x$  - цветность по Pt-Co шкале [°];

$r$  - коэффициент корреляции;

$\pm \sigma_y^x$  - среднее абсолютное квадратичное отклонение [мг/л].

Список рек, по которым имеются данные по  
определению зависимости БПК =  $f(t)$

№ створа	Река и створ взятия проб	Дата
<u>1. Бассейн Финского залива</u>		
21.	Нарва - д. Васькнарва	29.10.65
25.	Пуртсе - мост д. Оанду	29.10.65
7.	Валгейыги - г/п Ванакюла	15.10.65
9.	Источник Коннавере	21.10.65
11.	Ягала - выше пос. Кехра	02.10.63
14.	Пирита - д. Паункюла	18.09.63
	-"-" -"-"	31.10.63
42.	Лейвайыги - на 15 км	09.10.65
45.	Тыдва - мост на Вильяндиском шоссе	15.10.65
18.	Кейла - выше г/п Кейла	15.10.65
<u>II. Бассейн Рижского залива</u>		
1.	Казари - г/п Казари	06.10.65
18.	Пярну - д. Вихтра (на 54 км)	06.10.65
20.	Пярну - выше г. Синди	06.10.65
24.	Массу - у д. Коогисте	22.07.65
27.	Навести - устье	06.10.65
<u>III. Бассейн Чудского озера</u>		
19.	Выханду - выше пос. Ряпина	16.03.63
	-"-" -"-"	18.06.63
4.	Суур-Эмайыги - Ворбузе	03.06.63
7.	Мустйыги - гидроствор	21.10.65
26.	руч. Линнусааре - приток р. Мустйыги	11.07.63
11.	В.-Эмайыги - выше г/п Тыллисте	23.05.63
	-"-" -"-"	04.07.63
	-"-" -"-"	19.02.64
40.	Педели - выше г. Валга	04.07.63
	-"-" -"-"	02.11.63
	-"-" -"-"	17.04.64

Таблица 14

Обеспеченные значения БПК<sub>5</sub>

№ створов	Река Название	БПК <sub>5</sub> [мг/л]			Число проб
		P=10%	P=50%	P=90%	
I-2I,22	Нарва	2,0	1,6	1,2	10
I-II	Ягала	3,1	1,5	0,8	17
I-14,15, 36-39	Пирита	2,8	1,4	0,7	16
I-42-44	Лейвайыги	1,8	1,3	1,0	9
I-18,52	Кейла	3,4	1,7	0,8	12
II-18-20	Пярну	3,3	1,6	0,8	9
III-3,19	Выханду	2,4	1,5	0,9	10
III-4,2I, 22	С.-Эмайыги	3,2	2,0	1,3	17
III-7,26	Мустйыги	3,0	2,2	1,6	6
III-II, 35-38	В.-Эмайыги	2,5	1,4	0,8	18
III-39,40	Педели	3,1	1,7	1,0	19
	Среднее	2,8	1,6	1,0	

Т а б л и ц а 15

Показатели динамики биохимического окисления  
органических веществ

№ створа	Река и створ взятия проб	Число	БПК <sub>5</sub>	БПК' <sub>п</sub>	БПК <sub>п</sub>	K <sub>иср</sub>
			P [%]	$\frac{\text{БПК}'_п}{\text{БПК}_5}$	$\frac{\text{БПК}_п}{\text{БПК}_5}$	
I	2	3	4	5	6	7
<u>I. Бассейн Финского залива</u>						
7	Валгейыги - г/п Ванакюла	15.10.65	-	1,8	1,4	0,15
9	Ист. Коннавере	21.10.65	-	3,5	3,5	0,07
11	Ягала - выше пос.Кехра	02.10.63	45	1,5	1,1	0,20
14	Пирита - д.Паункюла	18.09.63	60	2,3	1,8	0,06
	" "	31.10.63	20	1,9	1,4	0,18
18	Кейла - выше г/п Кейла	15.10.65	45	1,9	1,4	0,11
21	Нарва - д.Васькнарва	29.10.65	80	2,7	2,2	0,07
25	Пуртсе - мост д.Оанду	29.10.65	-	2,5	1,9	0,08
42	Лейвайыги - на 15 км	09.10.65	45	2,1	1,7	0,13
45	Тыдва - мост на Виль- яндиском шоссе	15.10.65	-	2,3	1,6	0,13
<u>II. Бассейн Рижского залива</u>						
I	Казари - г/п Казари	06.10.65	-	1,9	1,9	0,04
18	Пярну - д. Вихтра (на 54 км )	06.10.65	50	2,8	2,1	0,08
20	Пярну - выше г.Синди	06.10.65	65	3,1	1,7	0,09
24	Массу - д.Коогисте	22.07.65	-	2,7	1,6	0,11
27	Навести - устье	06.10.65	-	2,4	1,5	0,12



Продолжение таблицы 15

1	2	3	4	5	6	7
<u>Ш. Бассейн Чудского озера</u>						
7	Мустыйги - гидроствор	21.10.65	80	3,1	2,1	0,04
11	В.Эмайыги - выше г/п Тыллисте	23.05.63	20	1,7	1,1	0,14
"	"	04.07.63	40	1,8	1,4	0,11
"	"	19.02.64	60	2,5	1,3	0,33
19	Выханду - выше п. Ряпина	16.03.63	70	2,0	1,4	0,09
"	"	18.04.63	-	-	1,1	0,06
"	"	18.06.63	10	1,1	1,1	0,08
22	С.-Эмайыги - п.Ворбузе	11.03.63	-	-	1,3	0,24
"	"	14.04.63	-	2,0	1,5	0,05
"	"	03.06.63	65	1,9	1,9	0,09
"	"	15.07.63	-	-	1,8	0,33
"	"	04.09.63	-	-	1,6	0,25
26	руч. Линнусааре - при- ток р. Мустыйги	11.07.63	-	2,3	1,3	0,32
40	Педели - выше г. Валга	04.07.63	55	1,5	1,5	0,06
"	"	02.11.63	40	1,4	1,4	0,30
"	"	17.04.64	30	2,1	1,6	0,10

Т а б л и ц а 16

Влияние разных вод разбавления на процесс биохимического окисления сточных вод ЦБК

Показатель	Наименование воды					
	Вода разбавления		Сточная вода ЦБК	Разбавленная сточная вода		
	карстово-источника	из заболоченного водосбора		стандартный вод	вода источника	болотная вода
$\Sigma_1$ [мг/л]	500	390	1050	-	-	-
хлориды [мг/л]	13,5	2,4	6,1	-	-	-
жесткость [мг-экв/л]	5,7	4,2	14,3	-	-	-
щелочность [мг-экв/л]	3,3	4,9	6,5	-	-	-
pH	7,5	7	7	-	-	-
O <sub>бихр.</sub> [мгО/л]	6,2	92	-	-	-	-
O <sub>перм.</sub> [мгО/л]	5,8	58	1760	-	-	-
БПК I [мг/л]	-	-	-	90	20	70
БПК 3 [мг/л]	-	-	-	200	260	160
БПК 5 [мг/л]	-	-	-	250	300	260
БЛК 7 [мг/л]	-	-	-	280	350	280
БПК 10 [мг/л]	-	-	-	320	420	360
Общее число микробов	25	120	-	335	260	330
в начале инкубации	-	-	-	3800	1600	-
1 день	-	-	-	2200	2600	1700
3 день	-	-	-	2300	1500	1500

Средние декадные максимальные и минимальные температуры воды в летние месяцы за период 1948-1962 гг.

№ поста	Река-пост	Показатель	июнь			июль			август			сентябрь		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I-I	Нарва-г. Нарва	t° макс.	19,9	21,1	19,4	19,5	20,8	21,6	20,7	21,1	20,5	18,7	17,3	14,4
		t° мин.	8,8	10,5	14,3	16,2	16,5	16,7	16,9	15,2	14,9	12,8	11,2	9,1
		Δt°	11,1	10,6	5,1	3,3	4,3	4,9	3,8	5,9	5,6	5,9	6,1	5,3
I-5	Кунда-д.Сями	t° макс.	17,1	16,7	17,5	17,6	19,1	18,7	17,6	17,0	16,8	15,1	14,1	10,8
		t° мин.	10,0	10,8	12,6	13,3	13,9	13,4	12,5	11,9	11,6	10,4	8,6	6,8
		Δt°	7,1	5,9	4,9	4,3	5,2	5,3	5,1	5,1	4,7	4,7	5,5	4,0
I-II	Ягала-ст.Кехра	t° макс.	20,0	19,0	19,7	19,7	20,8	21,0	20,4	19,9	18,4	17,6	15,5	12,8
		t° мин.	12,0	12,3	14,3	15,4	15,5	16,8	15,3	13,8	12,9	10,9	9,2	7,8
		Δt°	8,0	6,7	5,4	4,3	5,3	4,7	5,1	6,1	5,5	6,7	6,3	5,0
I-14	Пирита-д.Паун-кюла	t° макс.	20,3	20,1	18,7	17,4	21,6	19,8	18,4	17,4	16,9	14,8	14,1	11,4
		t° мин.	11,1	10,5	12,3	14,2	15,3	14,2	13,9	12,7	11,9	10,4	8,4	7,3
		Δt°	9,2	9,6	6,4	3,2	6,3	5,6	4,5	4,7	5,0	4,4	5,7	4,1
I-16	Кейла-г.Кейла	t° макс.	20,8	19,4	20,7	20,1	20,8	21,1	20,2	19,9	17,9	16,4	15,5	12,5
		t° мин.	11,8	12,8	14,3	15,5	16,7	16,2	16,1	14,5	12,9	11,7	10,0	8,2
		Δt°	9,0	6,6	6,4	4,6	4,1	4,9	4,1	5,4	5,0	4,7	5,5	4,3

Продолжение таблицы 17

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
II-1	Казари-д. Казари	t° макс.	20,9	20,2	21,7	21,0	21,9	22,0	21,1	20,8	20,2	18,4	16,7	14,1
		t° мин.	13,1	13,4	14,7	16,9	17,1	17,5	16,9	15,0	14,0	12,3	10,3	8,6
		Δt°	7,8	6,8	7,0	4,1	4,8	4,5	4,2	5,8	6,2	6,1	6,4	5,5
II-4	Пярну-д. Орекюла	t° макс.	22,2	21,5	21,4	21,1	22,6	23,7	22,3	21,4	20,3	18,6	16,8	13,3
		t° мин.	13,6	13,8	15,0	17,5	17,5	17,1	16,3	15,3	13,9	12,4	10,6	7,9
		Δt°	8,6	7,7	6,4	3,6	5,1	6,6	6,0	6,1	6,4	6,2	6,2	5,4
II-7	Навести-д. Аэсоо	t° макс.	22,2	20,7	22,2	20,7	22,2	22,7	21,1	20,5	19,0	17,8	16,0	12,6
		t° мин.	12,8	13,6	14,7	16,1	16,5	16,6	16,4	14,8	13,7	12,2	10,5	8,3
		Δt°	9,4	7,1	7,5	4,6	5,7	6,1	4,7	5,7	5,3	5,6	5,5	4,3
III-4	Суур-Эмайыги-Г. Тарту	t° макс.	21,3	21,7	21,4	20,6	21,9	22,9	21,4	21,2	20,0	18,7	16,8	13,5
		t° мин.	13,3	13,4	15,3	16,8	17,3	16,9	16,7	15,2	14,6	12,7	10,7	8,6
		Δt°	8,0	8,3	6,1	3,8	4,6	6,0	4,7	6,0	5,4	6,0	6,1	4,9
III-6	Паала-г. Пылт-самаа	t° макс.	20,3	18,8	20,2	20,0	21,8	22,0	19,9	19,2	18,4	16,0	15,0	11,5
		t° мин.	11,7	12,3	14,4	14,9	16,2	16,1	15,1	13,9	13,1	11,4	8,9	7,3
		Δt°	8,6	6,5	5,8	5,1	5,6	5,9	4,8	5,3	5,3	4,6	6,1	4,2
III-9	Ахыл-д. Коорвере	t° макс.	18,1	17,4	16,6	17,5	17,8	17,7	16,9	15,5	14,9	14,1	13,1	10,8
		t° мин.	11,6	11,3	12,6	14,0	14,3	14,0	14,0	12,6	12,1	10,5	8,2	7,7
		Δt°	6,5	6,1	4,0	3,5	3,5	3,7	2,9	2,9	2,8	3,6	4,9	3,1

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ш-II	Вяйке-Эмайыги - д.Тыллисте	t° макс. t° мин. Δt°	20,7 12,6 8,1	19,5 14,9 4,6	19,7 14,6 5,1	19,5 15,3 4,2	20,8 16,4 4,4	21,0 15,4 5,6	19,7 15,3 4,4	18,5 13,7 4,8	17,0 13,4 3,6	16,1 11,3 4,8	13,4 9,1 4,3	11,7 8,8 3,4

Т а б л и ц а 18

Средние, максимальные и минимальные месячные температуры воды в летние месяцы за период 1948 - 1962 гг.

№ поста	Река-пост	Показатель	У1	УП	УШ	IX
1	2	3	4	5	6	7
I-1	Нарва-г.Нарва	t° средн.	15,6	18,6	17,9	13,4
		t° макс.	19,4	20,6	19,9	16,4
		t° мин.	11,2	17,3	15,7	11,3
I-5	Кунда-д.Сями	t° средн.	14,4	16,2	14,9	10,6
		t° макс.	16,2	17,8	16,6	12,8
		t° мин.	11,9	13,5	12,0	9,1
I-11	Ягала-ст.Кехра	t° средн.	16,2	18,1	16,7	11,9
		t° макс.	18,7	19,8	19,2	14,7
		t° мин.	13,3	16,0	14,2	9,6
I-14	Пирита-д.Паун- кюла	t° средн.	14,8	16,5	15,0	11,0
		t° макс.	19,0	19,6	17,0	12,2
		t° мин.	11,8	15,0	12,8	8,9
I-18	Кейла-г.Кейла	t° средн.	16,5	18,1	16,6	12,0
		t° макс.	19,0	19,7	19,1	14,7
		t° мин.	14,0	16,2	14,5	10,2
II-1	Казари-д.Ка- зари	t° средн.	17,1	19,1	17,6	12,2
		t° макс.	19,4	20,8	20,4	16,0
		t° мин.	14,4	17,6	15,6	10,9
II-4	Пярну-д.Оре- кюла	t° средн.	17,6	19,3	17,9	12,9
		t° макс.	20,7	22,2	20,8	15,9
		t° мин.	14,9	17,9	15,3	10,9
II-7	Навести-д.Аэ- соо	t° средн.	17,5	19,0	17,3	12,5
		t° макс.	20,2	21,3	19,9	15,2
		t° мин.	14,7	16,9	15,4	10,5

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4	5	6	7
Ш-4	Суур-Эмай- ыги-г.Тарту	t° средн.	17,5	19,2	17,9	12,9
		t° макс.	20,2	21,4	20,5	15,8
		t° мин.	15,0	17,9	15,7	10,9
Ш-6	Паала-г.Пыльт- самаа	t° средн.	16,2	18,1	16,4	11,5
		t° макс.	18,6	20,9	18,7	14,1
		t° мин.	13,6	16,1	14,1	9,6
Ш-9	Ахья-д.Коор- вере	t° средн.	14,7	15,8	14,4	10,6
		t° макс.	16,6	16,7	15,4	12,3
		t° мин.	12,7	14,7	13,1	8,9
Ш-II	Вийке-Эмайыги- д.Тыллисте	t° средн.	16,5	17,7	16,3	11,7
		t° макс.	18,7	20,2	18,2	13,9
		t° мин.	14,1	16,1	14,1	9,6

С п и с о к и л л ю с т р а ц и й

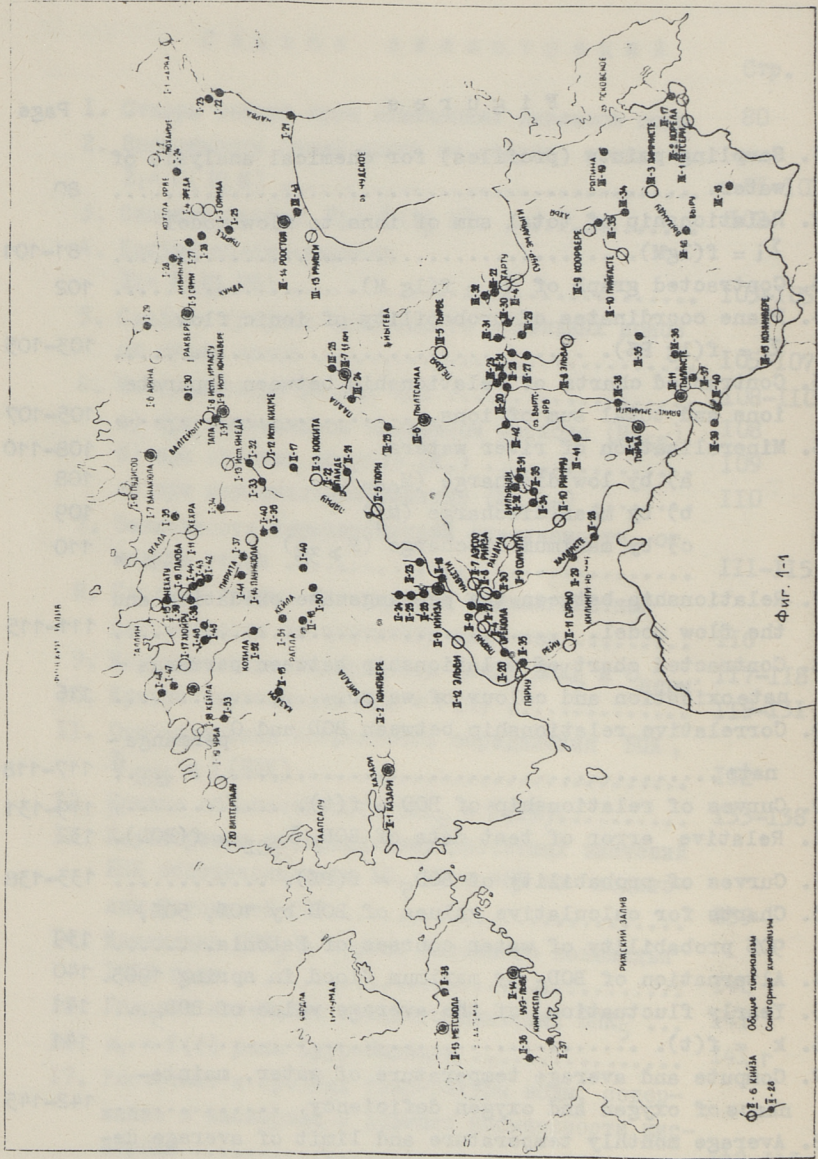
	Стр.
1. Створы взятия проб химических анализов воды	80
2. Зависимость суммы ионов от модуля стока $\Sigma_i = f(\lg M)$ .....	81-101
3. Сводный график $\Sigma_i = f(\lg M)$ .....	102
4. Кривые обеспеченности $\Sigma_i = f(\lg P\%)$ .....	103-105
5. Сводные графики зависимости отдельных ионов от суммы ионов .....	105-107
6. Минерализация речных вод .....	108-110
а) при минимальном расчетном расходе ( $M_{95\%}$ )	108
б) при среднем расходе ( $M_0$ ) .....	109
в) при максимальном расходе ( $M_{\geq 3\%}$ ) .....	110
7. Зависимости перманганатной окисляемости от модуля стока .....	111-115
8. Сводный график зависимости перманганатной окисляемости от цветности воды рек .....	116
9. Коррелятивная зависимость между БПК <sub>5</sub> и $O_{\text{перм}}$	117-118
10. Кривые зависимости БПК = f(t) .....	119-131
11. Относительная погрешность определения БПК, $\delta_{\text{БПК}} = f(\text{БПК})$ .....	132
12. Кривые обеспеченности БПК <sub>5</sub> = f(P%) .....	133-138
13. Картограмма распределения расчетных значений БПК обеспеченностью 10, 50 и 90% по водотокам Эстонской ССР .....	139
14. Изменение БПК <sub>5</sub> в период весеннего половодья 1963 года .....	140
15. Годовые колебания среднего значения БПК <sub>5</sub> ...	141
16. $\kappa_1 = f(t)$ реки Суур-Эмайыги .....	141
17. Расчетные и средние температуры воды, содержание в кислороде и дефицит насыщенности кислорода .....	142-145
18. Среднемесячные температуры и пределы максимальных и минимальных среднедекадных температур воды рек (по данным 1948÷1962 гг.) .....	146-147



## F i g u r e s

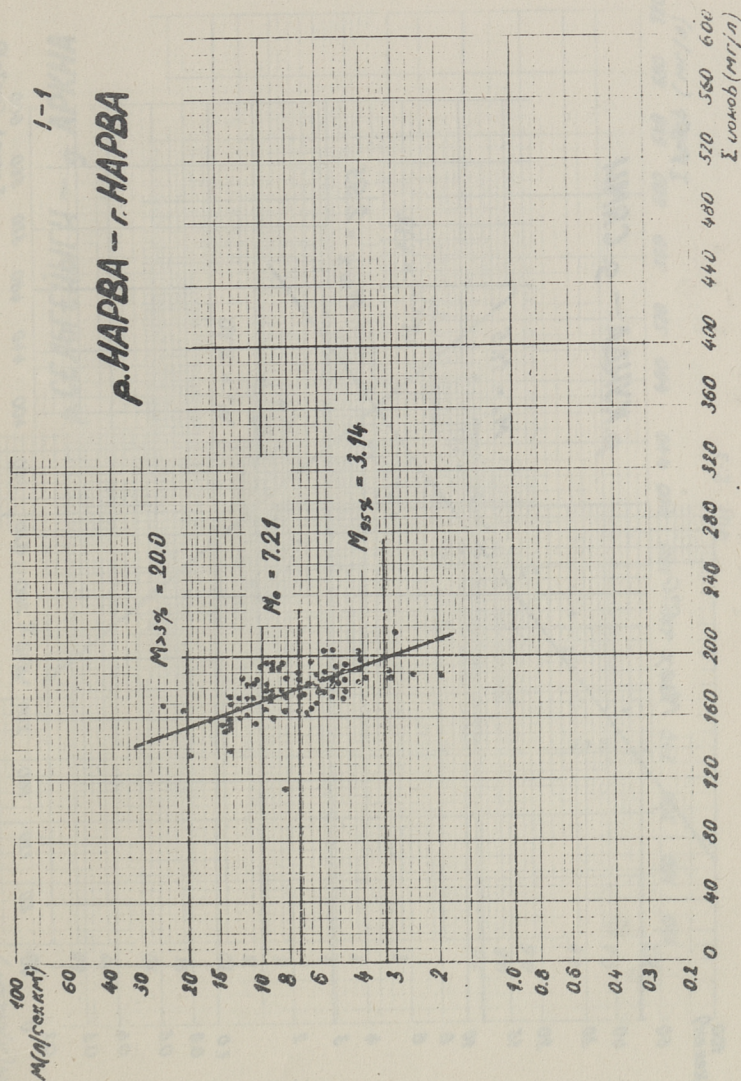
Page

1. Sampling points (profiles) for chemical analysis of water. ....	80
2. Relationship of total sum of ions to flow model $\Sigma_i = f(\lg M)$ . ....	81-101
3. Contracted graph of $\Sigma_i = f(\lg M)$ . ....	102
4. Plane coordinates of probability of ionic flow $\Sigma_i = f(\lg P\%)$ . ....	103-105
5. Contracted charts of relationship between separate ions and total sum of ions. ....	105-107
6. Mineralization of river waters	108-110
a) by low discharge ( $M_{95\%}$ )	108
b) by mean discharge ( $M_0$ )	109
c) by maximum discharge ( $M \geq 3\%$ )	110
7. Relationship between the permanganate oxidation and the flow model. ....	111-115
8. Contracted chart of relationship between permanganate oxidation and colour of water. ....	116
9. Correlative relationship between BOD and $O_{\text{permanganate}}$ .....	117-118
10. Curves of relationship of $BOD = f(t)$ . ....	119-131
11. Relative error of test data of BOD, $\delta_{BOD} = f(BOD)$ . ....	132
12. Curves of probability of $BOD_5 = f(P\%)$ . ....	133-138
13. Charts for calculative values of BOD by 10%, 50%, 90% probability of water courses of Estonia. ....	139
14. Alternation of $BOD_5$ by maximum flood in spring 1963. ....	140
15. Yearly fluctuation of the average value of $BOD_5$ .....	141
16. $k_1 = f(t)$ . ....	141
17. Compute and average temperature of water, maintenance of oxygen and oxygen deficiency. ....	142-145
18. Average monthly temperature and limit of average decade maximum and minimum temperature of river water (1948-1962) .....	146-147

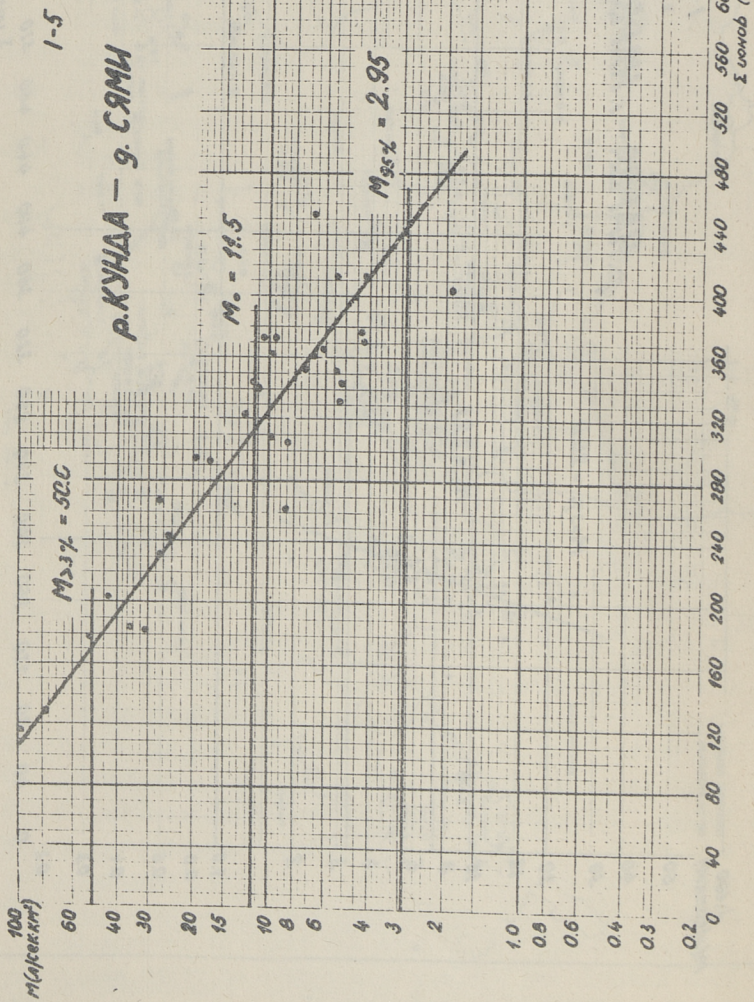


1-1

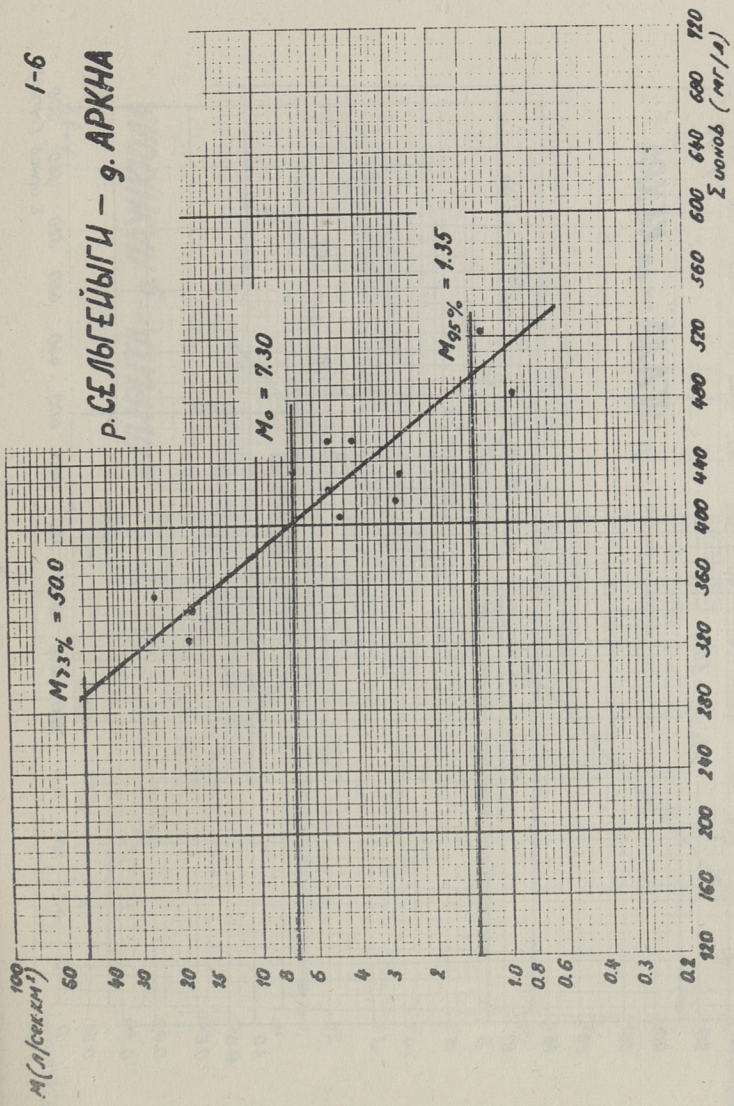
# Р. НАРВА -- r. НАРВА



Фиг. 2-1



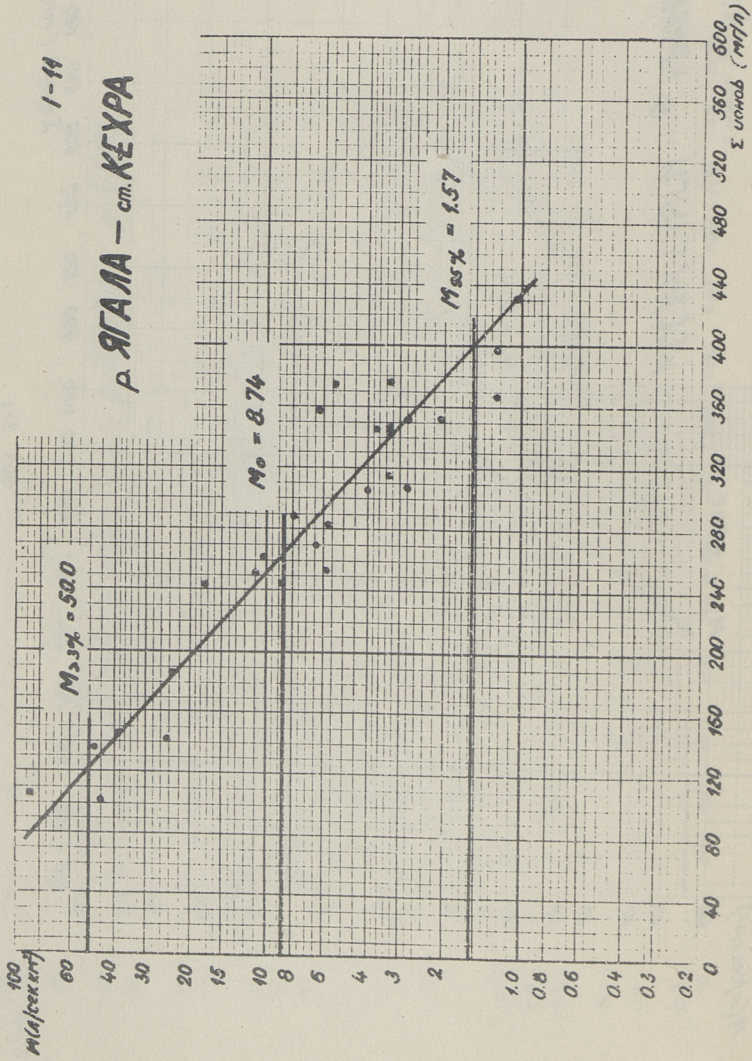
Р. СЕЛЫГЕЙЫГИ — 9. АРКНА



Фиг. 2-3

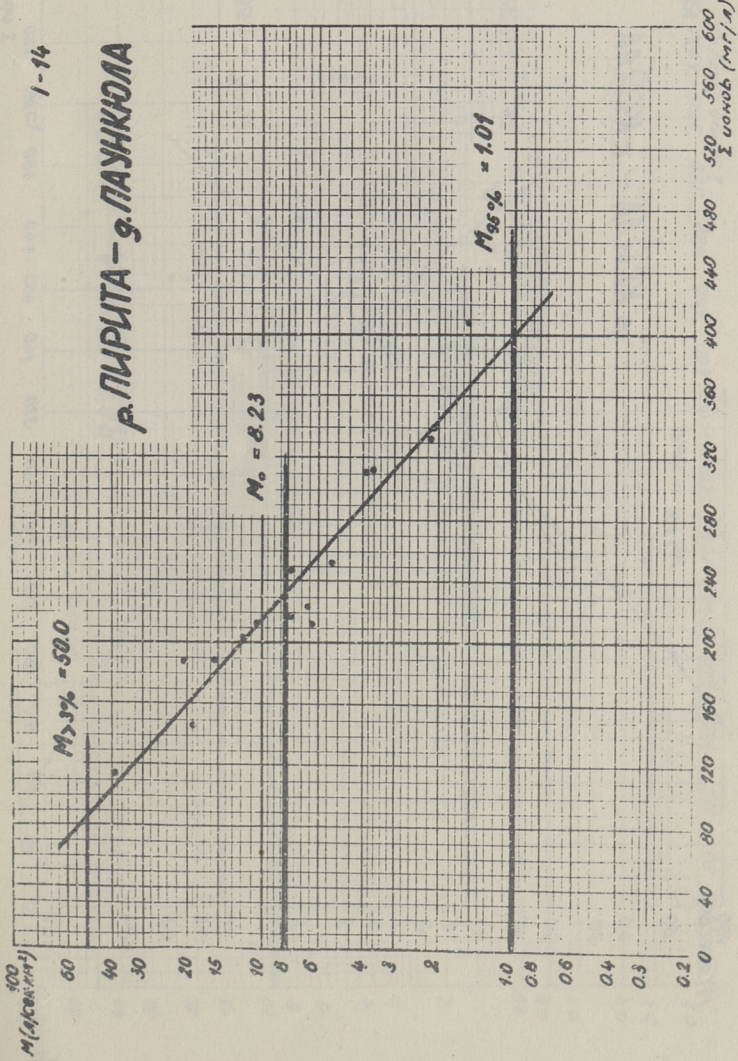
1-14

р. ЯГАЛА — см. КЕХРА



1-14

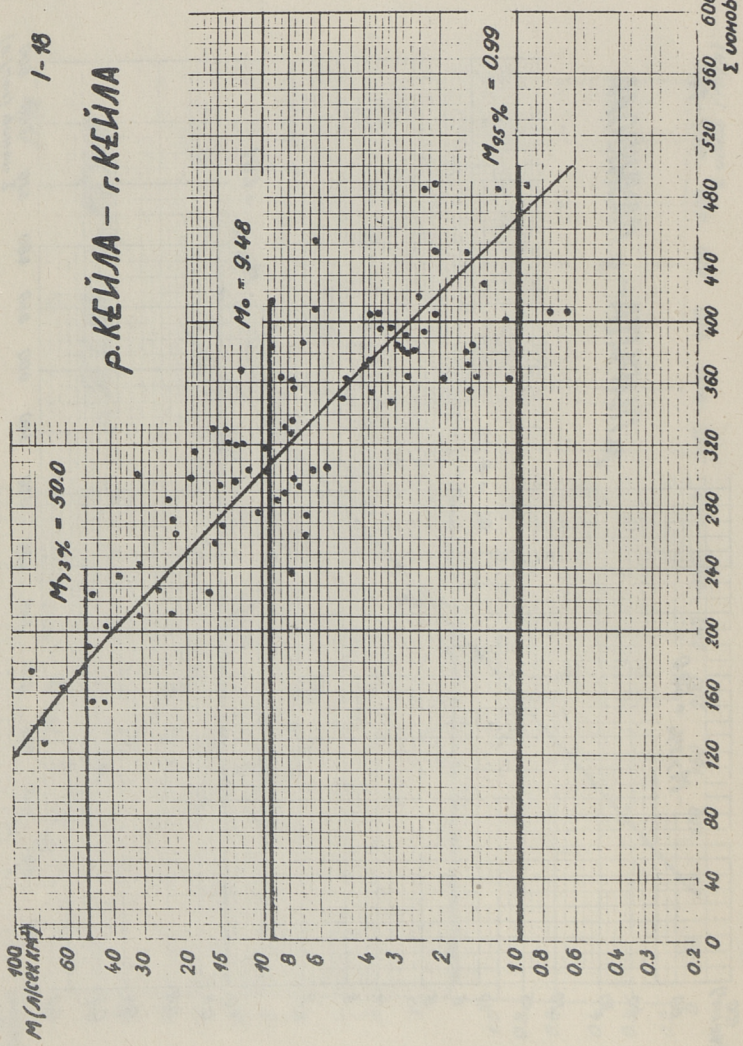
# Р. ПИРИТА - г. ПАУЖКЮЛА



Фиг. 2-5

1-18

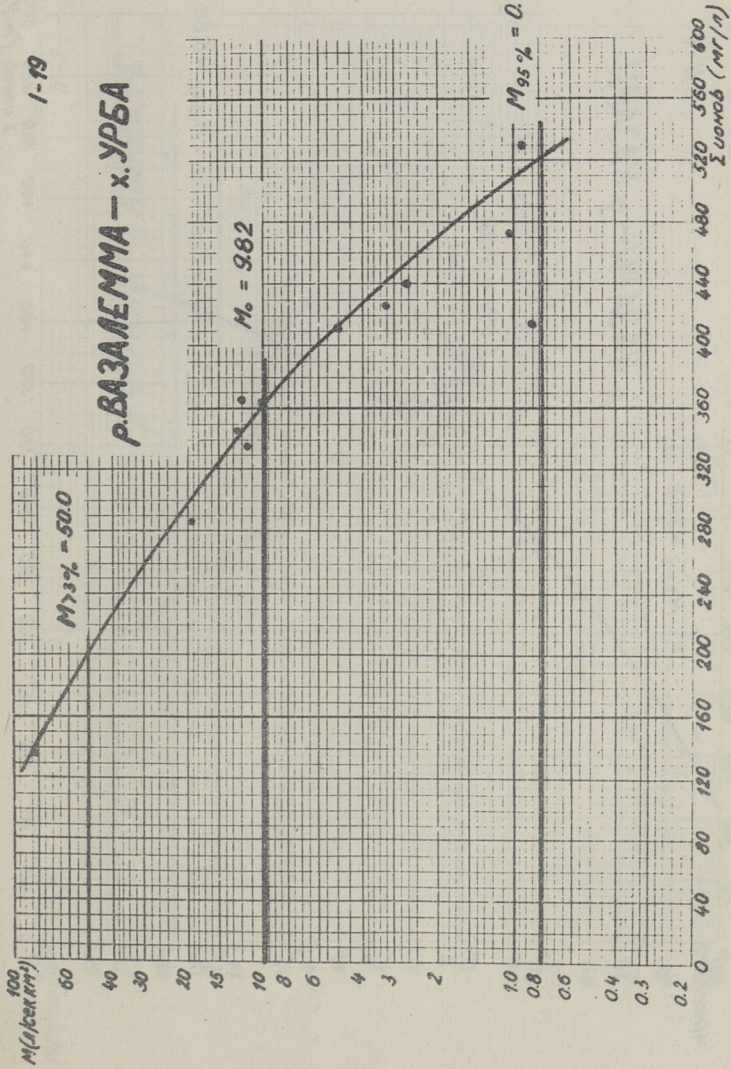
# Р. КЕЙЛА - г. КЕЙЛА



Фиг. 2-6



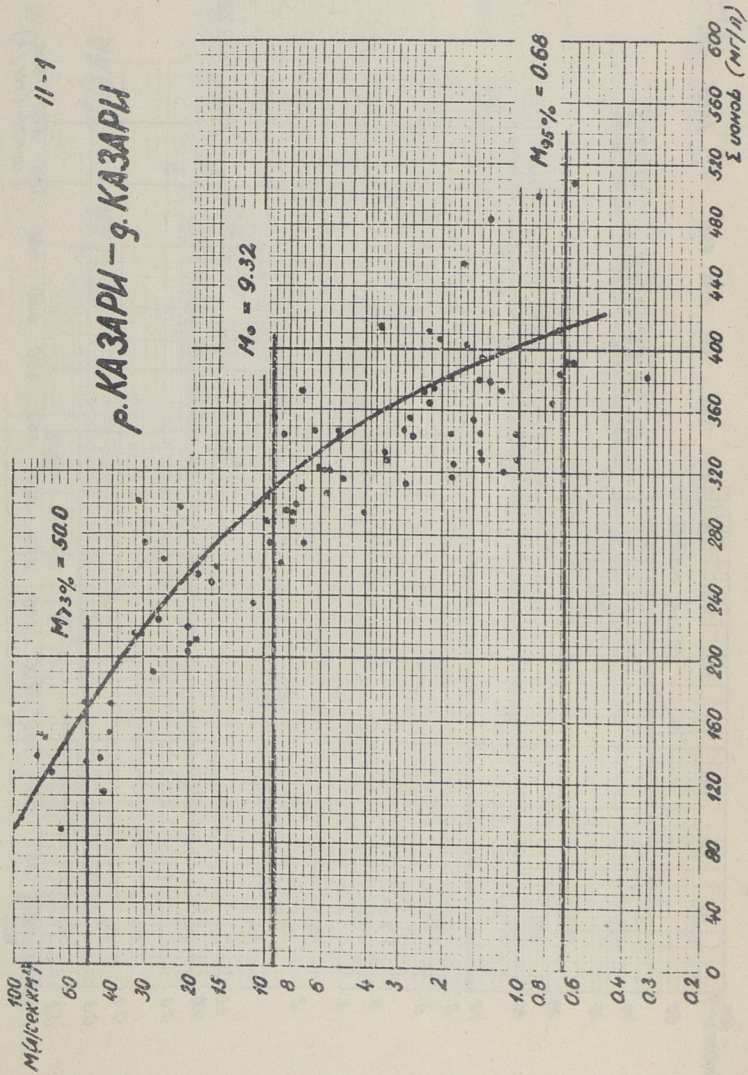
р. ВАЗАЛЕММА — х. УРБА



Фиг. 2-7

11-1

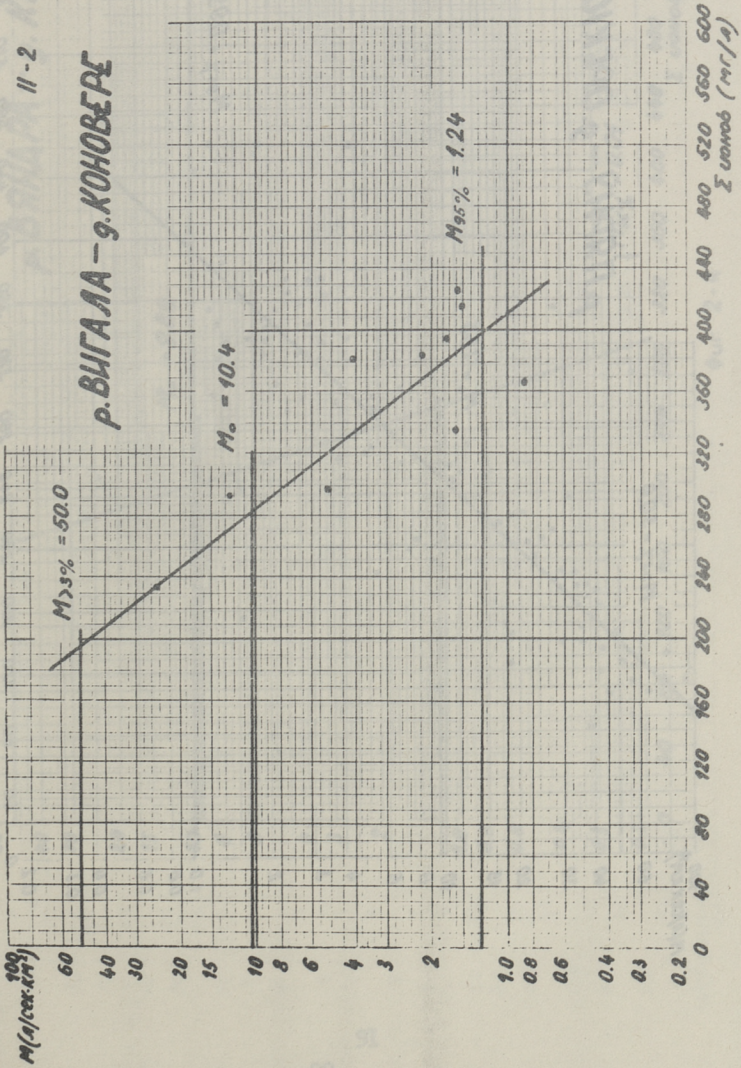
# Р. КАЗАРИ - г. КАЗАРИ



Фиг. 2-8

11-2

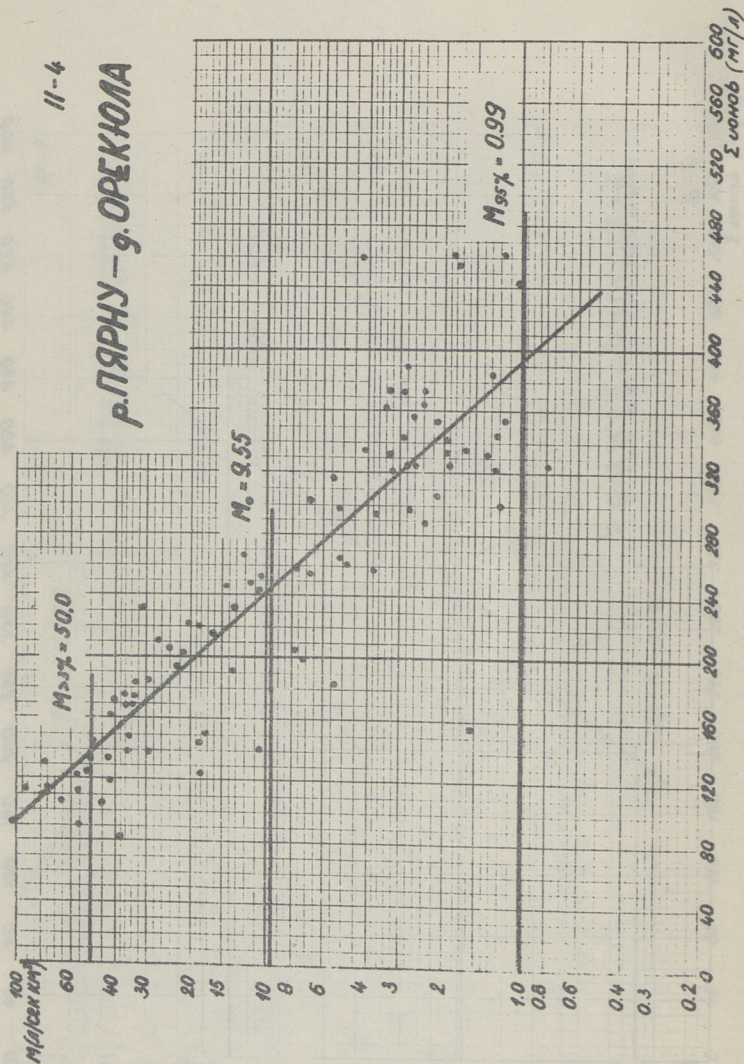
# Ρ. ΒΥΓΓΑΛΑ - 9. ΚΟΗΟΒΕΡΕ



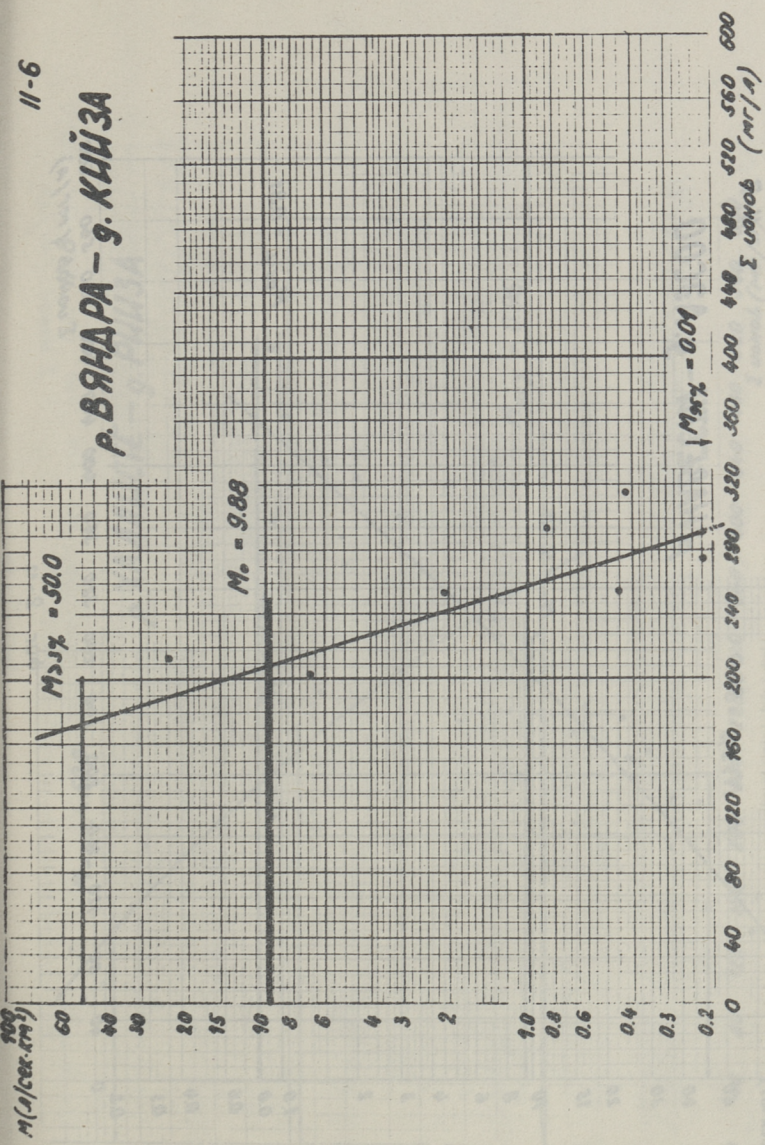
φυτ. 2 - 9

11-4

# Р. ПЯРНУ - г. ОРЕКЮЛА

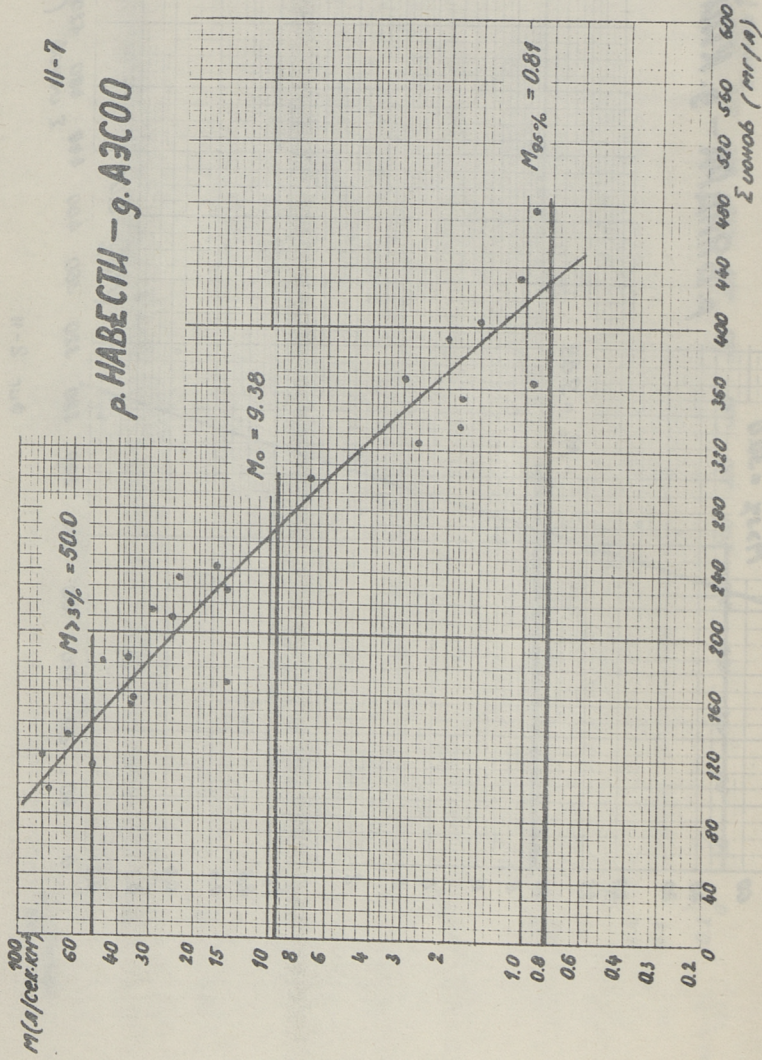


# Р. ВЯНДРА - г. КИИЗА



Фиг. 2-11

$M(\sigma/\text{cent.orr})$

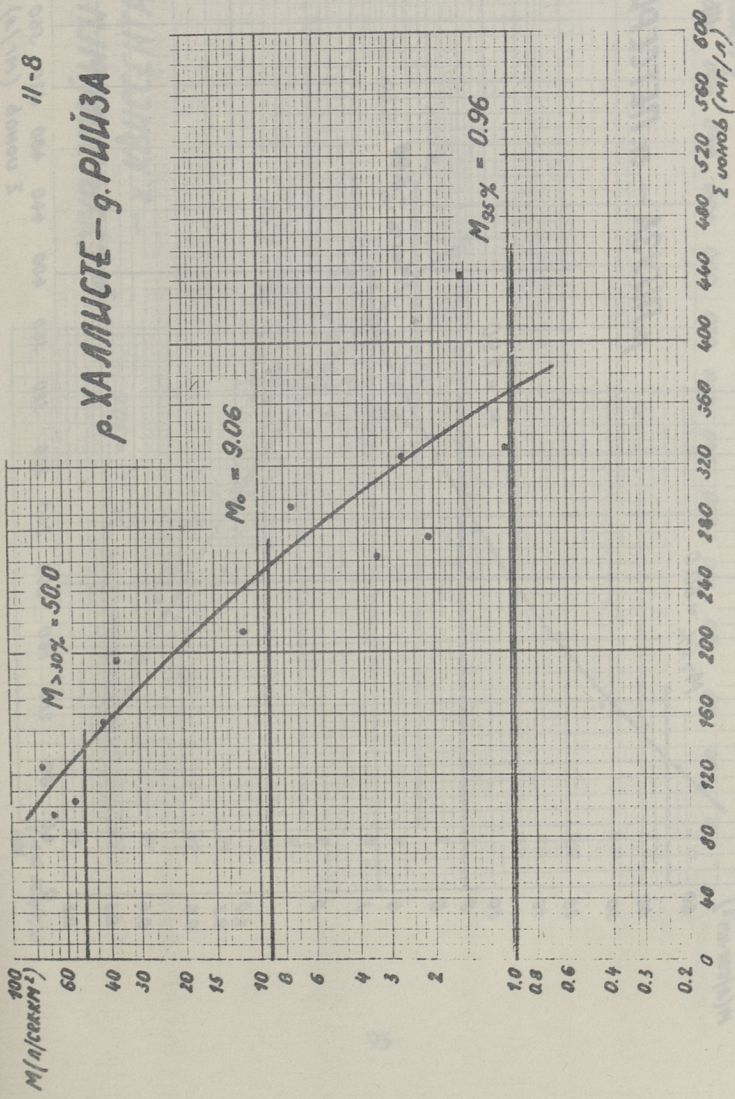


11-7

Р. НАВЕСТИ -- г. АЭСОО

φ. ур. 2-12

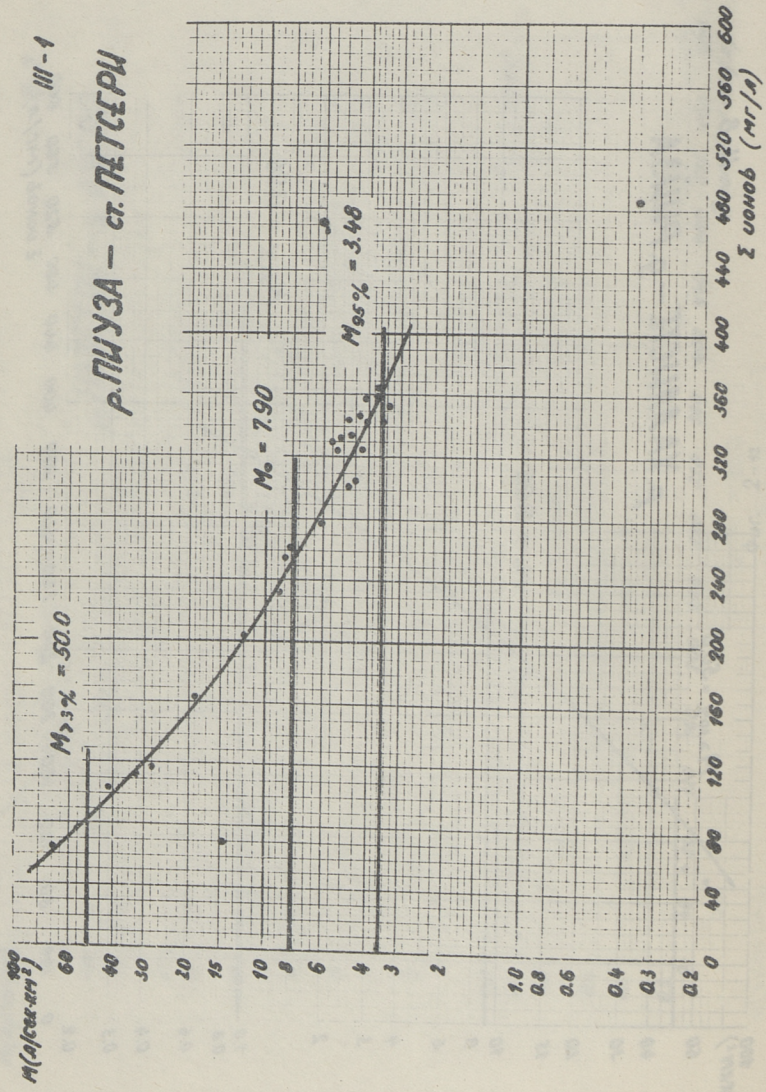
# Ρ. ΧΑΛΑΝΩΣΤΕ - γ. ΡΗΙΪΖΑ



Φύλ. 2-13

III-1

Р. ПИУЗА — ст. ПЕТЦЕРИ

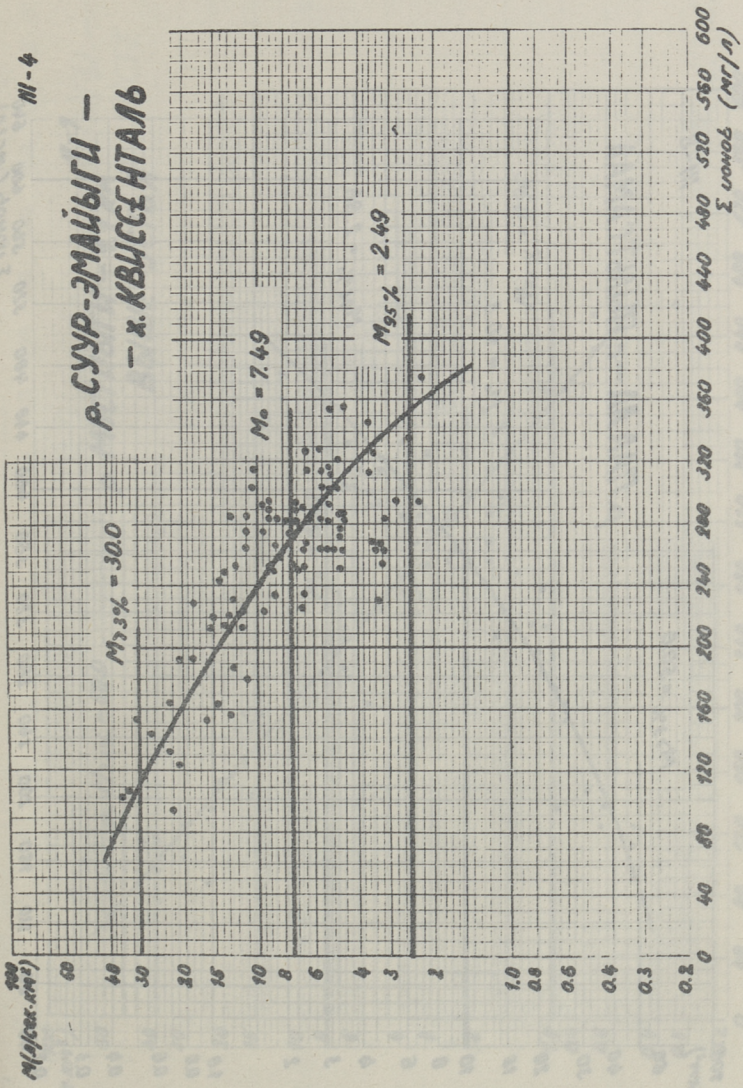


Ж



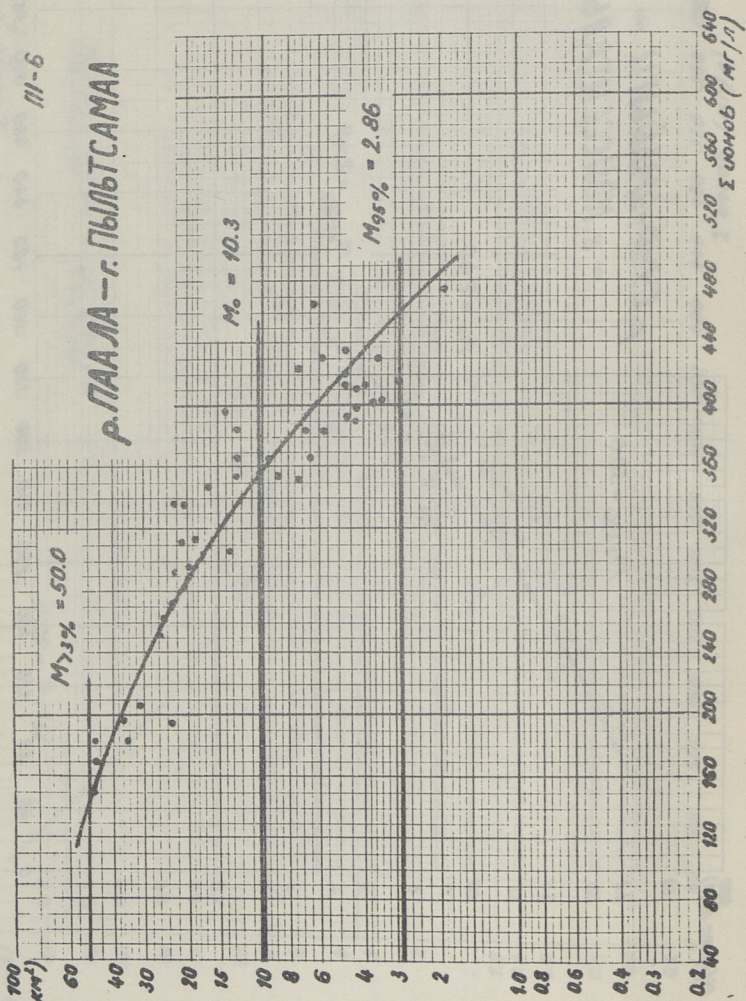
III-4

Р. СУУР-ЭМАЙГИ —  
— х. КВИССЕНТАЛЬ



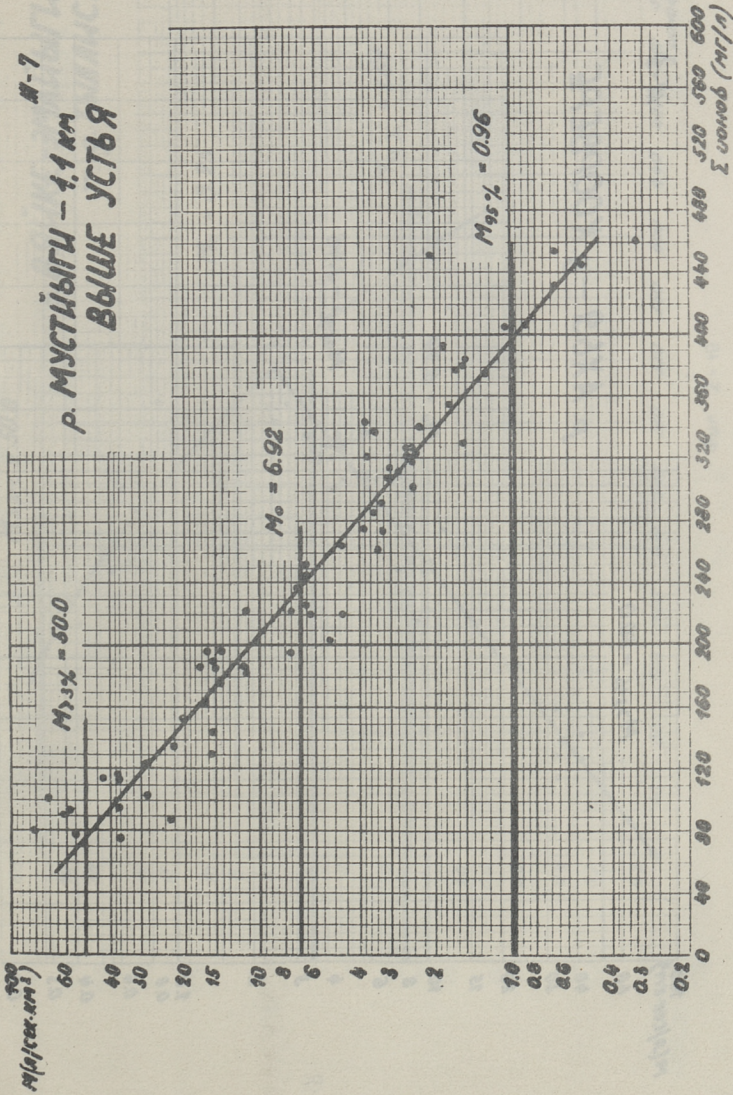
Фиг. 2-15

100  
M (г/сек.км<sup>2</sup>)

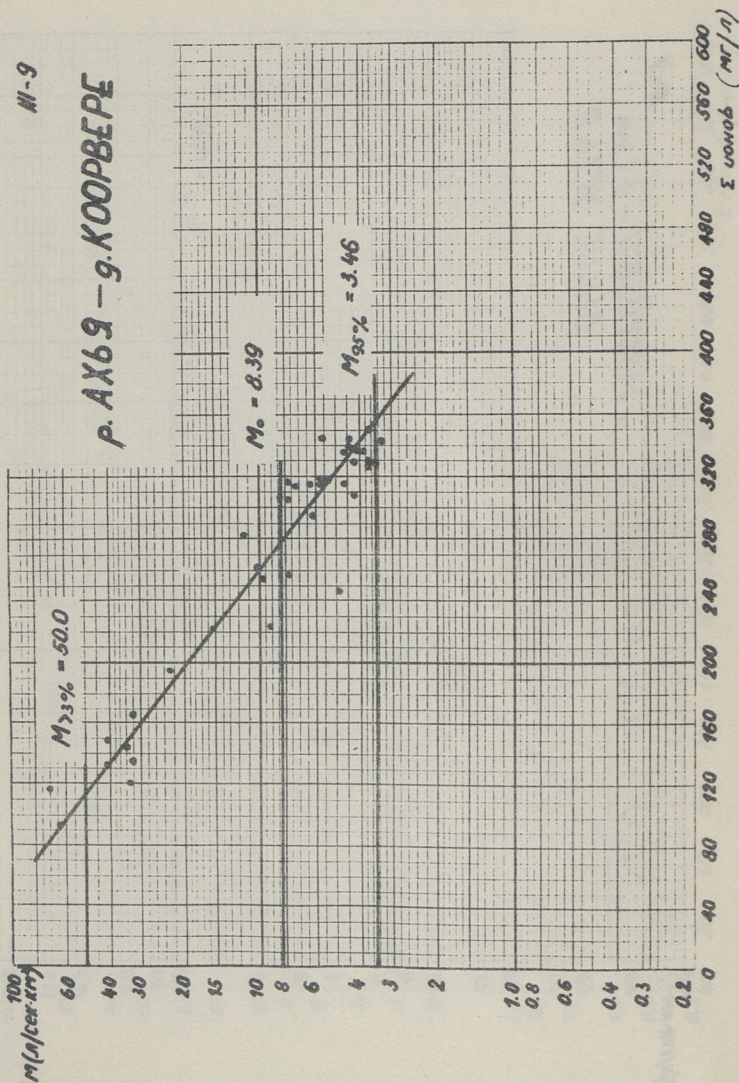


М-7

р. МУСТЫЙГИ - 4,1 км  
ВЫШЕ УСТЬЯ

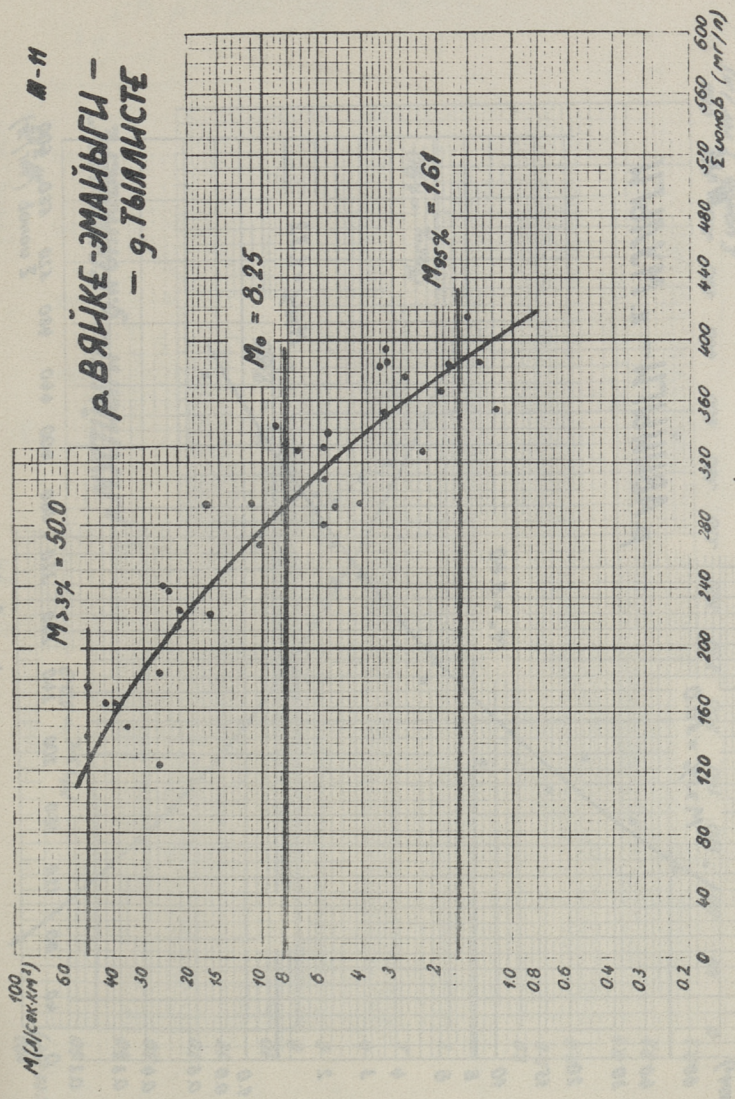


Фиг. 2-47



И-11

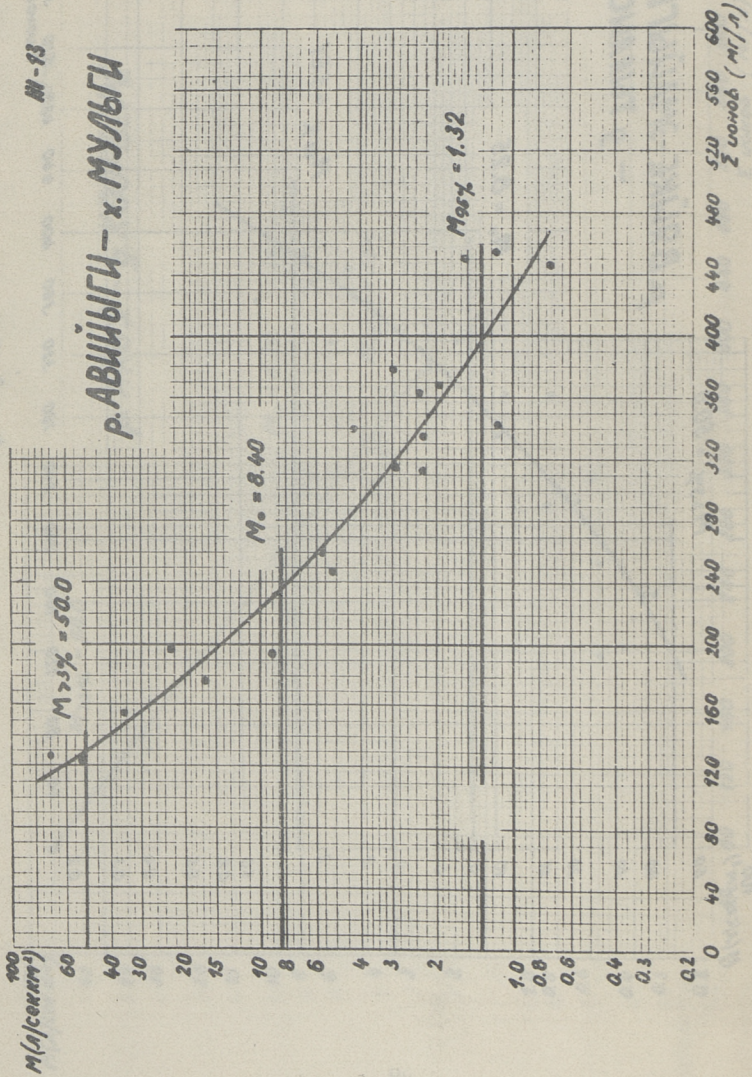
# Р. ВЯИКЕ-ЭМАЙЫГИ - - 9-ТЫЛЫСТЕ



Фиг. 2-19

АН-13

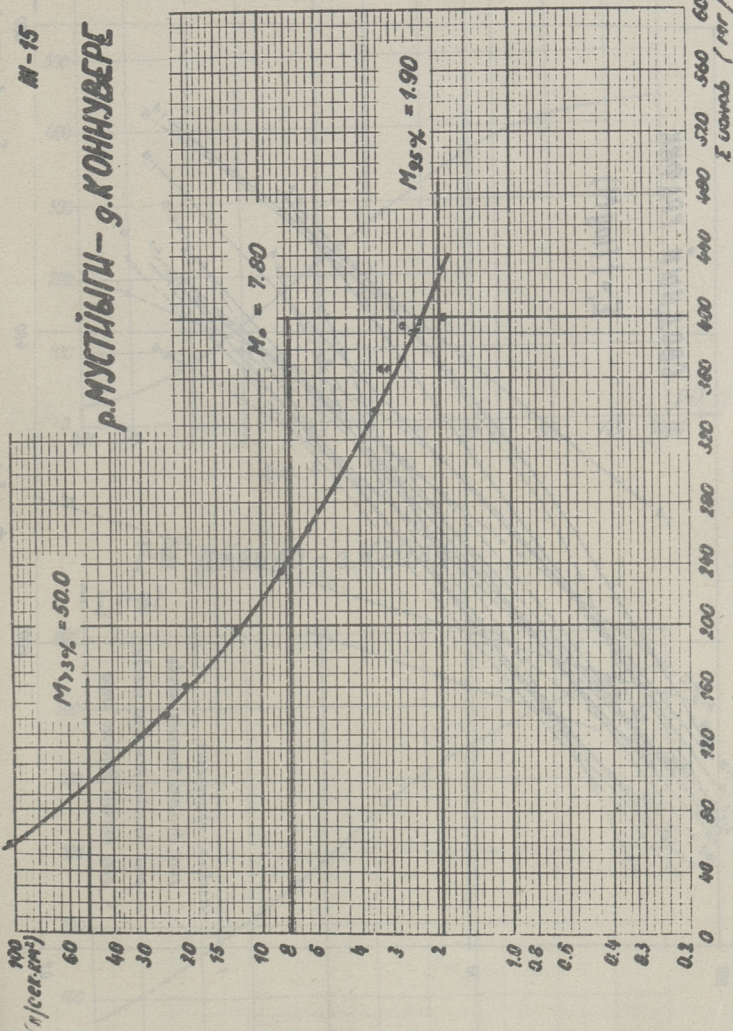
# Р. АВИЙЫГИ - х. МУЛЫГИ



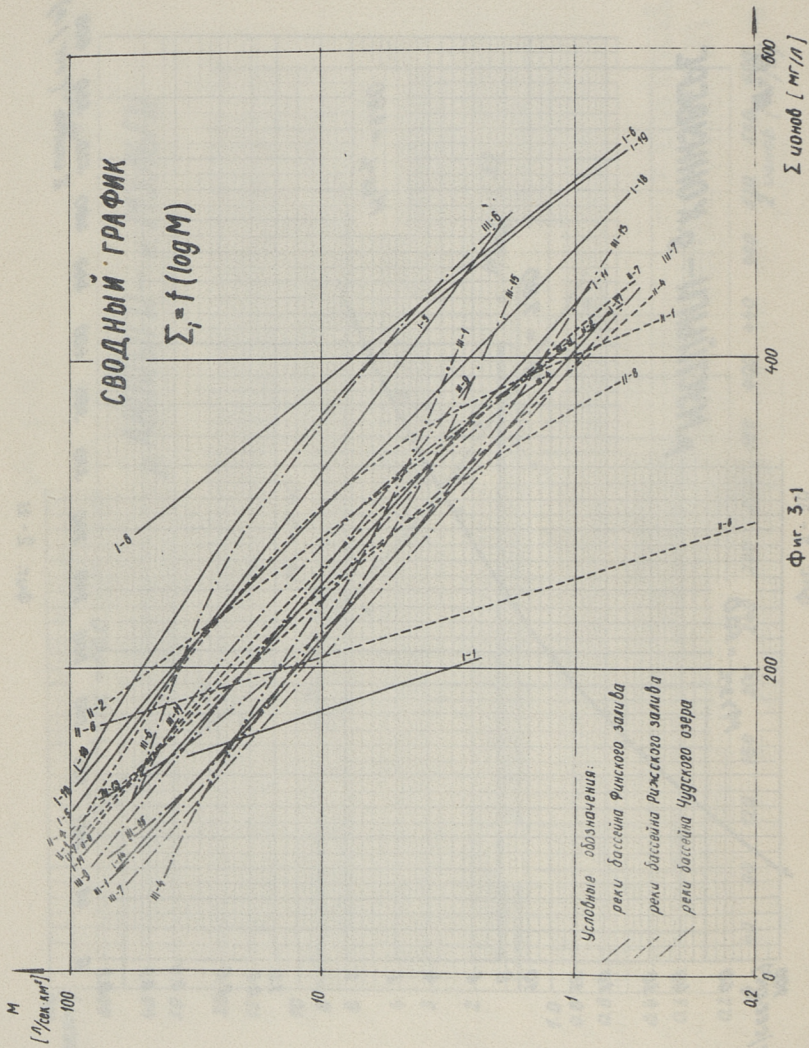
Фиг. 2 - 20

ИВ-15

# Р. МУСТАЙЫТИ - 9. КОММУВЕРЕ

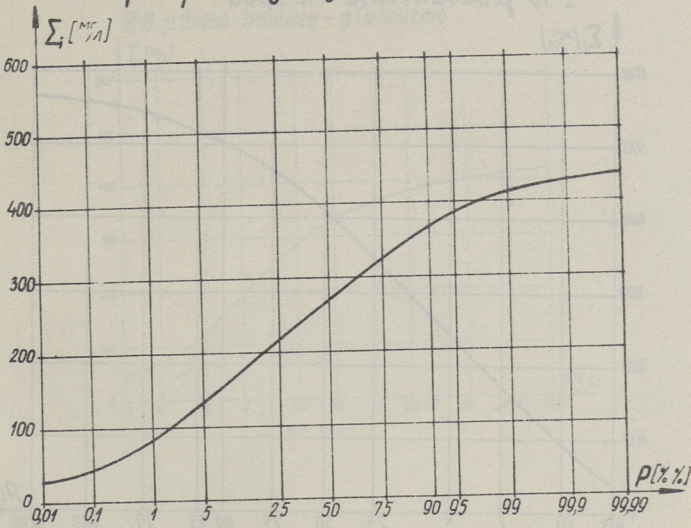


Фиг. 2-21



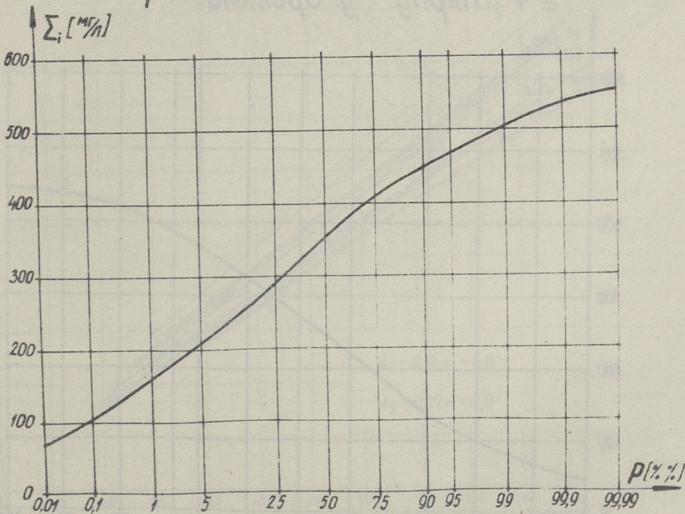


### I-14 р. Пирита-д. Плаункюла



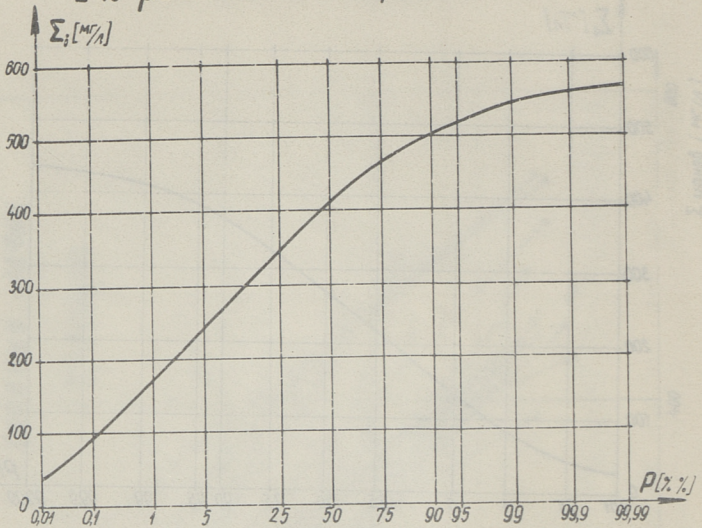
Фиг. 4-1

### I-18 р. Кейла - 2. Кейла



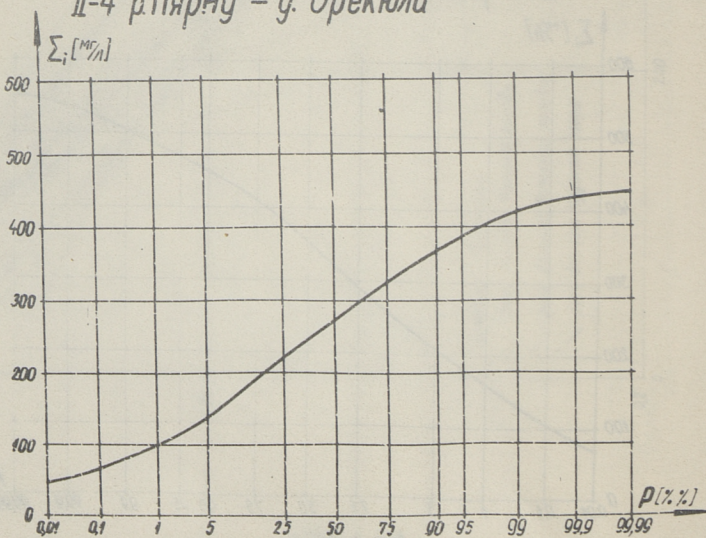
Фиг. 4-2

I-19 р. Вазалемма - х. Урба



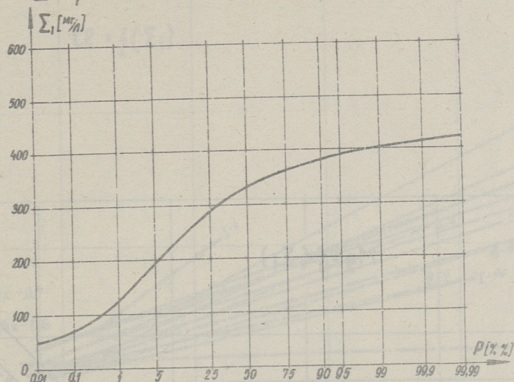
Фиг. 4-3

II-4 р. Пярну - г. Орехюла

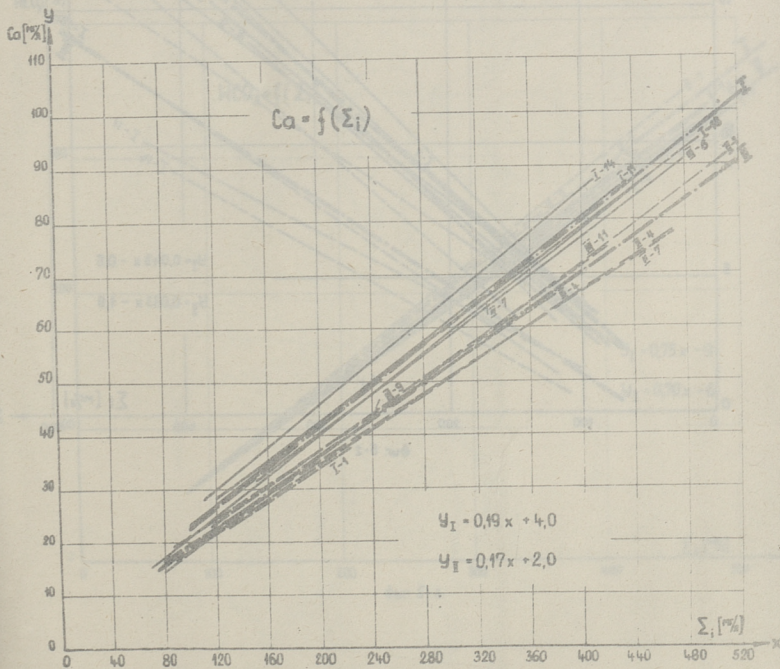


Фиг. 4-4

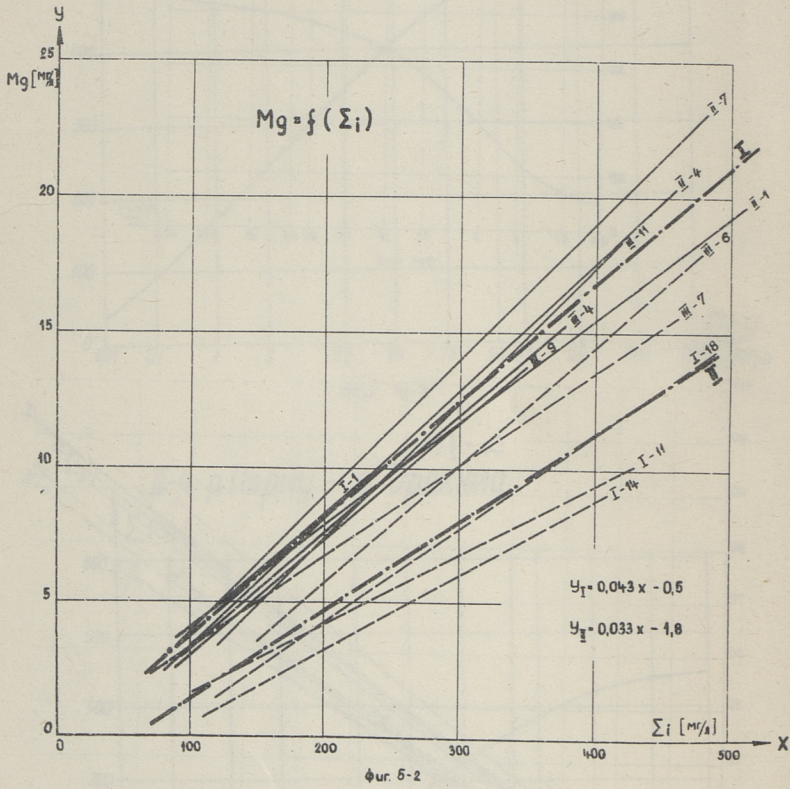
III-11 р. Вязке-Эмайыев - г. Тыллисте

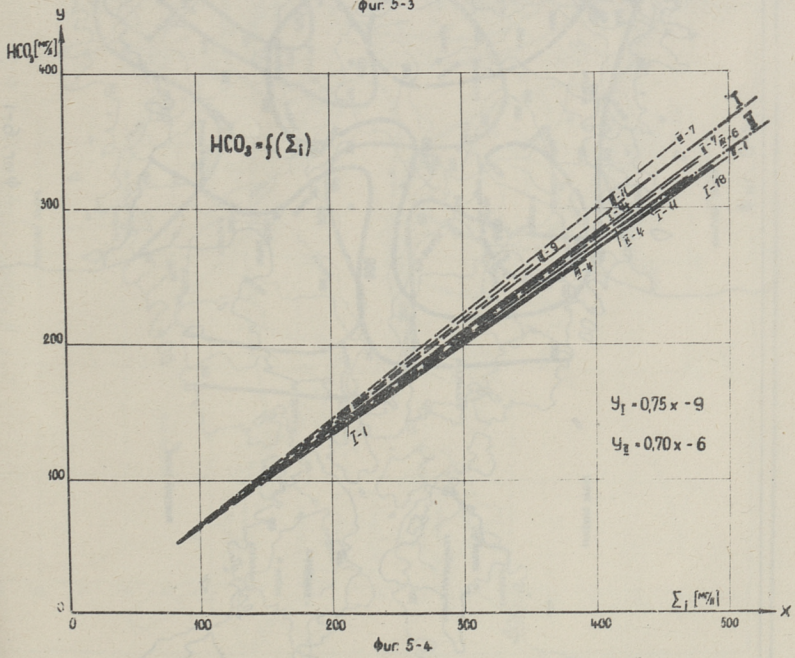
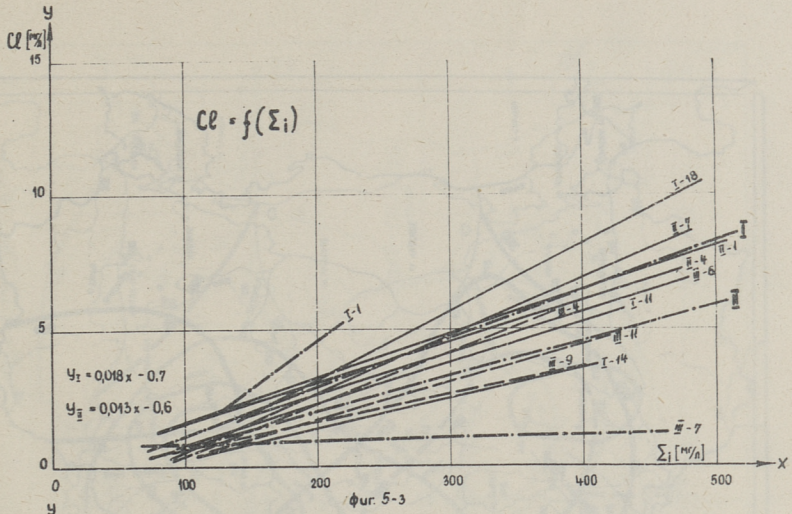


Фиг. 4-5

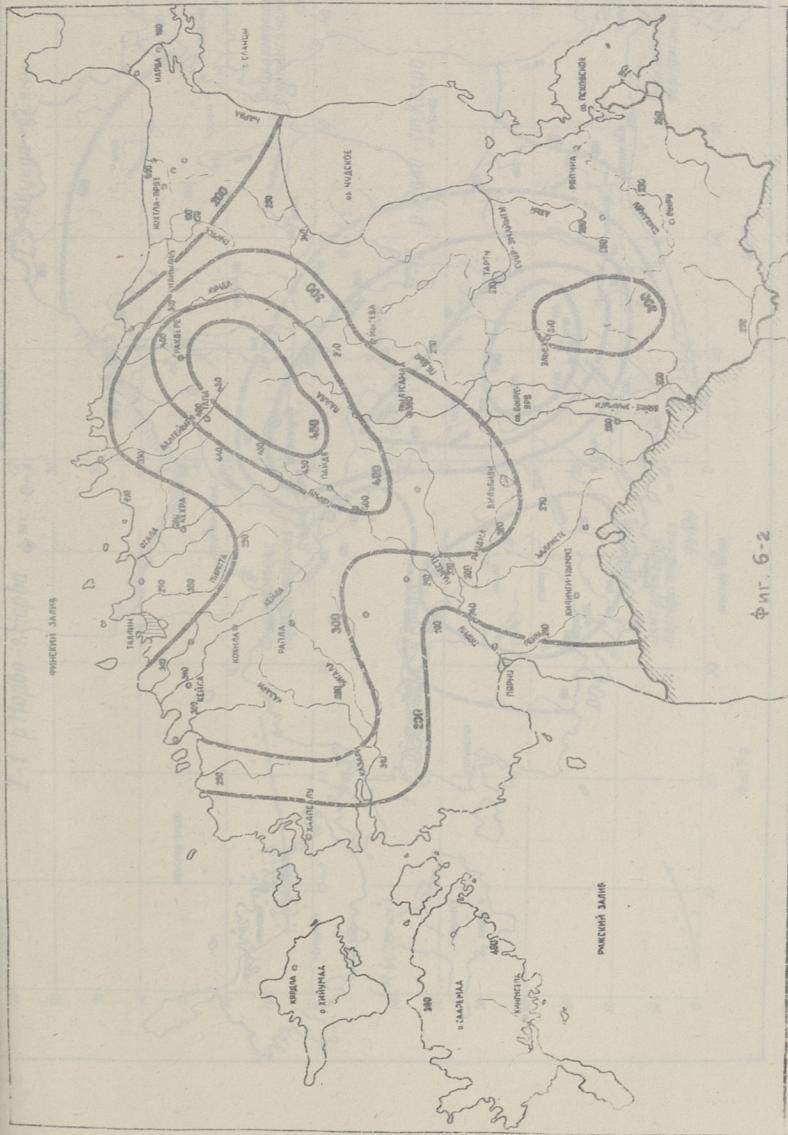


Фиг. 5-1





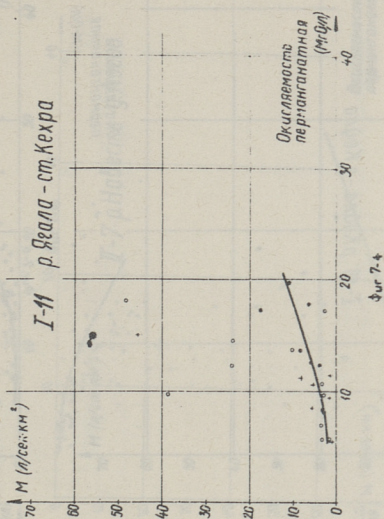
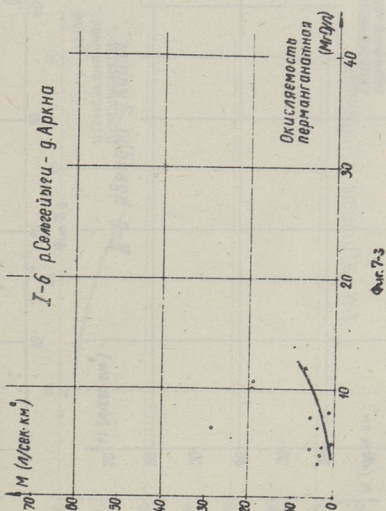
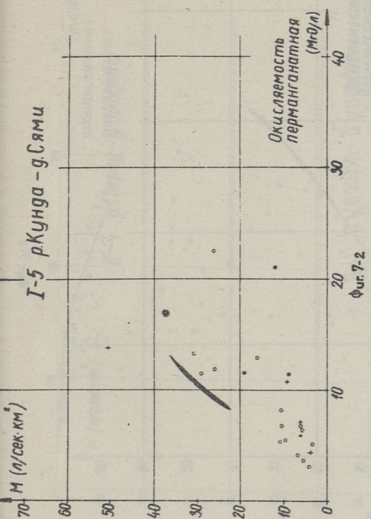
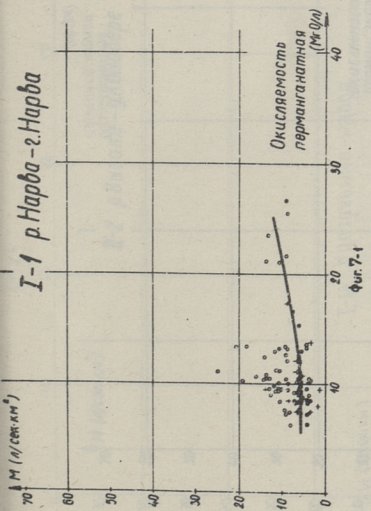


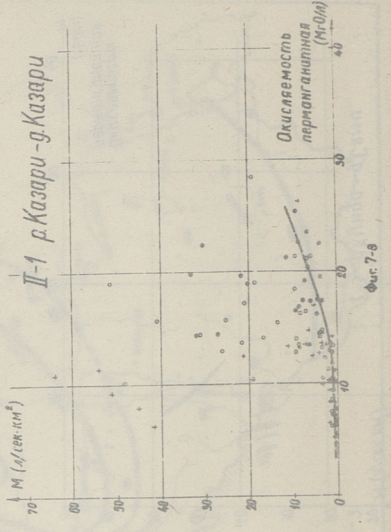
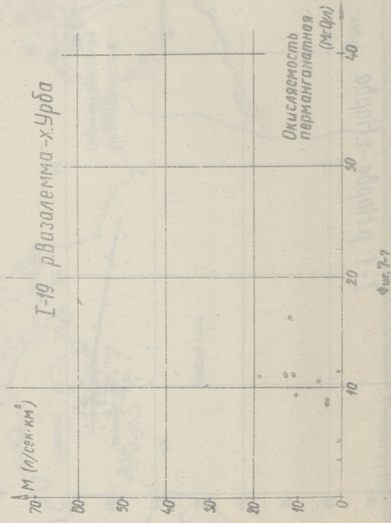
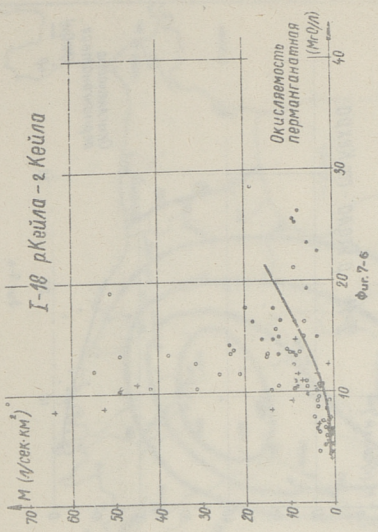
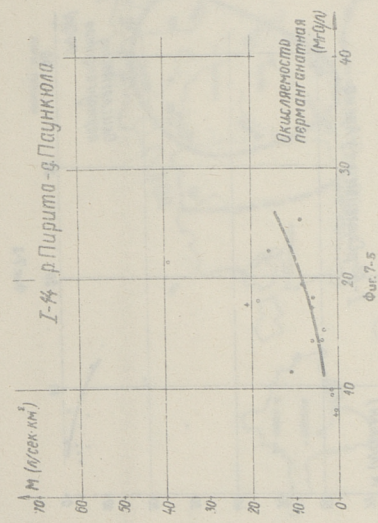


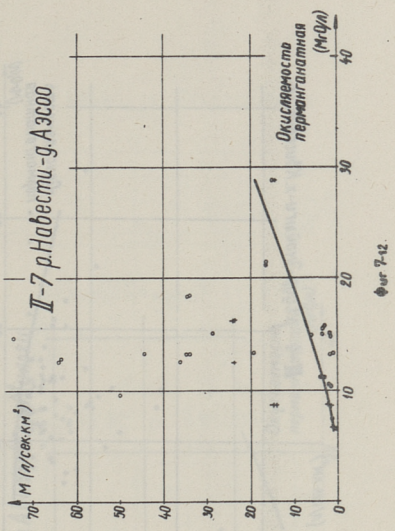
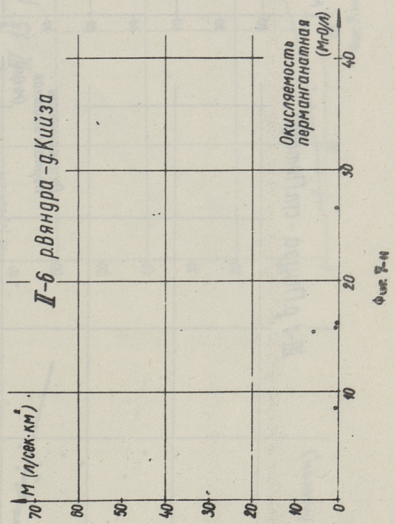
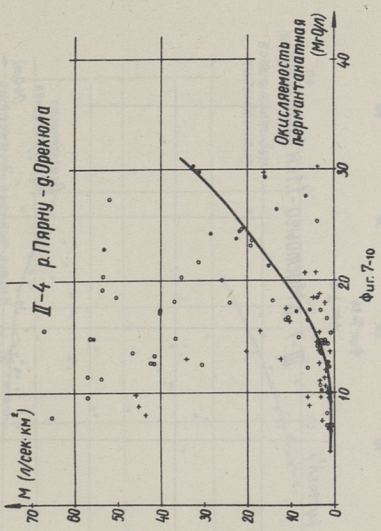
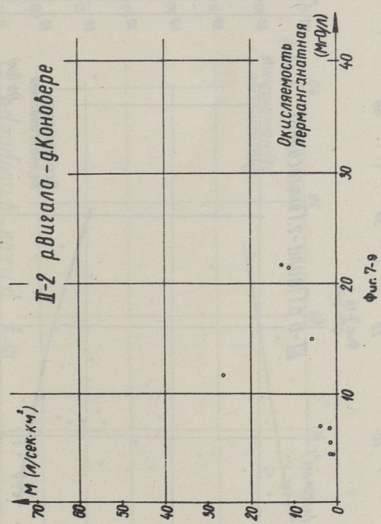
Фиг. 6-2

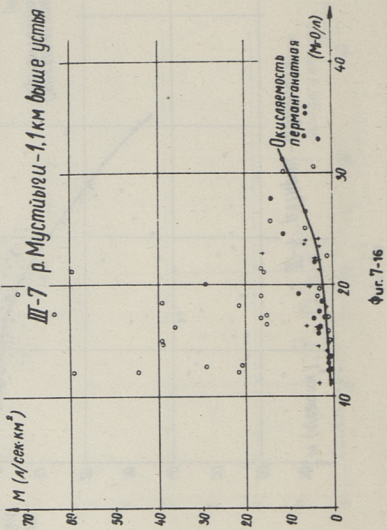
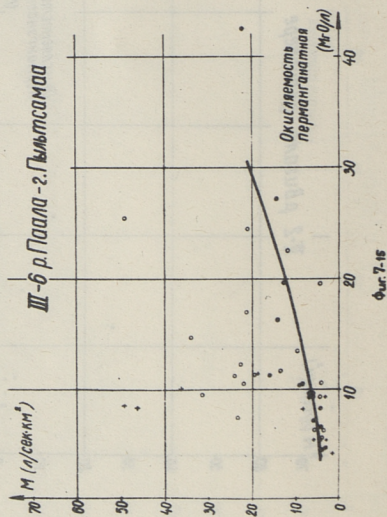
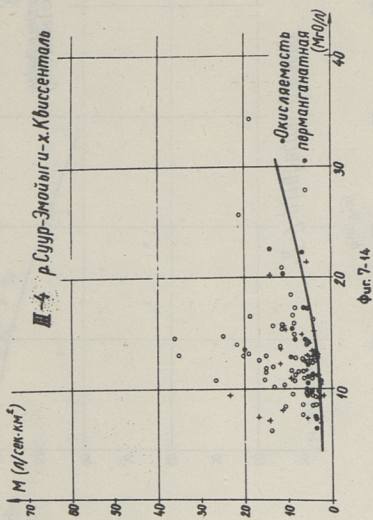
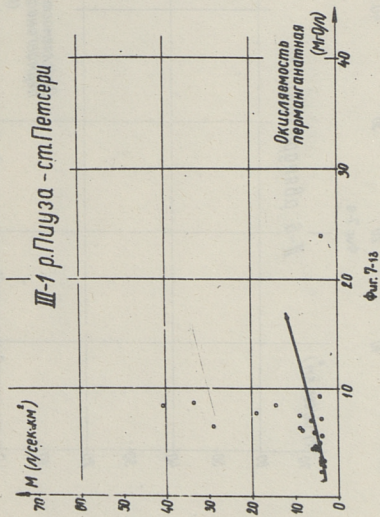


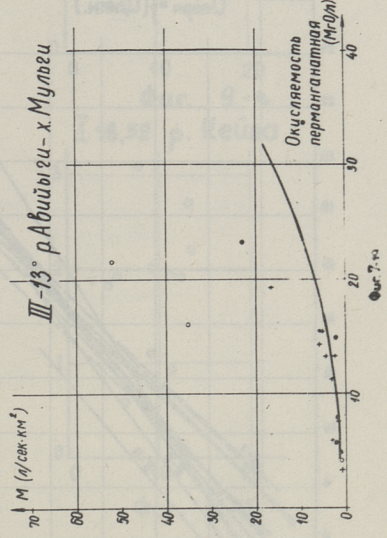
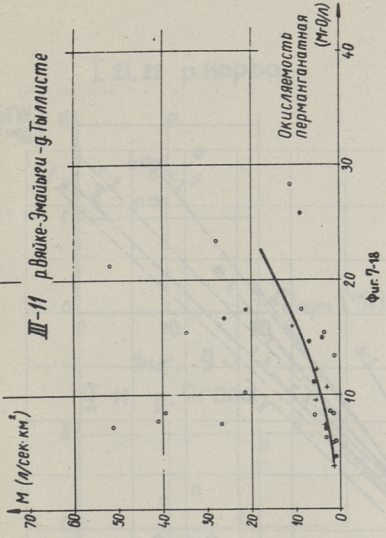
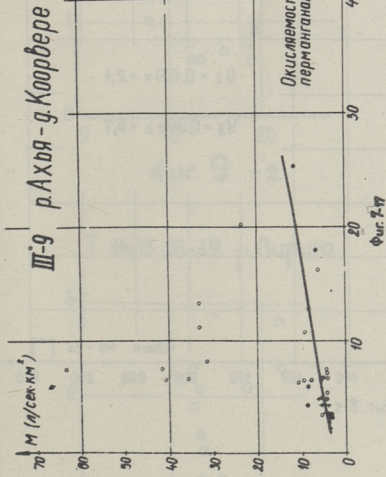


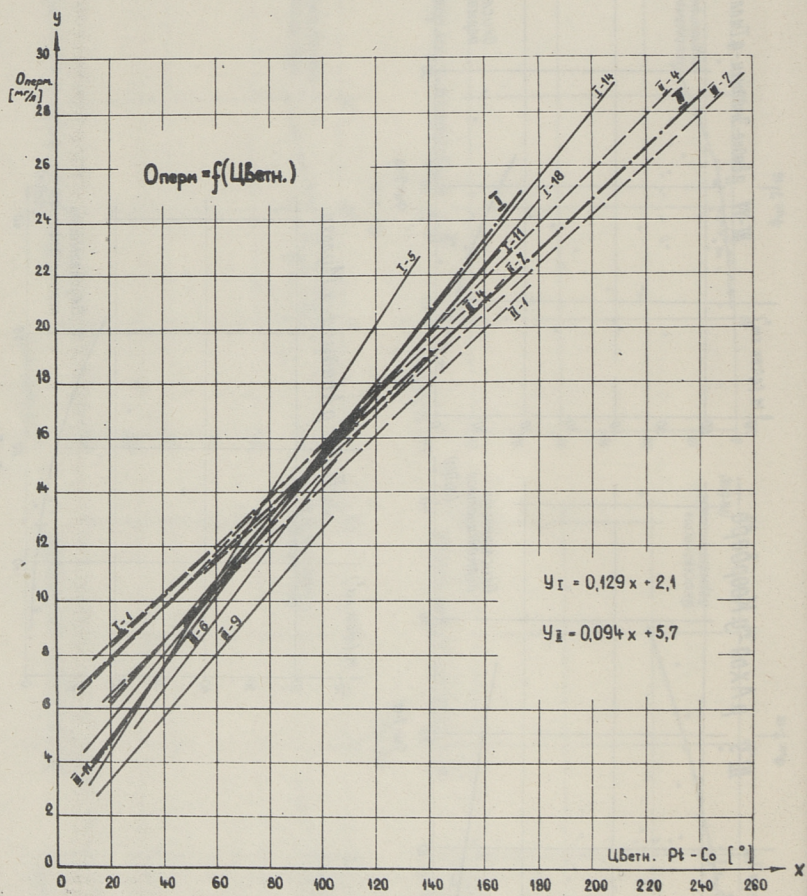






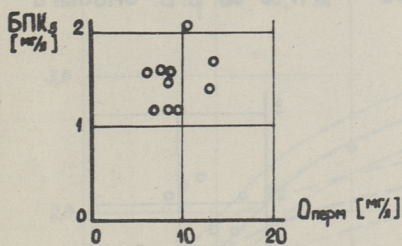






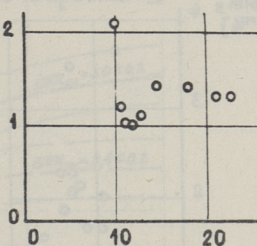
Фиг. 8-1

I 21,22 р. Нарва



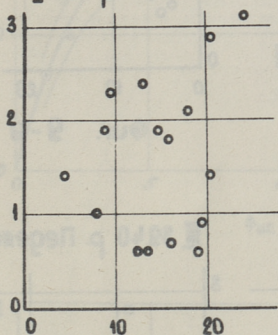
Фиг. 9-1

I 42-44 р. Леивайыги



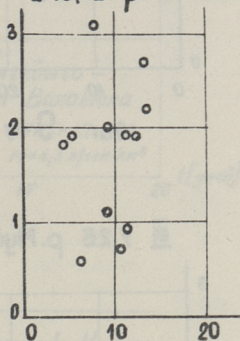
Фиг. 9-4

I II. р. Ягана



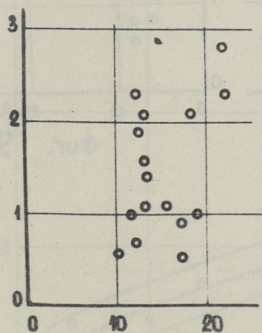
Фиг. 9-2

I 18,52 р. Кейла



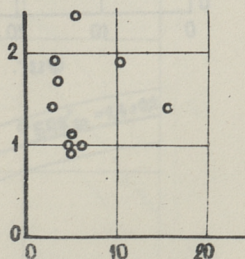
Фиг. 9-5

I 14,15,36-39 р. Пирита

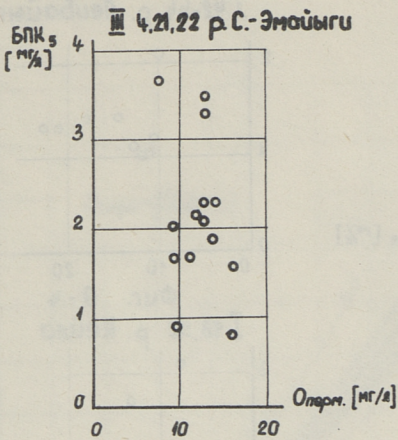


Фиг. 9-3

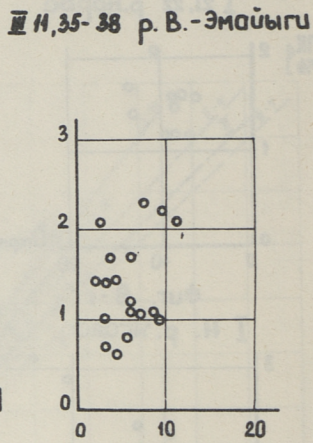
III 3,19 р. Выханду



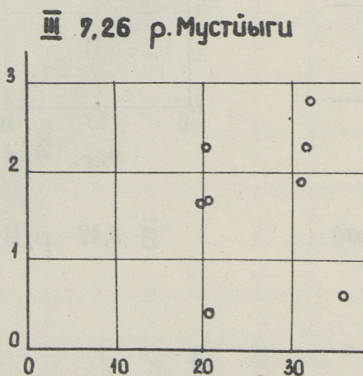
Фиг. 9-6



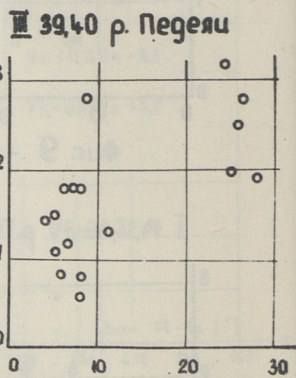
Фиг. 9-7



Фиг. 9-8

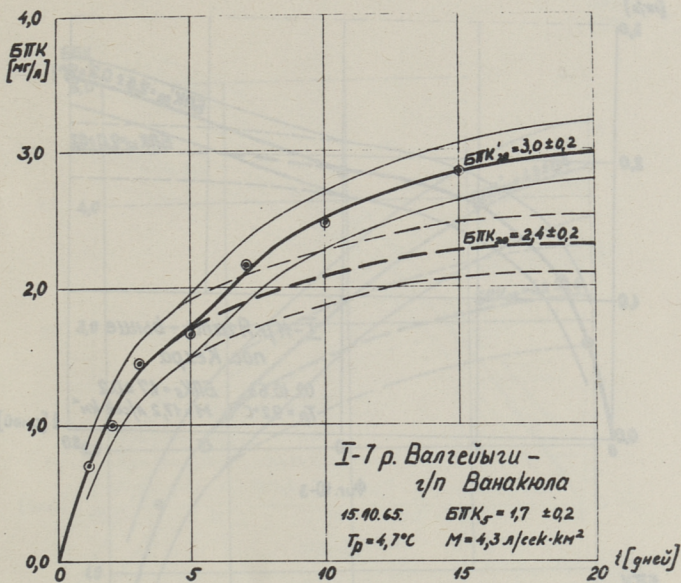


Фиг. 9-9

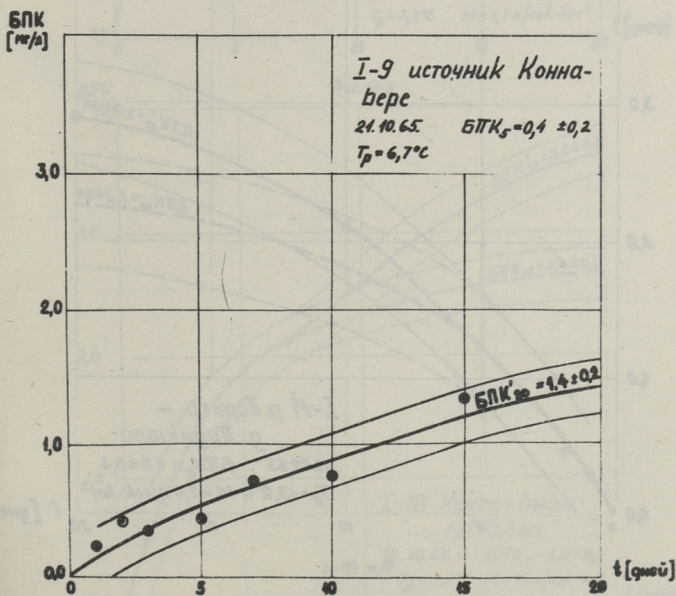


Фиг. 9-10

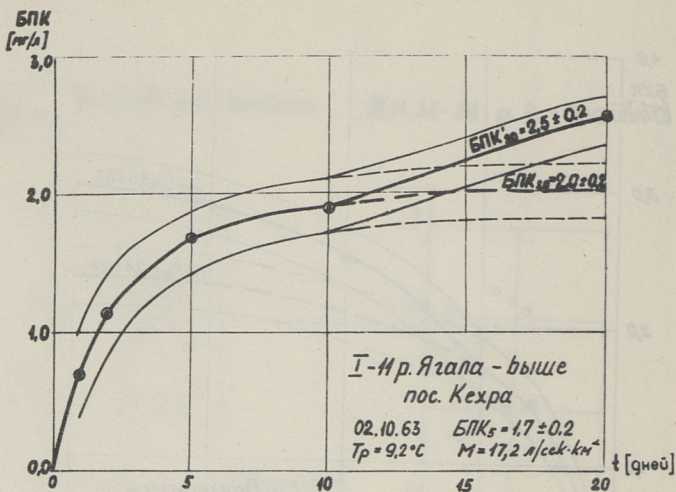




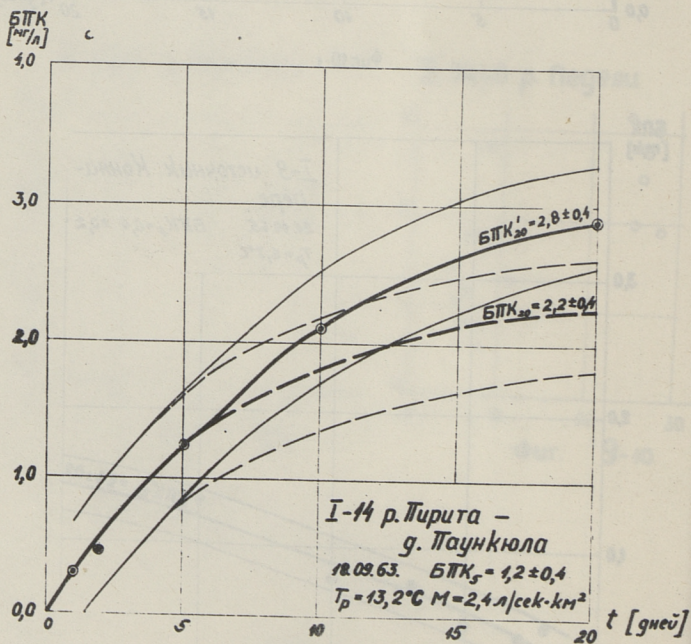
Фиг.10-1



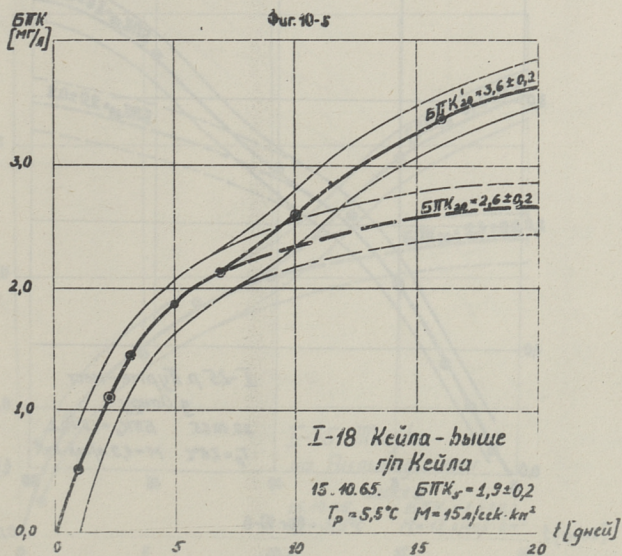
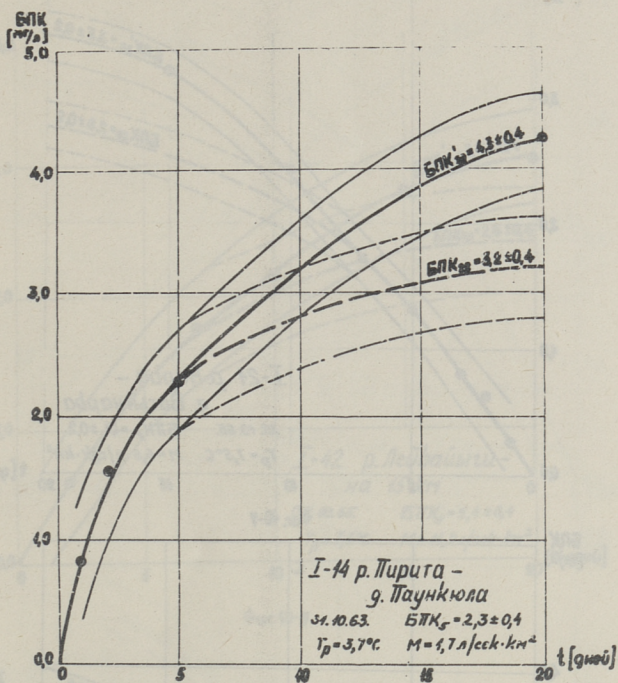
Фиг.10-2



Фиг. 10-3

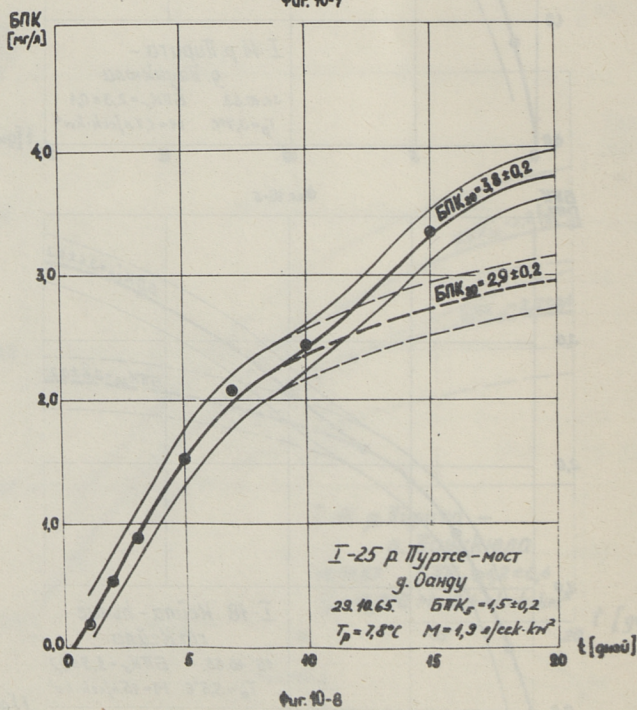
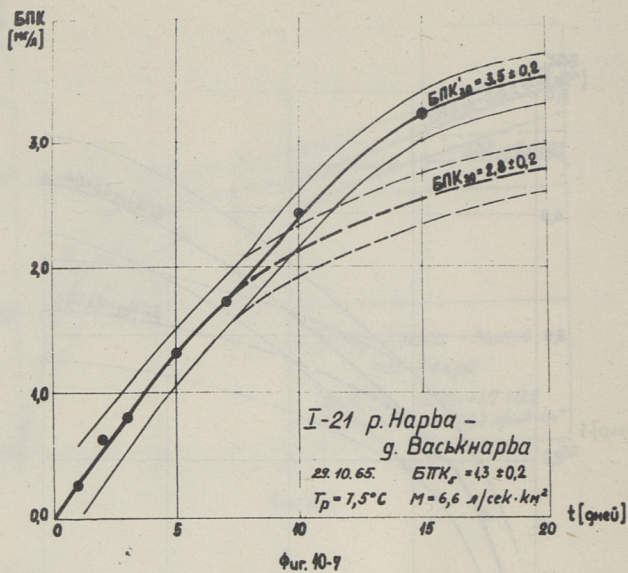


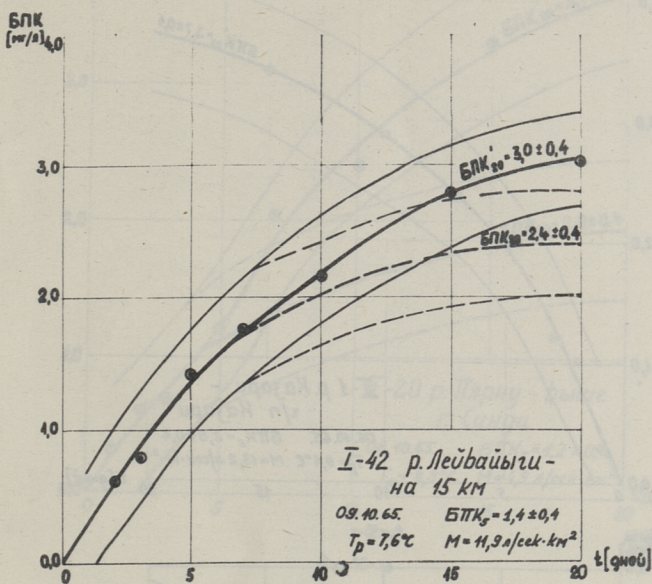
Фиг. 10-4



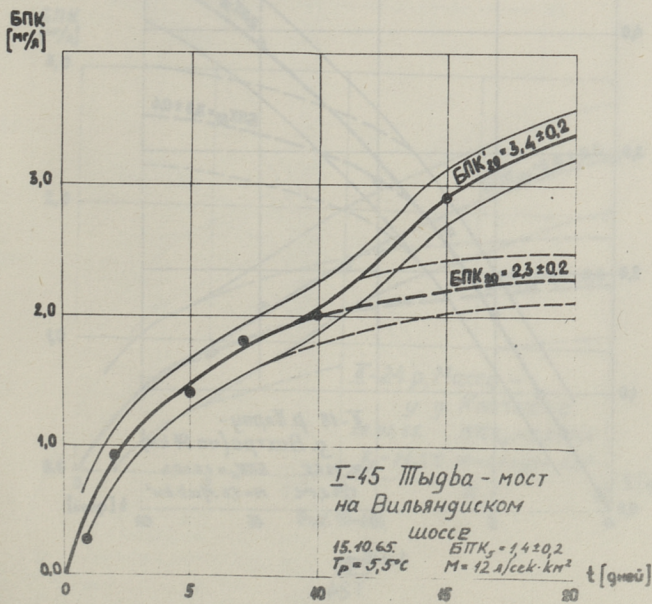
Фиг. 10-5

Фиг. 10-6

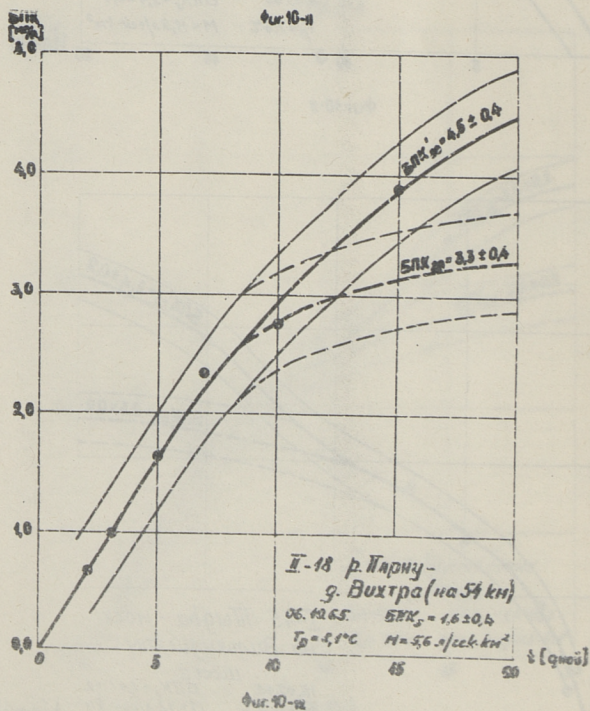
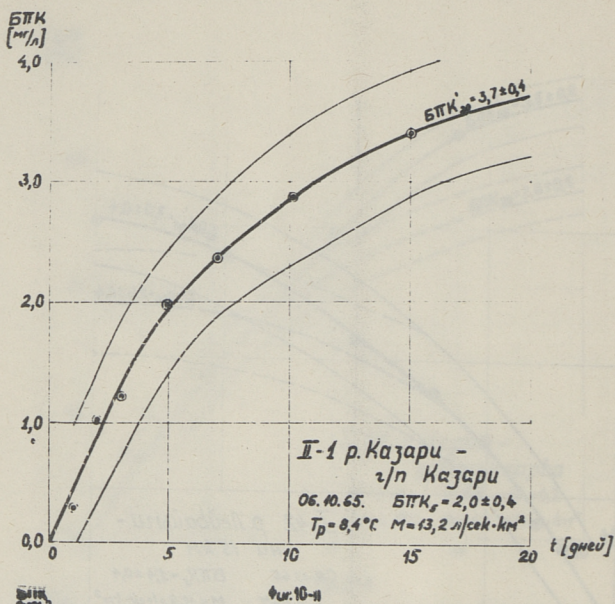


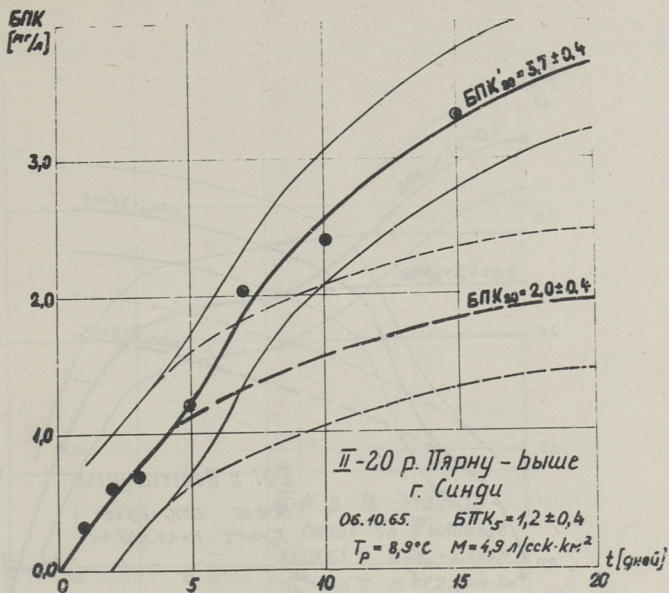


Фиг. 10-9

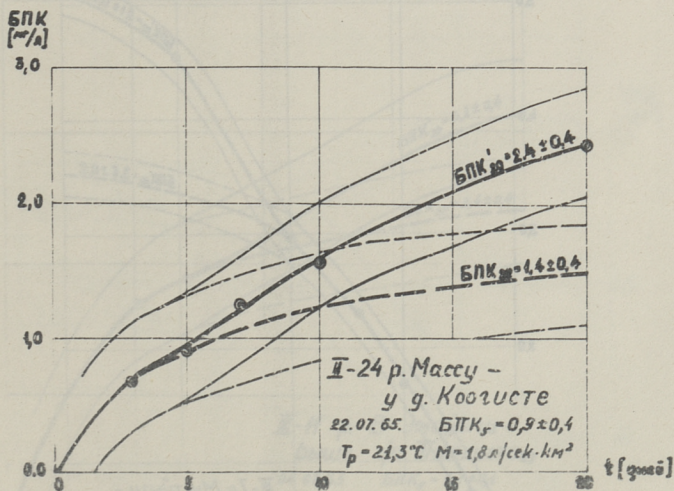


Фиг. 10-10

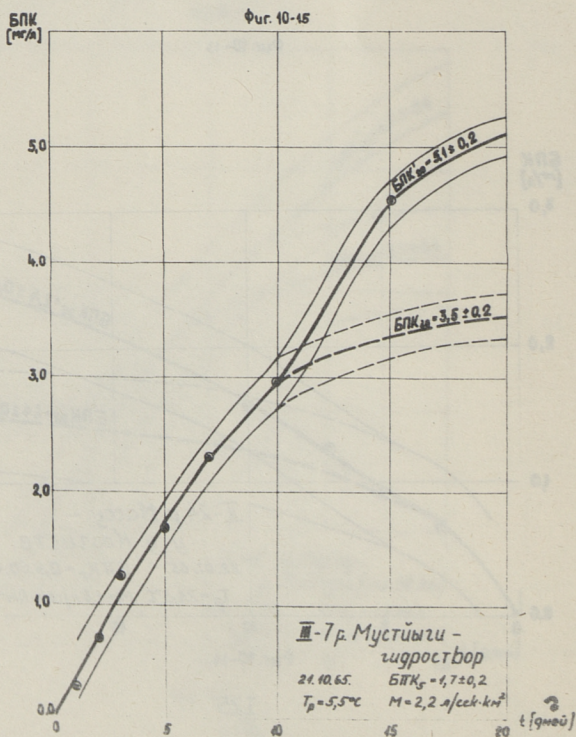
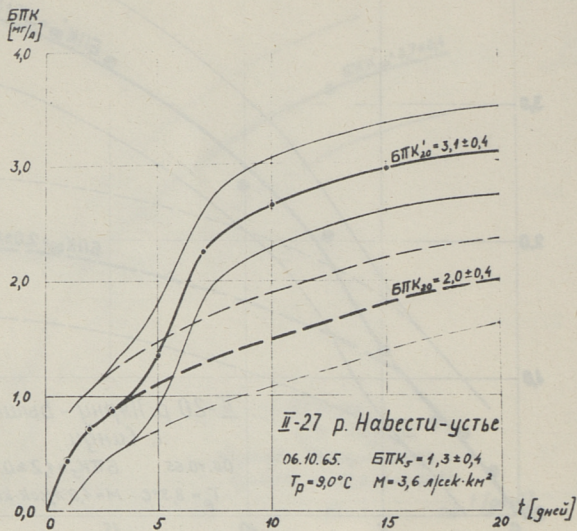




Фиг. 10-13

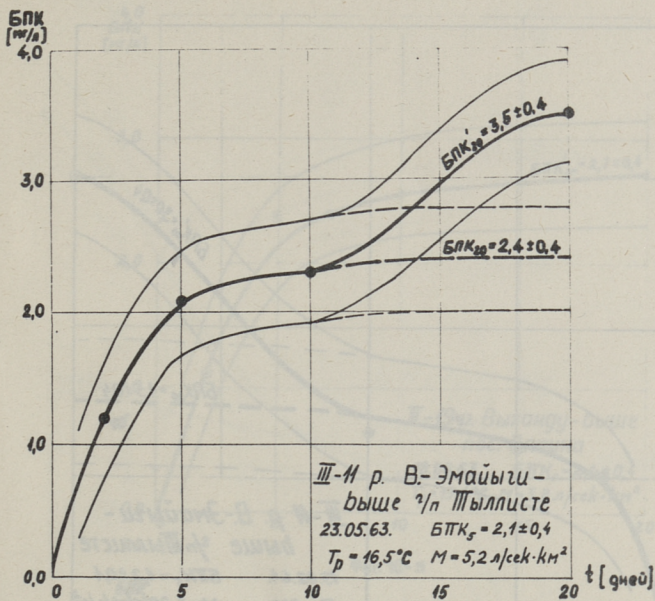


Фиг. 10-14

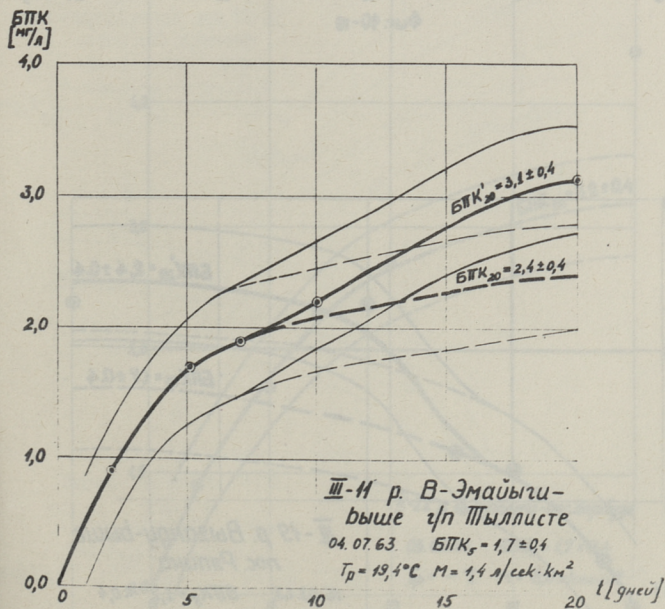


Фиг. 10-16

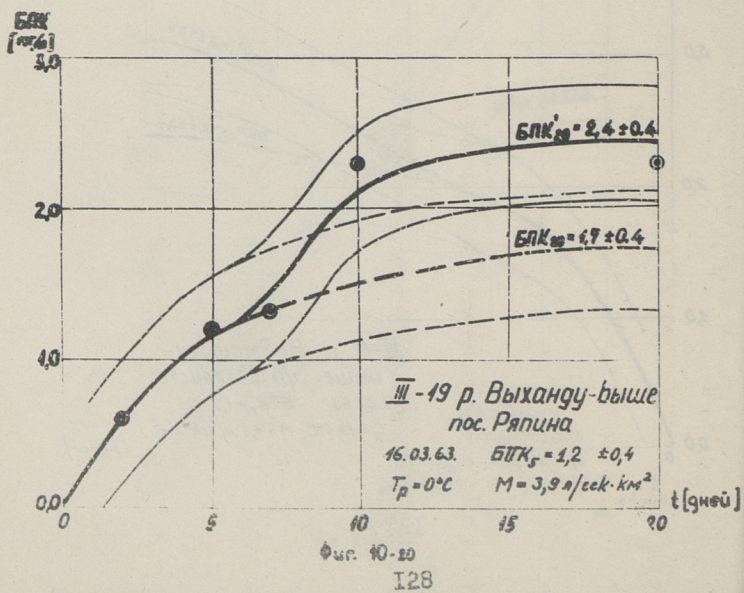
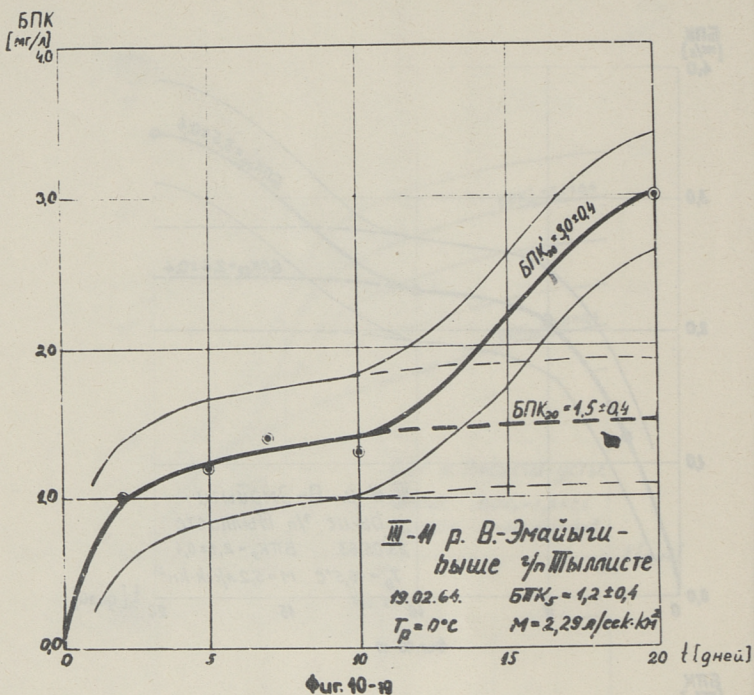


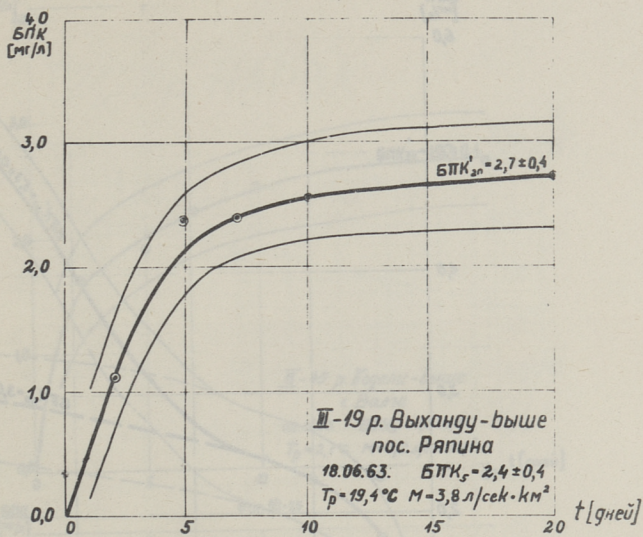


Фиг. 10-17

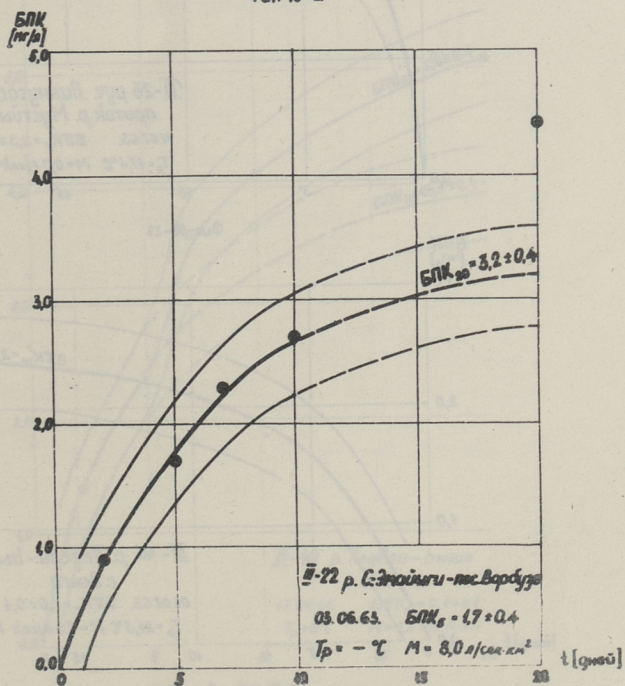


Фиг. 10-18

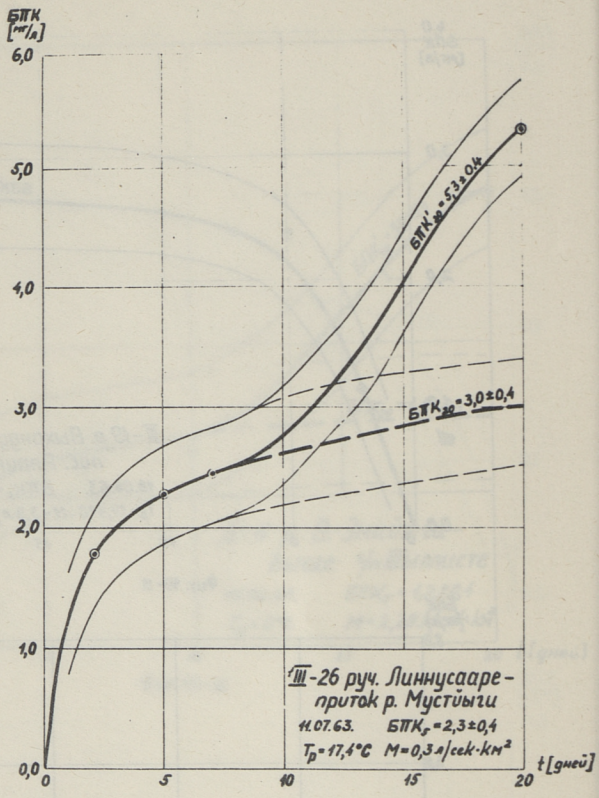




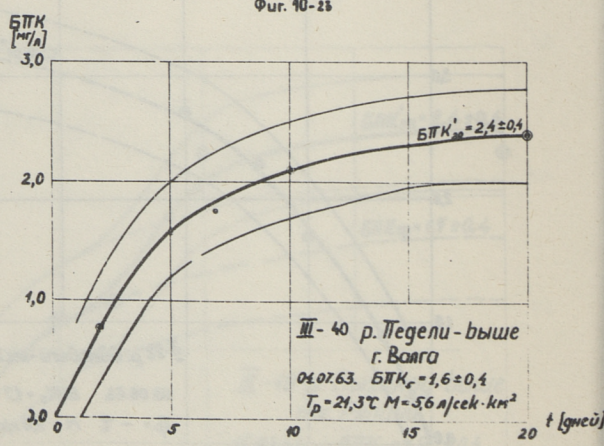
Фиг. 10-21



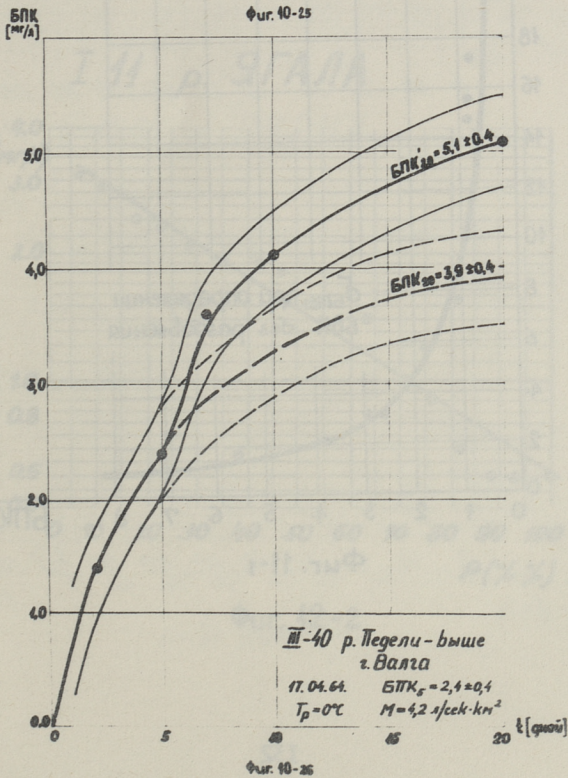
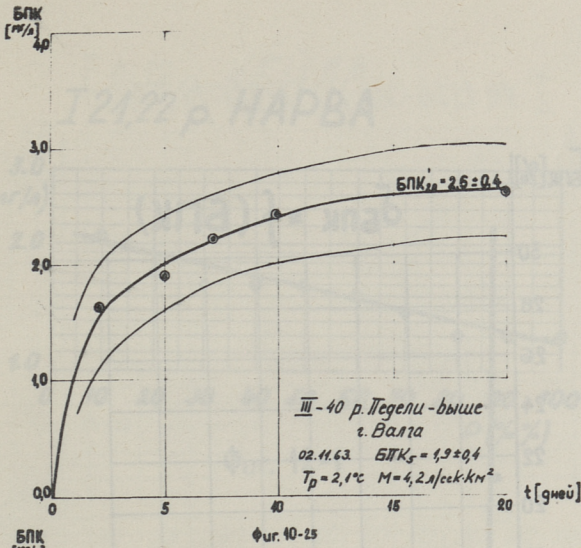
Фиг. 10-22

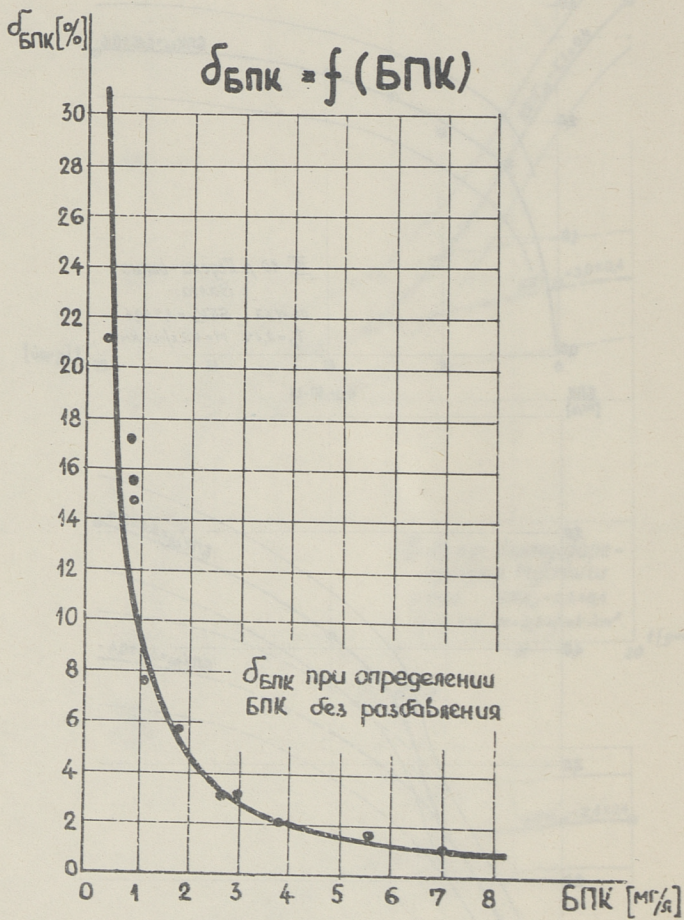


Фиг. 10-23



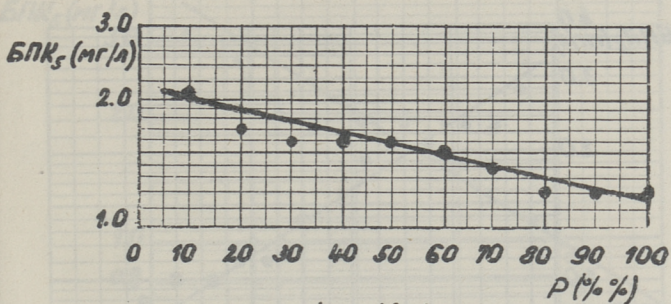
Фиг. 10-24





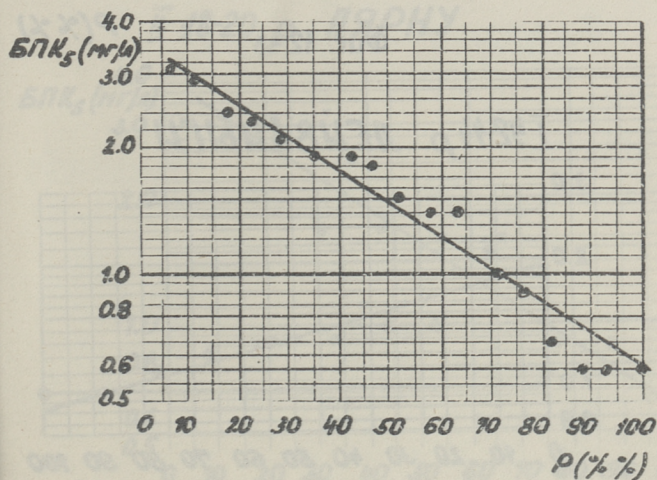
Фиг. 11-1

# I 21,22 р. НАРВА



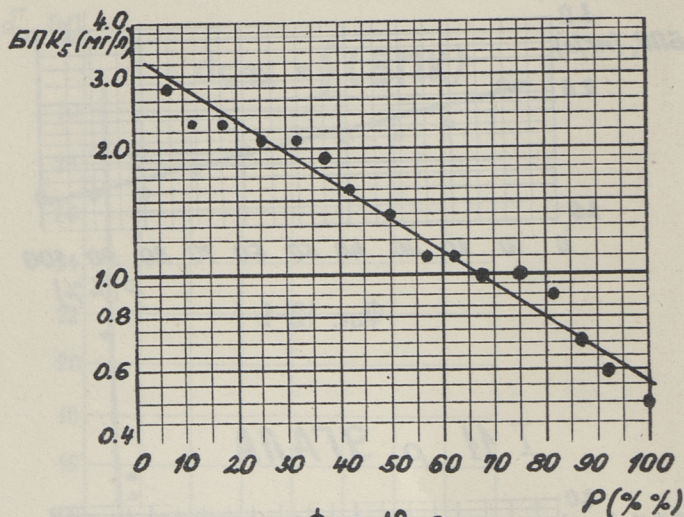
Фиг. 12-1

# I 11 р. ЭГАЛА



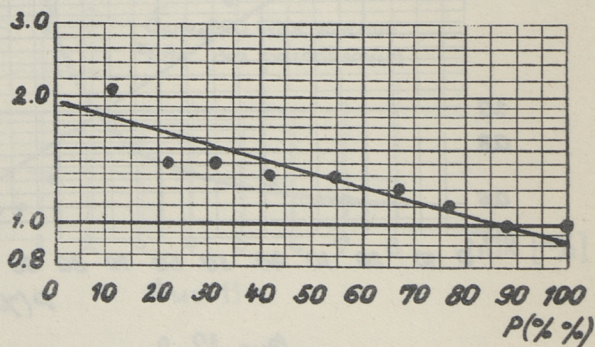
Фиг. 12-2

I 14,15,36-39 р. ПИРИТА



Фиг. 12-3

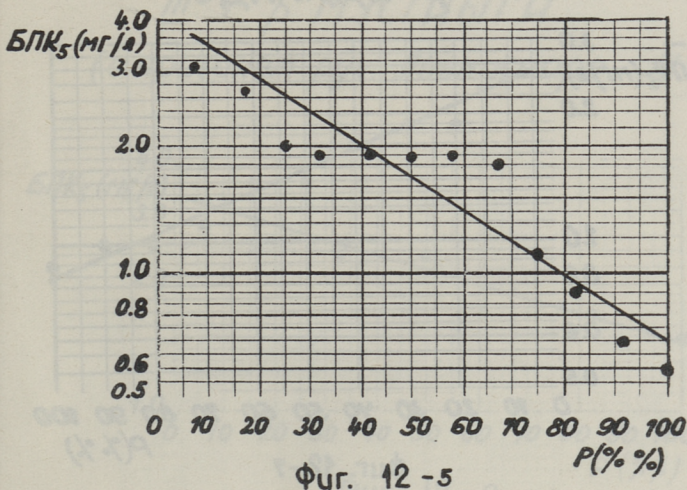
I 42-44 р. ЛЕЙВАЙЫГИ



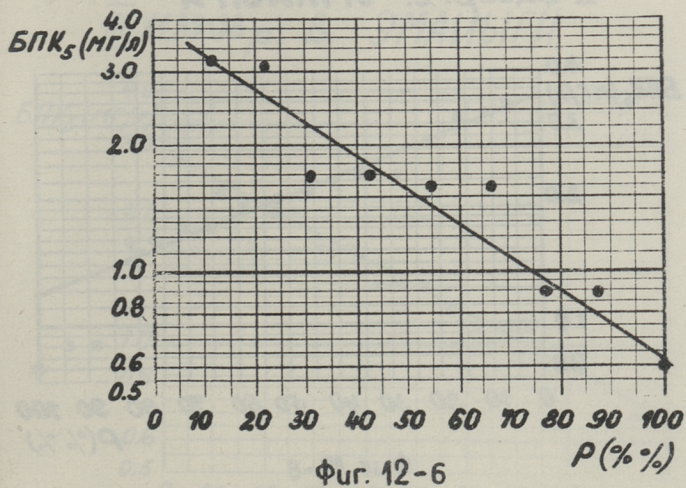
Фиг. 12-4



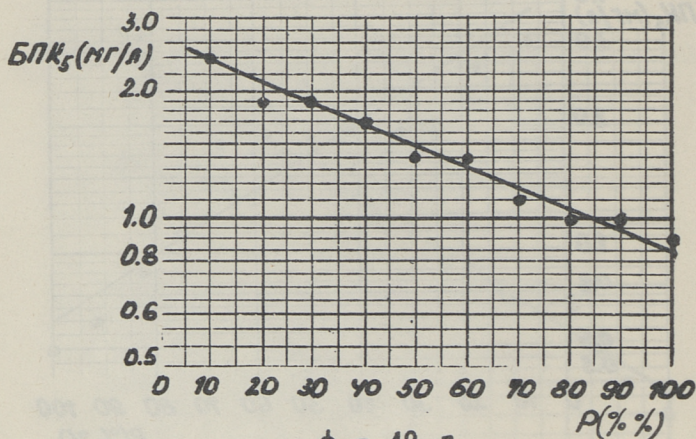
I 18,52 p. КЕЦЛА



II 18-20 p. ПЯРНУ

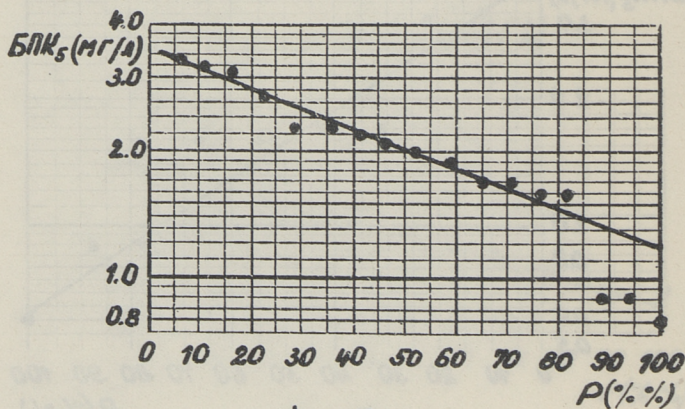


III 3,19 р. Выханду



Фиг. 12-7

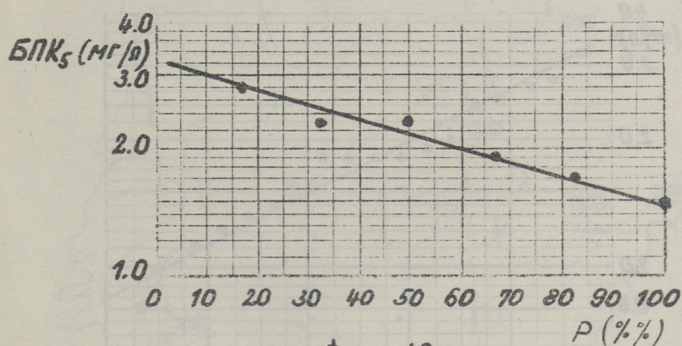
III 4,2122 р. С.-ЭМАЙЫГИ



Фиг. 12-8

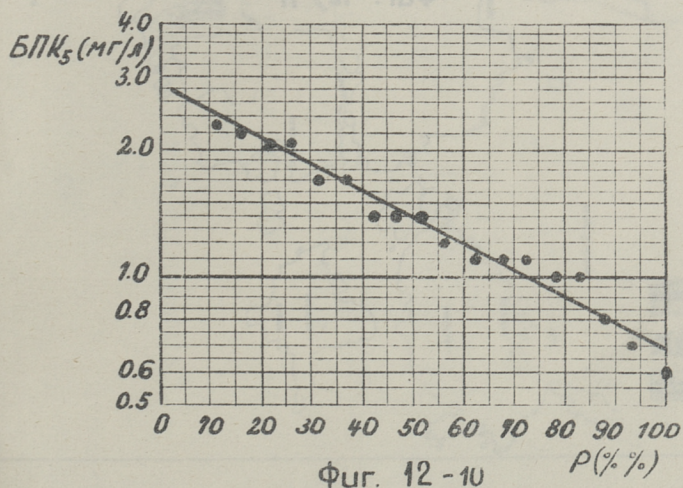
### III 7 р. МУСТЫЫГИ

(с притоком руч. Линнусааре III 26)



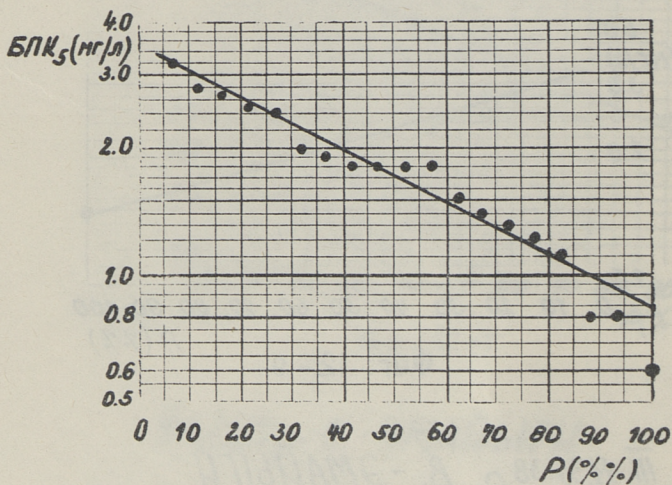
Фиг. 12-9

### III 11,35-38 р. В. - ЭМАЙЫГИ

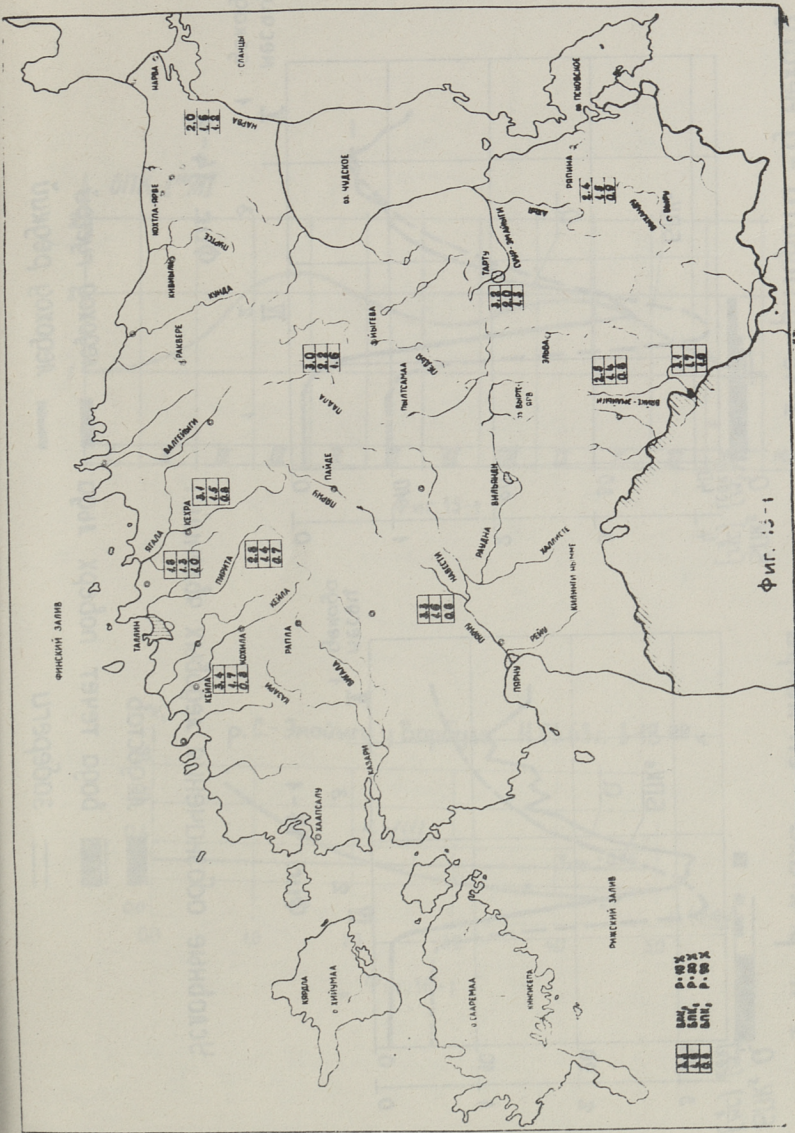


Фиг. 12-10

III 39,40 ρ. ΠΕΔΕΛΗ

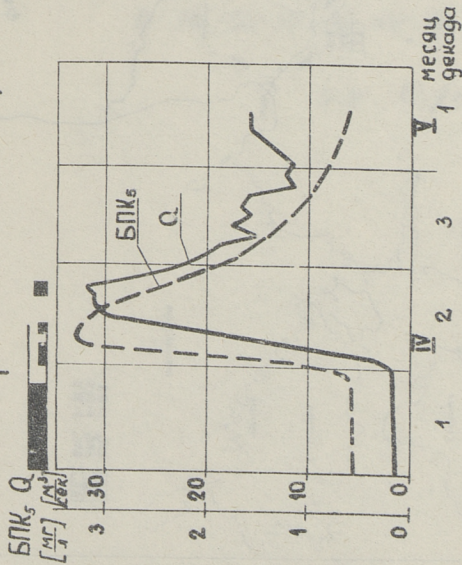


Φιγ. 12-11



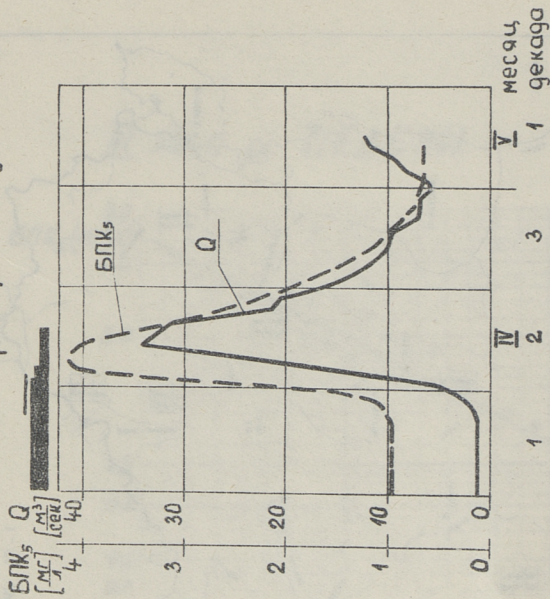
Фиг. 15-1

I-11 р. Ягала - ст. Кехра



Фиг. 14-1

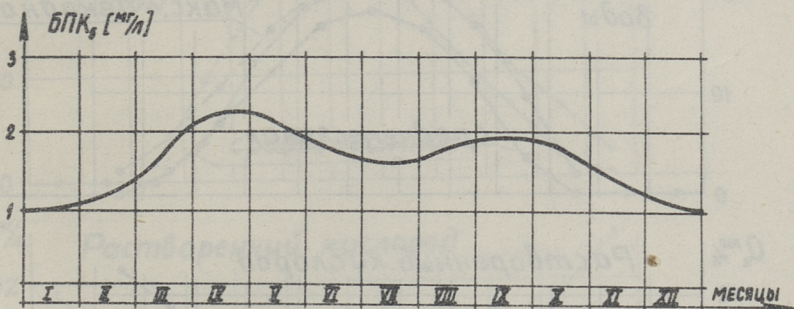
I-15 р. Пурита - г. Нехату



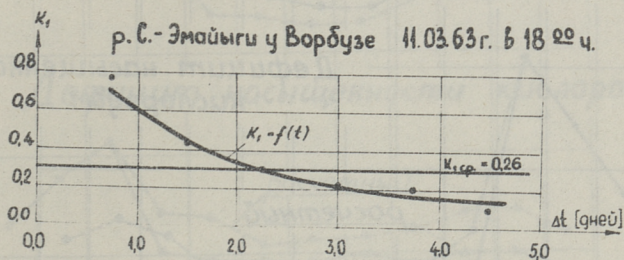
Фиг. 14-2

Условные обозначения ледовых явлений :

- ледостаб
- вода течет по верх льда
- — — — — забереги
- ледоход густой
- — — — — ледоход редкий

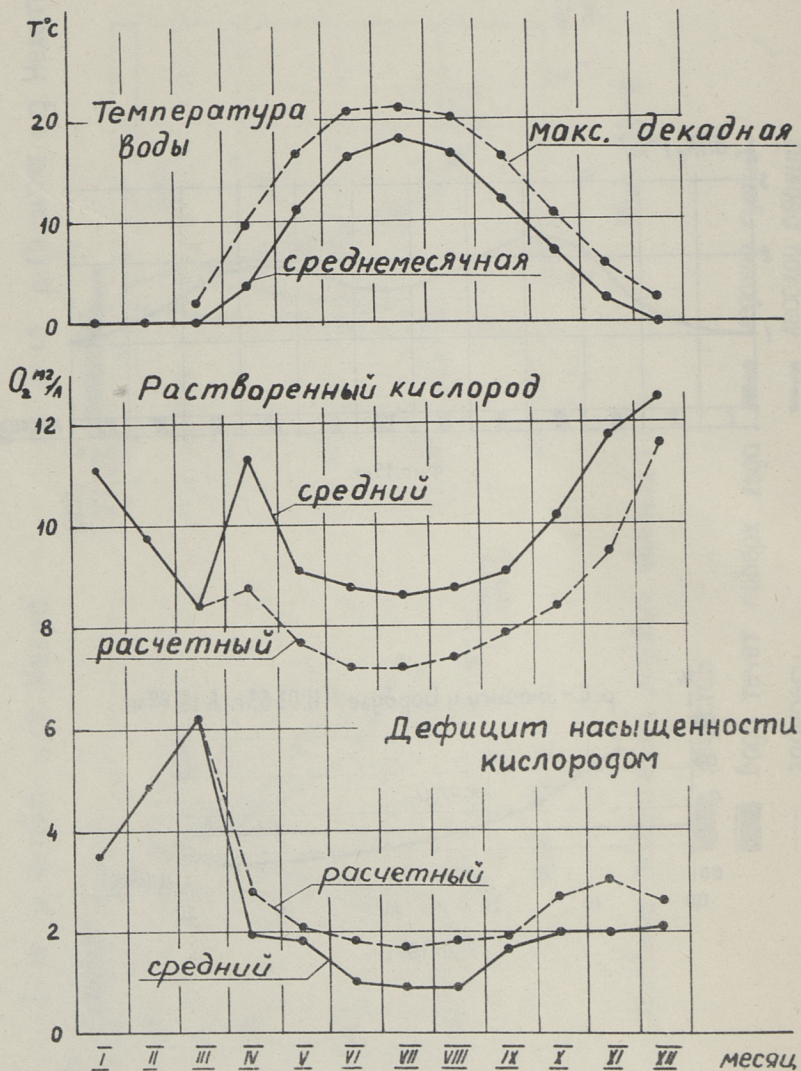


Фиг. 15-1



Фиг. 16-1

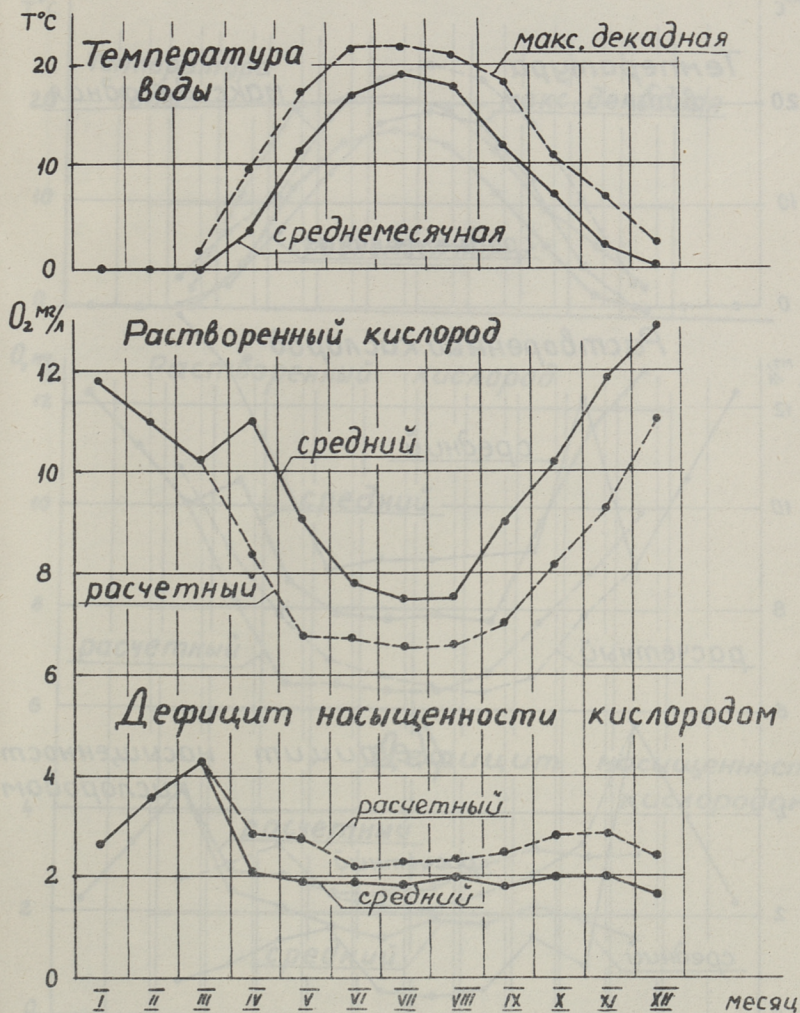
I-18 р. Кейла - г. Кейла



Фиг. 17-1

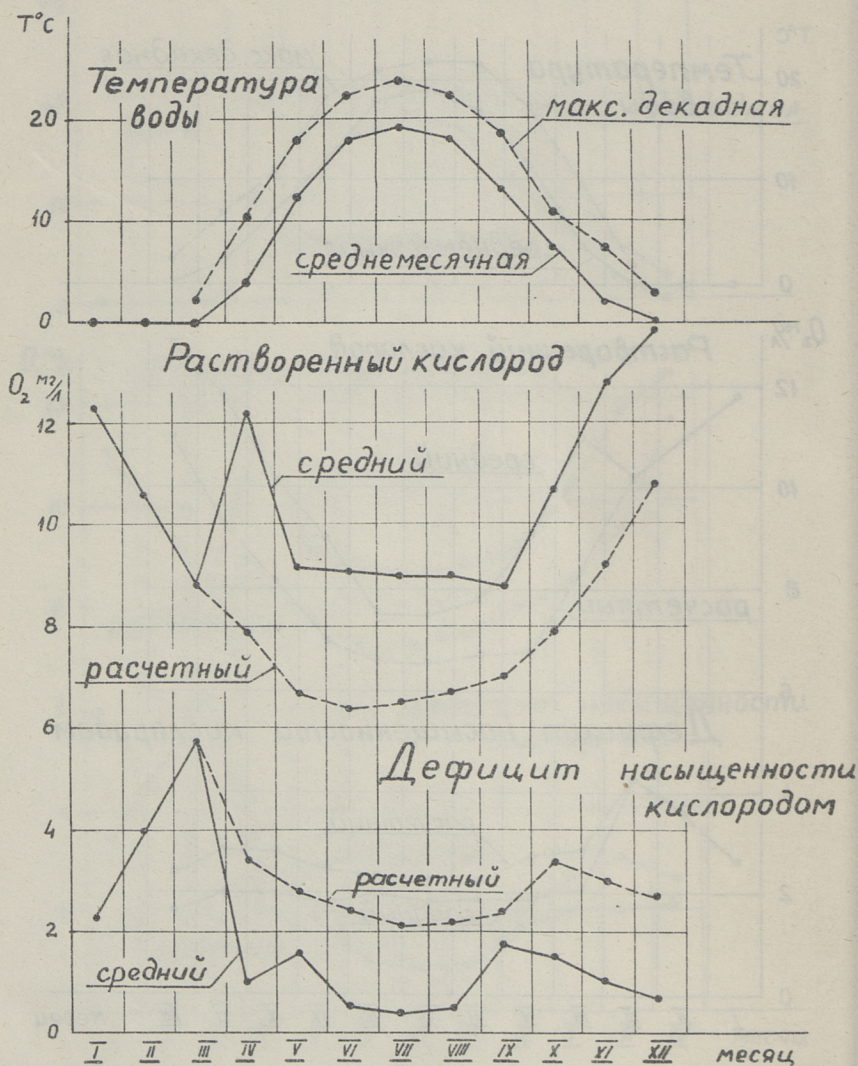


II-1 р. Казари - д. Казари



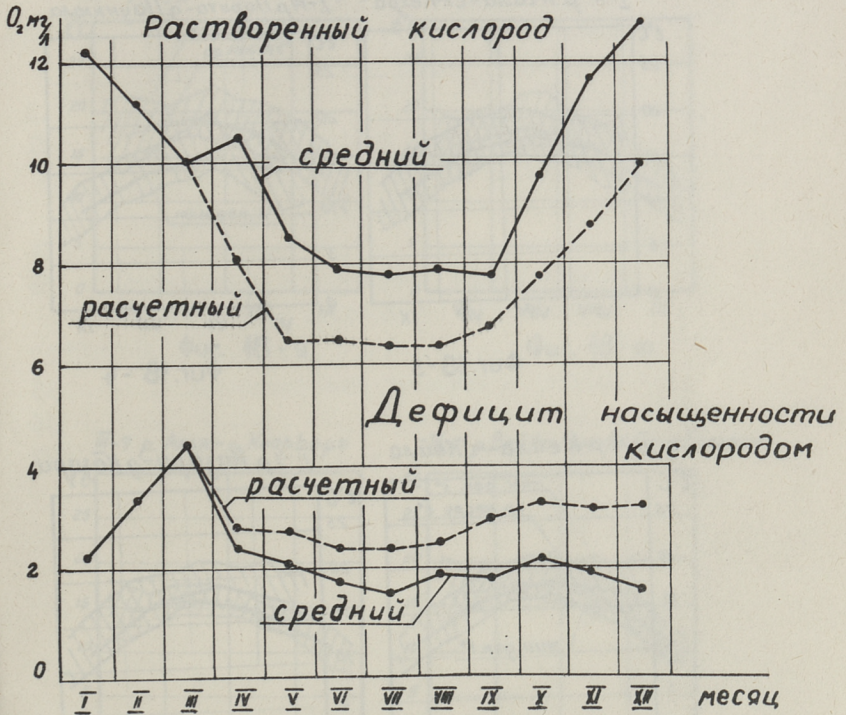
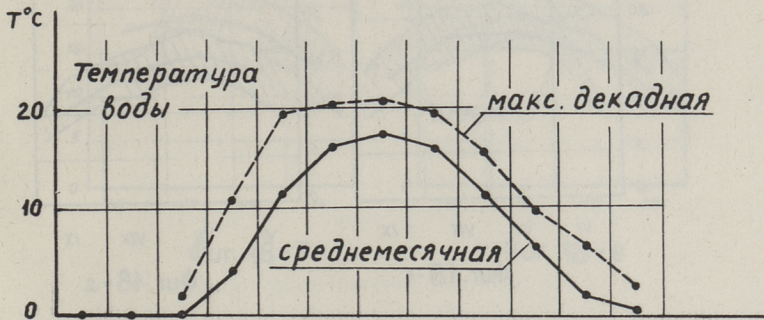
Фиг. 17-2

II-4. р. Пярну - д. Орехюла



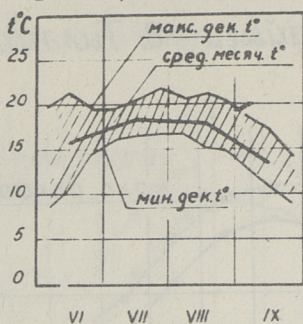
Фиг. 17-3

III-11 р. В.-Эмайыги - д. Тыллисте



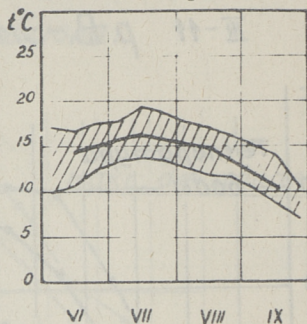
Фиг. 17-4

I-1 р. Нарва - 2. Нарва



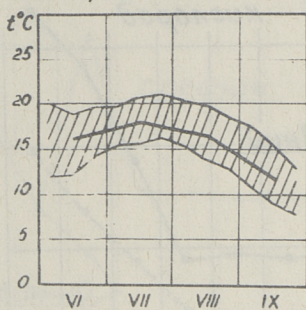
Фиг. 18-1

I-5 р. Кунда-г. Сямя



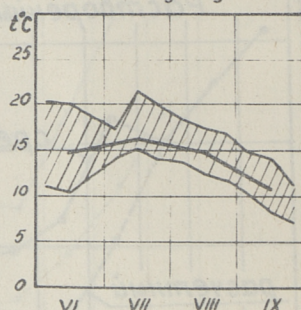
Фиг. 18-2

I-11 р. Ягала-ст. Кехра



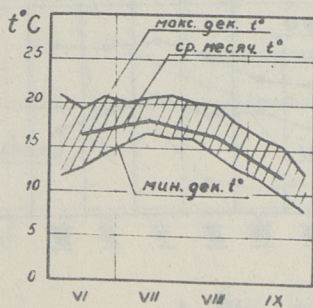
Фиг. 18-3

I-14 р. Пирита-г. Паункюла



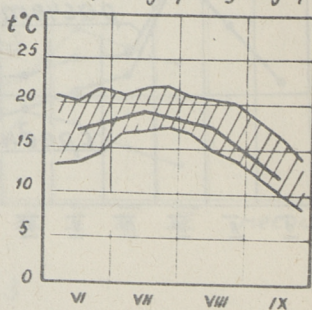
Фиг. 18-4

I-18 р. Кейла-2. Кейла



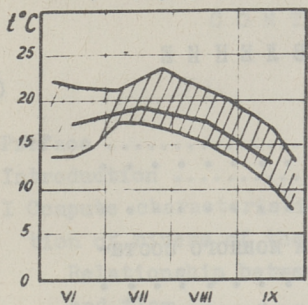
Фиг. 18-5

II-1 р. Казари-г. Казари



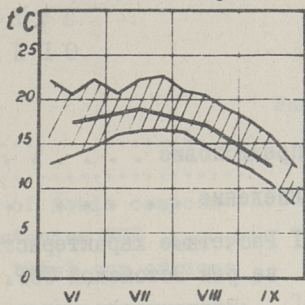
Фиг. 18-6

II-4 р. Пярну-г. Орехюла



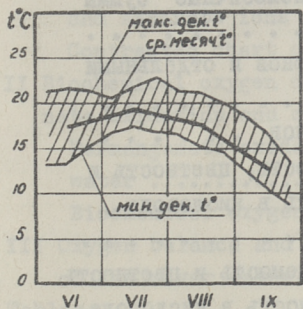
Фиг. 18-7

II-7 р. Навесту-г. Аэсоо



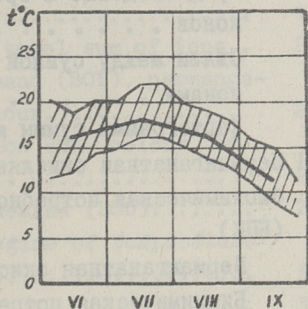
Фиг. 18-8

III-4 р. Суур-Эмайги-г. Тарту



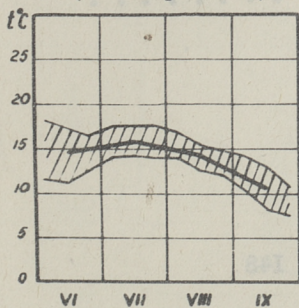
Фиг. 18-9

III-6 р. Паала-г. Пылтсамаа



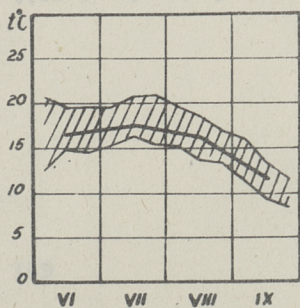
Фиг. 18-10

III-9 р. Ахья-г. Коорвере



Фиг. 18-11

III-11 р. Вяйке-Эмайги-г. Тыллисте



Фиг. 18-12

## О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	7
I Расчетные характеристики ионного состава рек Эстонской ССР. . . . .	II
Зависимость между суммой ионов и стоком . . . . .	12
Кривые обеспеченности суммы ионов $\Sigma_i = f(P\%)$ . . . . .	15
Среднегодовые и среднемесячные суммы ионов . . . . .	15
Связи между суммой ионов и отдельными ионами . . . . .	18
Картограммы суммы ионов . . . . .	21
II Перманганатная окисляемость, цветность и биохимическая потребность в кислороде (БПК) . . . . .	24
Перманганатная окисляемость и цветность	25
Биохимическая потребность в кислороде БПК . . . . .	27
III Кислородный и температурный режим рек . . . . .	35
Таблицы (I по I8) . . . . .	36
Иллюстрации (I по I8). . . . .	78

## CONTENTS

	Page
Preface .....	3
Introduction .....	7
I Compute characteristics of ionic composition of rivers of the Estonian SSR .....	11
Relationship between total sum of ions and flow .....	12
Curves of probability of total sum of ions $\Sigma_i = f(P\%)$ . .....	15
Yearly and monthly average sum of ions. ....	15
Connection between total sum of ions and separate ions .....	18
Contracted chart of total sum of ions..	21
II Biochemical oxygen demand (BOD), permanganate oxidation and colour. ....	24
Permanganate oxidation and colour of water .....	25
Biochemical oxygen demand (BOD). ....	27
III Oxygen balance and regime of temperature of the river water.....	35
Tables . . . . .	36
Figures. . . . .	78



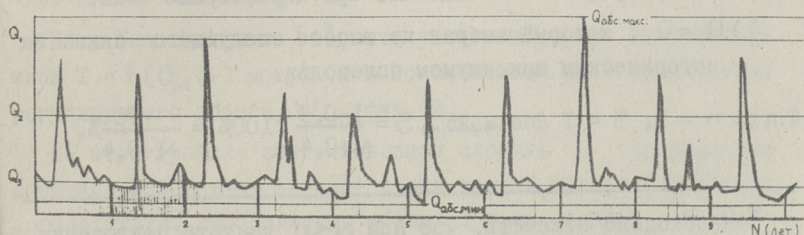


Х. Вельнер, А. Каск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТОДОМ  
ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СРЕЗКИ ГИДРОГРАФА ПРИ РЕШЕНИИ  
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

Водохозяйственные расчеты требуют наличия обоснованных исходных данных, в числе которых одним из решающих являются гидрологические характеристики. В настоящее время расчетные расходы, как правило, определяются нормативной обеспеченностью, не учитывая продолжительности и повторяемости периодов непрерывного стояния расчетного расхода [2], [7], [8], что приводит в ряде случаев к ошибочным решениям.

В статье предлагается метод обработки многолетнего гидрографа путем горизонтальных срезов, что позволяет, исходя из продолжительности и повторяемости периодов обеспеченного расхода, определить, на наш взгляд, более обоснованно расчетные гидрологические характеристики.



Фиг. 1. Схемы горизонтальной срезки многолетнего гидрографа

Сущность метода поясним на примере схематического много-  
 летнего гидрографа (фиг. 1). В зависимости от поставленной  
 водохозяйственной задачи выделяются при заданном  $Q_p\%$  го-  
 ризонтальной срезкой периоды  $T$  с избытком ( $Q_i \geq Q_p\%$ ) или  
 недостатком ( $Q_i < Q_p\%$ ) стока. Одновременно могут быть опре-  
 делены соответствующие объемы избытка и недостатка стока.  
 Далее определяются распределение и обеспеченность периодов  
 стока исходя из их продолжительности [6].

$$S = \frac{m - 0,3}{N + 0,4} \cdot 100\%,^*$$

где  $m$  — порядковый номер периода  $T$  в убывающем порядке,  
 $N$  — число лет во многолетнем ряду наблюдений.

При решении практических задач определения расчетного  
 расхода обычно достаточно произвести срезку на 3...5 уров-  
 нях, причем диапазон срезов по оси расходов определяется  
 исходя из конкретной водохозяйственной задачи. Например, при  
 определении минимальных расчетных расходов рассматривается  
 часть гидрографа ниже линии 50%-го расхода.

Задаваясь максимально-допустимой продолжительностью пе-  
 риода и частотой его повторения во многолетнем ряду, что  
 определяется интересами рассматриваемой отрасли водного хо-  
 зяйства, можно определить величину соответствующего расчет-  
 ного расхода  $Q_p = f(T, S)$  [3], [4].

При решении многогранных водохозяйственных задач методом  
 срезки гидрографа можно выделить три характерные зоны.

1)  $Q = Q_1$ , который выбран на высоте следующего пика за  
 историческим максимумом половодья.

Тогда  $n = 1$ ,  $T = T_{\text{абс. макс.}}$ ,  $S = \frac{1-0,3}{N+0,4} \cdot 100\% = \frac{70}{N+0,4}\%$ .

---

\* Необходимо отметить, что при  $N < n$  частота повторения  
 (S) относительно коротких периодов (T) может превышать  
 100% ( $S > 100\%$ ). Например,  $S = 250\%$  значит, что периоды дли-  
 тельности  $T \geq T_s = 250\%$  наблюдаются в среднем в 5 случаях  
 в течение 2 лет.

При постепенном уменьшении расхода воды до  $Q_2$  число периодов  $n$  увеличивается и на реках с хорошо выраженными сезонными половодьями могут встречаться случаи, когда число периодов может совпадать с общим числом лет  $N$  наблюдений ( $n = N$ ). В таком случае  $T_{\max} \approx 300 \dots 400$  суток и повторяемость наиболее короткого периода  $S \approx 100\%$ .

2) В диапазоне расходов ст  $Q_2$  до  $Q_3$  число периодов достигает своего максимума ( $n = n_{\text{абс. макс.}}$ ). Длительность периодов при этом колеблется в довольно больших пределах ( $T \approx 1 \dots 300$  суток), а повторяемость самого короткого периода достигает также максимально возможную величину ( $S = S_{\text{абс. макс.}}$ ). Следует отметить, что типизация рек может производиться по характеристике  $n_{\text{абс. макс.}}$ .

3) В диапазоне от  $Q_3$  до  $Q$  абсолютного минимума число периодов начинает постепенно уменьшаться. При достижении исторического минимума  $n = 1$ ,  $T = 1$  суток и  $S = \frac{70}{N+0,4}\%$ .

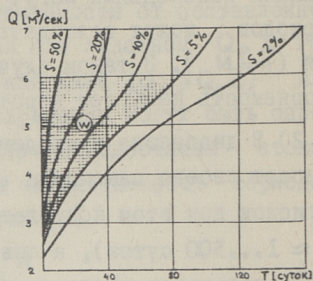
Правда, в случае пересыхающих и замерзающих рек (при  $Q_{\text{абс. мин.}} = 0$ ) может быть в виде исключения  $n > 1$ ,  $T > 1$  суток и соответственно  $S > \frac{70}{+0,4}\%$ .

В практике водохозяйственных расчетов наибольший интерес представляет именно третья зона, т.е. зона минимальных расходов. Лимитирующий расчетный расход в ряде случаев, как показывают расчеты при составлении Генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР, меньше требуемого перспективного. Поэтому регулирование стока приобретает все большее значение.

Нами было показано [4], что установленные зависимости типа  $T = f(Q_p, S)$  могут быть использованы для определения регулирующего объема  $W$  (фиг. 2).

На этом графике заштрихованная площадь в определенном масштабе изображает дефицит стока данной обеспеченности, что соответствует необходимому объему водохранилища, обеспечивающего минимальный сток  $Q_p \geq 6,0 \text{ м}^3/\text{сек}$ , при условии что  $S = 5\%$ , т.е. гарантируется в течение 95% из всех лет ряда наблюдений. Поскольку изображаемые площади в первом

Фиг. 2. Река Пярну - д. Ореюла.  
Продолжительность периода  
Т при различной частоте повторе-  
ния S в зависимости от величины  
расхода



приближении можно принять треугольниками, то для прибли-  
женных расчетов необходимый объем водохранилища определя-  
ется как

$$W = \frac{86400 T_{S\%} (Q_P - Q_{\text{МИН}})}{2} \quad [\text{м}^3] \quad (I)$$

или

$$W = 0,0432 T_{S\%} (Q_P - Q_{\text{МИН}}) \quad [10^6 \text{ м}^3].$$

В нашем примере, пользуясь последним уравнением, полу-  
чаем

$$W = 0,0432 \cdot 86(6,0 - 2,5) = 13,0 \cdot 10^6 \text{ м}^3.$$

Планметрирование эпюры дает  $W = 10,9 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ , т.е.  
приближенным методом определенные объемы дают запас по-  
рядка 15%.

Методика И.М. Филипповича [9] по определению объемов  
дефицита стока, на наш взгляд, более трудоемкая и ме-  
нее точная в условиях рек с резкими и из года в год из-  
менчивыми колебаниями стока.

Заменяя в графиках  $T = f(Q, S)$  расход воды  $Q$  модулем  
стока  $q$ , получаем после планметрирования так называе-  
мый удельный дефицит стока ( $w =$   
 $=$  емкость водохранилища), размерность которого целесооб-

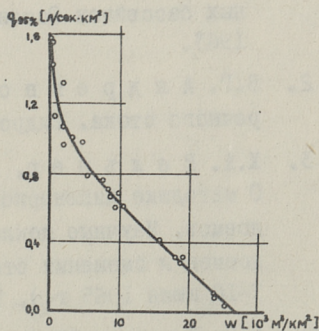
разно выразить в  $10^3 \text{ м}^3/\text{км}^2$ . То же самое можно получить при делении объема дефицита стока  $W$  на площадь водосбора  $F$ .

Удельный дефицит объема стока ( $w$ ) является универсальной характеристикой минимального стока, при помощи которой можно непосредственно оценить величину естественной зарегулированности стока рек и тем самым определить динамические запасы грунтовых вод в бассейне реки.

Приведем пример. Река Кунда в створе Сями ( $F=390 \text{ км}^2$ ) имеет модуль среднесуточного стока 100-процентной обеспеченности  $q_{100\%} = 2,2 \text{ л/сек.км}^2$ . Соответствующий модуль соседней реки Пуртсе в створе Люганузе ( $F=792 \text{ км}^2$ ) равен  $q_{100\%} = 0,5 \text{ л/сек.км}^2$ . Чтобы гарантировать в реке Пуртсе  $q_{100\%} = 2,2 \text{ л/сек.км}^2$  (как у р.Кунда), требуется водохранилище с удельным объемом в  $w = 41 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{км}^2$ . Следовательно, динамические запасы грунтовых вод р.Кунда можно сравнить с водохранилищем, регулирующая емкость которого составляет:

$$W = w \cdot F = 41 \cdot 10^3 \cdot 390 = 16,0 \cdot 10^6 \text{ м}^3.$$

Нами установлены удельные объемы дефицита стока для 36 основных рек Эстонии при  $S = 2\%$  и  $S = 5\%$  при  $P = 90\%$  и  $P = 95\%$  отдельно для летнего и зимнего полугодия, а также для года в целом.



Фиг. 3. Зависимость дефицита стока от модуля при  $S = 2\%$ .

$$q_{100\%} = 1,0 \text{ л/сек км}^2, \quad S = 2\%,$$

$$q_P = q_{95\%}$$

В качестве примера в данном сборнике [8] приведена картограмма удельных объемов дефицита стока на реках Эстонской ССР при  $q_{100\%} = 1,0 \text{ л/сек.км}^2$  и  $S = 2\%$ .

На фиг. 3 приведена обобщенная связь  $w = f(q_{95\%})$  при заданных исходных условиях.

Пользуясь фиг. 3 и зная связь  $q_{95\%} = f(L)$ , т.е. изменение модуля стока вдоль реки (данные которых приведены нами ранее [ I ] ), можно для любой реки и для любого створа установить в первом приближении дефицит минимального стока, т.е. необходимый объем водохранилища.

## В ы в о д

Методика изучения режима стока при помощи горизонтальной срезки гидрографа позволяет получить ряд новых характеристик, которые необходимы для разрешения весьма различных практических водохозяйственных задач, а в то же время помогают более детально выяснить региональные особенности гидрологического режима территории. Обработку материалов стока по методу горизонтальной срезки гидрографа можно облегчить использованием электронно-вычислительных машин.

## Л и т е р а т у р а

1. A.Kask. Minimaalse äravoolu määramine ENSV territooriumil veevarustuse ja kanalisatsiooni huvides. (Минимальный сток 90, 95 и 97% обеспеченности с речных бассейнов Эстонской ССР). Рукопись, ТПИ, Таллин 1963.
2. В.Г. А н д р е я н о в. Внутригодовое распределение речного стока. Гидрометеиздат, Ленинград 1960.
3. Х.А. В е л ь н е р, А.М. А й т с а м, Л.Л. П а а л ь. О методике инженерного расчета допустимой нагрузки водоемов. Научные доклады по вопросам самоочищения водоемов и смешения сточных вод (I Всесоюзный симпозиум 7-10 июня 1965 г.). Таллин 1965.
4. А.Г. К а с к. Об изучении продолжительности периодов минимального стока небольших рек. Научные доклады по вопросам самоочищения и смешения сточных вод (I Всесоюзный симпозиум 7-10 июня 1965 г.). Таллин 1965.

5. А. К а с к, М. Н а р у с к. К вопросу регулирования минимального стока рек Эстонской ССР.  
( См. наст. сборник стр.159).
6. В.В. Л е б е д е в. Гидрология и гидрометрия в задачах. Гидрометеиздат. Ленинград 1961.
7. Основные гидрологические характеристики. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 4, Прибалтийский район. Вып. I, Эстония. Гидрометеиздат, Ленинград 1966.
8. Строительные нормы и правила П Г-6, 1962.
9. И.М. Ф и л и п п о в и ч. О видах характеристик минимального стока. Использование и охрана водных ресурсов Белоруссии. Часть I. НИИ водных проблем. Минск 1966.

H. Velner, A. Kask

Determining Flow Characters by the Method of the  
Horizontal Section of Hydrograph in Solving the Problems  
of Water Economy

Summary

In this paper an account is given of the method of determining the duration (T) and the repetition (S%) periods by debits  $Q_1 \gg Q_{P\%}$  or  $Q_1 < Q_{P\%}$  by means of the horizontal section of hydrograph (Fig.1), but also the method of determining the volume of the abundance or of the deficiency of the flow (W) by means of a graphic connection  $W = f(Q, T, S)$  (Fig.2). For the rivers of the Estonian S.S.R. it has been established a general dependance of the specific volume of the flow deficiency (w) on the module of the minimum flow (q) considering that  $w = f(q_{95\%})$  (Fig. 3).

The characters (T, S, W and w) are applicable in solving quite various practical problems of water economy, but they also help to ascertain in greater detail the regional peculiarities of the hydrological regime of the territory. It is expedient to work up the materials of the flow by the method of the horizontal section of hydrograph by means of electronic computers.



А.Каск, М.Наруск

## К ВОПРОСУ РЕГУЛИРОВАНИЯ МИНИМАЛЬНОГО

### СТОКА РЕК ЭСТОНСКОЙ ССР

Сток с речных бассейнов Эстонской ССР распределен как территориально, так и по времени крайне неравномерно. Во время весеннего половодья стекает 40...50% от годового объема стока. Минимальные расходы меженного периода в 100...1000 раз меньше весенних максимумов. Некоторые реки Западной Эстонии площадью водосбора до 200 км<sup>2</sup> в межень пересыхают полностью.

Ввиду все прогрессирующего загрязнения водоемов сточными водами, качество воды в реках ухудшается и некоторые реки превращены в сточные коллекторы (реки Ягала, Пуртсе, Эрра и др.). Поэтому в меженный период многие отрасли народного хозяйства страдают от недостатка воды должного качества. Особенно трудное положение создается в Северной Эстонии, где сконцентрированы основные водопотребители (г.г. Таллин, Кохтла-Ярве, Нарва, ЦБК Кехра и пр.) и где требуется значительное количество воды для гарантирования санитарного минимума маловодных рек Северной Эстонии (р. Ягала, Пуртсе и пр.).

Для улучшения создавшегося положения необходимо осуществить ряд инженерных мероприятий, из которых существенное значение имеет увеличение меженных расходов за счет регулирования стока путем создания водохранилищ.

Однако в физико-географических условиях Эстонской ССР регулирование стока в первую очередь в Северной Эстонии представляет определенные затруднения.

Равнинный малорасчлененный ландшафт не содействует устройству больших по объему водохранилищ. Особенно затруднительно это в бассейне Финского залива: реки на известняковом плато имеют неразвитые долины. Места для водохранилищ в этом районе надо искать прежде всего в верховьях рек между моренными куполами. На местах, где простираются болота, необходимо рассматривать вопрос о возможности создания водохранилищ путем удаления торфяного слоя. Болота, как правило, возникли или за счет наличия на местности водонепроницаемых пластов, или за счет интенсивного выхода грунтовых вод в этом районе. Эти условия содействуют созданию водохранилищ. Очень трудные условия создаются в районе карста (Сланцевый бассейн, Пандивереская возвышенность, бассейны рек Пирита, Кейла, Вазалемма и острова Хийумаа и Сааремаа).

Следует иметь в виду возможность увеличения подземных естественных водозапаса в закарстованных районах при наличии мощных слоев четвертичных отложений путем искусственного повышения уровня грунтовых вод, прежде всего окраины Пандивереской возвышенности.

Большинство рек Западной Эстонии течет на водонепроницаемых основаниях. Влагозадерживающая способность грунтов маленькая; весной влага снега почти полностью стекает, грунтовый сток рек очень низкий. При плоских равнинных условиях очевидно можно создать, путем обвалования, лишь небольшие водохранилища, зеркало которых находится выше окружающей местности.

Минимальные расходы рек Южной Эстонии заметно больше расходов остальных районов. Здесь и возможности создания водохранилищ лучше, ввиду более расчлененного ландшафта.

Хорошие возможности создания водохранилищ в Эстонии имеются иногда вне долин рек, что должно быть учтено при

изучении возможностей регулирования стока. Дополнительные регулирующие объемы могут быть получены путем поднятия уровня воды в озерах или углубления истока из озера.

Большим затруднением в Эстонии, особенно в северном и западном районах, является иногда малая средняя глубина создаваемых водохранилищ (до 1...1,5 м), что приводит к цветению воды, зарастанию акватория, т.е. к ухудшению качества воды.

Поэтому подготовка ложа водохранилища должна выполняться своевременно с соблюдением всех требований (снятие растительного слоя, вырубка леса и пр.). В результате несоблюдения требований производства работ, например, качество воды в водохранилище Паункюла за пять лет значительно ухудшилось.

Из вышесказанного видно, что вопросы о выяснении возможностей (и необходимостей) создания водохранилищ для урегулирования стока в Эстонской ССР являются сложными и требуют тщательного исследования целого комплекса проблем, прежде всего технического и экономического характера. Одновременно нельзя забывать об эстетической стороне при создании водохранилищ. Созданием новых водоемов мы тем самым создаем новые красивые места для проведения отпуска трудящихся.

До настоящего времени в Эстонии на создание водохранилищ уделено совершенно недостаточно внимания. Правда, в послевоенные годы инженером Т.Ф. Эйпре под руководством проф. Аугуста Вельнера была выполнена большая работа по выяснению возможности использования водной энергии малых рек Эстонской ССР. В этой работе рассмотрены возможности регулирования стока при помощи создания водохранилищ за счет перекрытия речных долин, т.е. создания русловых водохранилищ, которые, однако, не решают достаточно исчерпывающе вопрос о возможности регулирования стока.

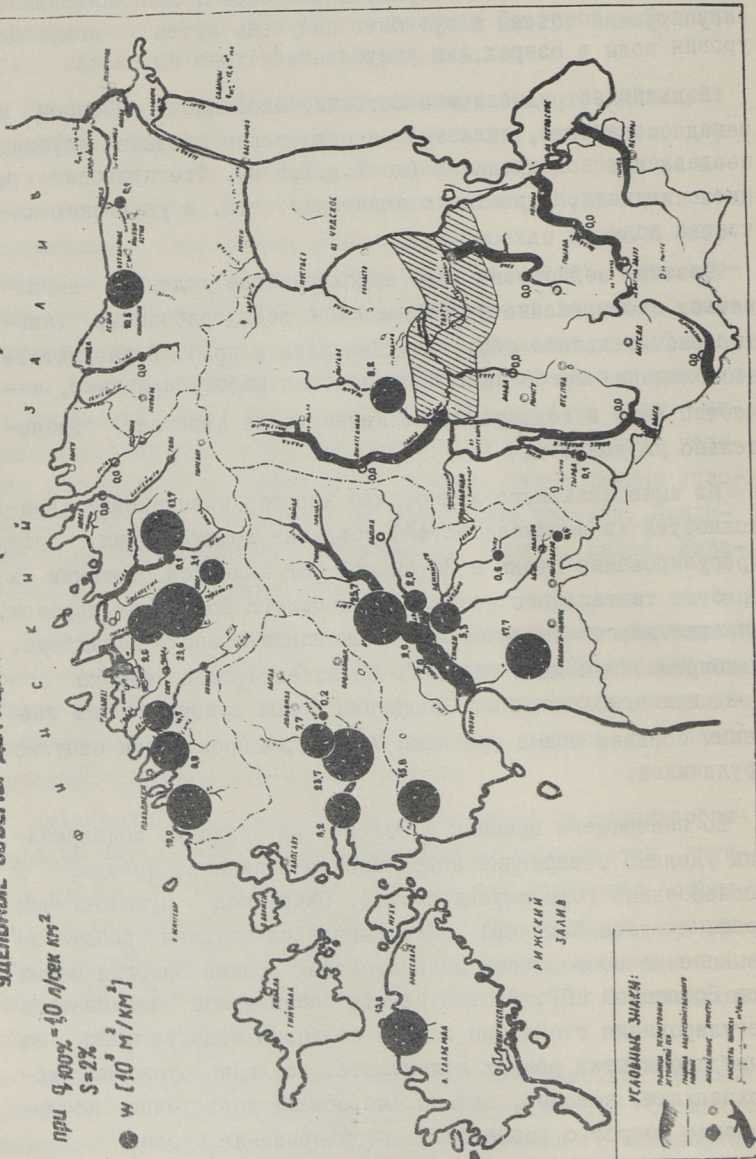
В последние годы, в связи с исследованиями в области определения и прогнозирования качества воды в водоемах

УДЕЛЬНЫЕ ОБЪЕМЫ ДЕФИЦИТА СТОКА (-ВОДОХРАНИЛИЩА)

при  $q_{400\%} = 40$  л/сек км<sup>2</sup>

$S = 2\%$

● в [10 м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>]



УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ:

- РИВА
- ОЗЕРО
- НАСЕЛЕННЫЙ ПУНКТ
- ВОДОХРАНИЛИЩЕ
- ОБЪЕМ ДЕФИЦИТА СТОКА

республики НИ лаборатория санитарной техники изучает возможности регулирования стока. В ходе этих работ вычислялись для основных рек республики дефициты минимального стока, которые соответствуют необходимым регулирующим емкостям водохранилищ<sup>\*</sup>. На основании обработки материалов сточковых наблюдений на 36 гидрологических постах определены так называемые удельные объемы водохранилищ (в  $10^3 \text{ м}^3/\text{км}^2$ ) при различных расчетных расходах ( $Q_{p\%}$ ) и повторяемости периодов минимального стока во многолетнем разрезе ( $S\%$ ). На фиг. I показаны удельные объемы дефицита стока при следующих исходных условиях  $q_{100\%} = 1,0 \text{ л/сек км}^2$ ,  $S = 2\%$ , т.е. при создании водохранилища объемом

$$W = wF \quad [10^6 \text{ м}^3],$$

где  $w$  - удельный объем дефицита стока [ $10^3 \text{ м}^3/\text{км}^2$ ],  
 $F$  - площадь водосбора [ $10^3 \text{ км}^2$ ],

гарантируется в данном створе  $q_{\text{мин}} \geq 1 \text{ л/сек км}^2$  не менее 98% из всех лет. Как видно из картограммы, объемы дефицита минимального стока особенно большие в реках бассейна Рижского залива и в западной части бассейна Финского залива. На реках бассейна Чудского озера (оз. Пейпси) из изученных рек лишь р. Педья имеет  $q_{\text{мин}} < 1,0 \text{ л/сек км}^2$ , а из рек восточной части бассейна Финского залива - р.Пуртсе.

В таблице I представлены ориентировочные объемы дефицита стока для рек республики с малым минимальным модулем стока.

Приведем конкретный пример регулирования стока небольшого водосбора. Город Вильянди в центральной части Эстонии, расположен на водораздельной линии между бассейном Чудского озера (оз. Пейпси) и Рижского залива.

В настоящее время сточные воды города направляются без очистки как в сторону Чудского озера (через р. Тянасильма), так и в сторону Рижского залива (через оз. Вильянди и р. Раудна). Ввиду отсутствия водоприемника с достаточным

<sup>\*</sup> Х. Вельнер, А. Каск. Определение сточковых характеристик методом горизонтальной срезки гидрографа при решении водохозяйственных задач. Статья в настоящем сборнике.

расходом, верхние части обеих рек, а также оз. Вильянди загрязнены. Нами предложено создать в древней долине Тянассильма водохранилище. Основные размеры перспективного водохранилища представлены в таблице 2.

Т а б л и ц а 1

Объемы дефицита стока при  $q_{\text{мин}} \geq 1,0 \text{ л/сек} \cdot \text{км}^2$   
и  $S = 2\%$

Название рек	Площадь водосбора в устье $F$ , [ $10^3 \text{ км}^2$ ]	Удельный объем водохр. $w$ [ $10^3 \text{ м}^3/\text{км}^2$ ]	Объем водохранилища $W$ [ $10^6 \text{ м}^3$ ]
Пуртсе	0,82	10,5	8,6
Кейла	0,71	4,7	3,3
Казари	2,98	8,2	24,4
Велизе	0,90	23,7	21,4
Пярцу	6,91	2,0	13,8
Педья	2,74	8,2	22,5

Т а б л и ц а 2

Показатель	Единица измерения	При $H_{\text{макс.}}$ 50 м абс.	При $H_{\text{мин.}}$ 46 м абс.
Емкость водохранилища	$10^6 \text{ м}^3$	31	14
Длина водохранилища	км	5,8	5,8
Ширина средняя	км	0,8	0,7
Площадь зеркала	$\text{км}^2$	4,9	4,0
Глубина средняя	м	6,3	3,5
Глубина максимальная	м	11,0	7,0

При водосборной площади  $F = 100 \text{ км}^2$  в среднегодовой норме модуля стока  $q_0 = 9 \text{ л/сек км}^2$  объем стока за год составляет  $W_0 = 28 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ . Следовательно, водохранилище дает возможность многолетнего регулирования стока и позволяет обеспечить таким образом минимальный расход в створе спуска сточных вод  $Q_{\text{мин}} \geq 1,0 \dots 1,5 \text{ м}^3/\text{сек}$ ,

что вполне достаточно для получения необходимого разбавления. Отметим, что в настоящее время в этом створе р. Раудна минимальные расходы падают до  $0,050 \text{ м}^3/\text{сек}$ . Таким образом, создание водохранилища представляет возможность на увеличение  $Q_{\text{мин}}$  в порядке 20...30 раз.

### В ы в о д ы

1. Несоответствие между водопотреблением и стоком рек требует проведения инженерных мероприятий и в первую очередь регулирования минимального стока путем создания водохранилищ.

2. Условия для создания водохранилищ в северной и западной части Эстонской ССР тяжелые ввиду отсутствия подходящего рельефа местности, что требует изучения возможностей создания водохранилищ на верховьях рек, вне речных долин и пр. Ввиду небольшой средней глубины водохранилищ необходимо обеспечить должную подготовку ложа водохранилища.

A. Kask, M. Narusk

Concerning the Problem of the Regulation  
of Minimum Flow of the Rivers of the Estonian S.S.R.

S u m m a r y

In the article the problems are analysed, which concern the regulation of minimum flow of the rivers of the Estonian S.S.R. by means of creating storage reservoirs.

The conditions for creating storage reservoirs in the northern and western parts of the Estonian S.S.R. are difficult owing to the even relief and the low depth of the cross section of the river valleys. This requires investigation of the possibilities of creating storage reservoirs at the upper reaches of the rivers, sometimes outside the river valleys, creation of the storage reservoirs the water plane of which is above the surrounding area, increasing the groundwater supply etc. Due to the low average depth of the storage reservoirs it is necessary to guarantee proper preparation of the bed of the storage reservoirs.

In the article a chart of the minimum flow is presented showing the specific volumes of the flow deficiency. In single cases the maximum specific volumes of the flow deficiency (= the necessary specific volumes of the storage reservoirs) for guaranteeing  $q_{\min} \geq 1,0$  l per sec per  $\text{km}^2$  amount to  $w = 24 \cdot 10^3 \text{ m}^3$  per  $\text{km}^2$ .



Х.Вельнер, Л.Пааль, Л.Рохусаар

К ВОПРОСУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ  
КОЭФФИЦИЕНТА ПРОДОЛЬНОЙ ДИФФУЗИИ  
НА МАЛЫХ РЕКАХ

Сточные воды сбрасываются в водоемы, как правило, с выраженной во времени неравномерностью. Длина участка реки, на котором необходимо учитывать неравномерность показателей загрязнения, поступающих со сточными водами, а также характер изменения параметров волны загрязнения в створах ниже выпуска зависит в первую очередь от исходной эпюры загрязнения, а также от интенсивности диффузии вещества загрязнения в водотоке. Наиболее напряженное санитарное состояние в водоеме создается во время прохождения пика волны загрязнения. Трансформация волны загрязнения консервативного вещества вдоль рек может решаться как линейная задача, т.е. уравнением одномерной турбулентной диффузии [1]

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} - D \frac{\partial^2 S}{\partial x^2} = 0, \quad (I)$$

- где  $S$  - концентрация показателя загрязнения,  
 $t$  - время,  
 $u$  - средняя скорость потока,  
 $x$  - расстояние от места впуска загрязнения до рассматриваемого створа,  
 $D$  - коэффициент продольной диффузии.

При заданных начальных и граничных условиях можно из уравнения (I) экспериментальным путем определить коэффициент диффузии  $D$  [1], [2] и др.

П.А. Кренкель [2] дает решение уравнения (I) при мгновенном впуске вещества загрязнения (например, аварийный случай) как

$$S = \frac{M}{\omega \sqrt{4\pi Dt}} e^{-\frac{(x-ut)^2}{4Dt}} \quad (2)$$

где  $M$  - весовое количество впускаемого вещества,  
 $\omega$  - площадь поперечного сечения потока.

В условиях прямоугольной скачкообразной эпюры впуска вещества загрязнения, который имеет место при циклической работе предприятий, решение уравнения (I) принимает согласно [1] вид

$$\frac{S}{S_0} = \frac{1}{2} \left[ \Phi^* \left( \frac{x-ut}{2\sqrt{Dt}} \right) - \Phi^* \left( \frac{x-u(t-\bar{t})}{2\sqrt{D(t-\bar{t})}} \right) \right], \quad (3)$$

где  $S_0$  - начальная концентрация ингредиента,  
 $\bar{t}$  - продолжительность впуска

$$\Phi^*(y) = 1 - \Phi(y),$$

где  $\Phi(y)$  - функция ошибок.

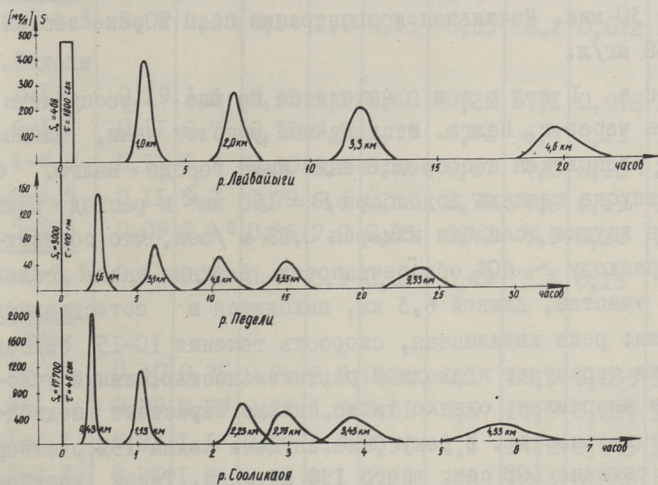
Вопросу определения коэффициента продольной диффузии в естественных руслах уделялось до сих пор недостаточно внимания. Немногочисленные экспериментальные исследования в указанной области не привели до сих пор к решениям, которые могли бы быть использованы в природных условиях малых рек. Так, например, формулы Г.И. Тейлора [3] для определения коэффициента диффузии в длинных прямых трубах и И.В. Эльдера [4] для бесконечно широких русел не могут быть рекомендованы в условиях естественных русел.

Для уточнения величин коэффициента продольной диффузии летом 1966 года нами были проведены полевые исследования на малых реках Эстонской ССР (Лейвайыги, Педели и Сооликаоя).

Целью исследований явилось опробирование существующих формул для определения коэффициента диффузии  $D$  и уточнение связей между коэффициентом  $D$  и прочими гидравлическими показателями русла.

Полевые исследования были проведены по следующей схеме. В качестве загрязнителя в водоток впускался в течение определенного времени раствор поваренной соли ( $\text{NaCl}$ ). В ранее установленных створах реки во время прохождения волны загрязнения измерялась электропроводность воды, т.е. концентрация соли. Створы выбирались на расстоянии 0,5...1,5 км друг от друга с таким расчетом, чтобы между отдельными створами характер течения был бы приблизительно постоянным. Для измерения электропроводности воды применялся специальный прибор, разработанный инж. М.К. Юхатом [5].

Все экспериментальные данные были оформлены для каждого створа измерения в виде графиков  $S = f(t)$  (фиг. 1). В тех случаях, когда расход воды вдоль реки менялся, величины концентрации были приведены к начальному расходу створа впуска соли.



Фиг. 1. Экспериментальные кривые волны загрязнения

Для определения гидравлических параметров реки во время прохождения волны загрязнения измерялись расход, гидравлический уклон, поперечные профили в характерных местах (в среднем за каждые 100 м), и была установлена степень растительности.

Исследуемые реки располагаются в разных районах республики и имеют свои особенности. Гидравлические параметры рек приведены в таблице I.

Река Лейвайги является канализованным водотоком, площадью водосбора в створе впуска соли  $F=14 \text{ км}^2$ . Начальный расход реки во время опыта составлял 16 л/сек, что соответствует расходу 70% обеспеченности. Непосредственно перед экспериментами канал был вручную очищен от травы и наносов. Для исследования продольной диффузии применялся 10% раствор  $\text{NaCl}$ , который был впущен в реку равномерно в течение 30 мин. Начальная концентрация соли в реке составляла 468 мг/л.

Река Педели находится на юге республики, протекая через г. Валга. Исследуемый участок реки, длиной 9,3 км, расположен непосредственно ниже города Валга. В створе впуска площадь водосбора  $F = 150 \text{ км}^2$  и расход реки во время впуска соли был измерен  $0,63 \text{ м}^3/\text{сек}$ , что соответствует расходу  $\sim 60\%$  обеспеченности. Верхняя часть исследуемого участка, длиной 6,3 км, находится в естественном состоянии: река извилистая, скорость течения 10–15 см/сек, ложе реки зарастает подводной растительностью. Нижний участок реки выпрямлен, однако также сильно зарастает подводной растительностью. В реку была впущена волна 13% раствора  $\text{NaCl}$  в течение 100 сек, всего 190 кг соли. Такой кратковременный впуск можно считать мгновенным. Начальная концентрация соли в реке составляла 3000 мг/л.

Ручей Сооликаоя протекает через город Раквере. Исследуемый участок, длиной 4,3 км, расположен непосредственно ниже города Раквере. В створе впуска площадь водосбора  $F \approx 120 \text{ км}^2$  и расход реки во время впуска соли был  $0,22 \text{ м}^3/\text{сек}$ , что соответствует расходу 50% обес-

печенности. Участок, длиной 1,1 км, ниже впуска канализирован. Далее ручей малоизвилист и находится в естественном состоянии. Средняя скорость течения 0,2 - 0,3 м/сек.

Т а б л и ц а I  
Гидравлические параметры водотоков

Изучае- мый участок, км	$v$ [ $\frac{м}{сек}$ ]	$\omega$ [ $м^2$ ]	R [м]	B [м]	$h_{cp}$ [м]	I [‰]	C	$n$ по Пав- лов- ско- му	извилистость	раститель- ность, %
р. Лейва- йги										
0-1,0	0,09	0,17	0,10	1,6	0,11	1,12	8,5	0,053	1,0	<10
1,0-2,0	0,08	0,24	0,13	1,8	0,14	0,97	6,7	0,067	1,0	<10
2,0-3,3	0,07	0,30	0,14	2,0	0,15	0,89	6,4	0,070	1,0	<10
3,3-4,6	0,05	0,56	0,20	2,5	0,23	0,44	5,1	0,095	1,0	60
ср. 0-4,3	0,07	0,30	0,14	2,0	0,15	0,83	6,2	0,072	1,0	
р. Педели										
0-1,6	0,19	3,3	0,55	5,7	0,60	0,20	17,1	0,048	1,7	0
1,6-3,1	0,11	5,7	0,72	7,1	0,79	0,41	6,4	0,13	1,8	10
3,1-4,8	0,11	5,7	0,80	6,8	0,84	0,67	4,8	0,18	2,2	50
4,8-6,5	0,11	5,7	0,79	6,6	0,86	0,74	4,6	0,19	1,4	70
6,5-9,3	0,09	7,4	0,86	7,8	0,93	0,42	4,5	0,20	1,0	80
ср. 0-9,3	0,11	5,7	0,77	6,9	0,83	0,49	5,6	0,15		
р. Сооли- каоя										
0-0,4	0,30	0,75	0,24	2,9	0,26	1,1	18,5	0,035	1,1	0
0,4-1,1	0,29	0,79	0,27	2,5	0,31	0,97	17,9	0,037	1,0	0
1,1-2,2	0,23	1,1	0,27	3,9	0,30	1,1	14,0	0,045	1,1	10
2,2-2,7	0,26	1,0	0,23	4,1	0,25	2,8	10,3	0,058	1,2	20
2,7-3,4	0,22	1,2	0,25	4,0	0,29	1,1	13,2	0,047	1,0	70
3,4-4,3	0,13	2,1	0,35	5,0	0,42	0,86	7,5	0,082	1,5	50
ср. 0-4,3	0,21	1,2	0,29	3,9	0,33	1,19	11,3	0,057		

Для определения коэффициента продольной диффузии в реку был впущен 10% раствор соли в течение 45 сек (т.е. практически мгновенно), всего 175 кг NaCl.

Коэффициенты продольной диффузии можно определить по максимальным значениям концентрации волны загрязнения по формулам (2), (3), или по дисперсии волн загрязнения.

Перепишем формулу (2) для момента времени, когда в створе на расстоянии  $x$  от начального сечения имеет место максимальная концентрация вещества. В таком случае  $x - ut = 0$  и формула (2) принимает вид

$$S_{\text{макс.}} = \frac{M}{\omega \sqrt{4\pi D t}}, \quad (4)$$

откуда

$$D = \frac{M^2}{4\pi \omega^2 t S_{\text{макс.}}^2}. \quad (5)$$

Формулы (4) и (5) соответствуют мгновенному выпуску вещества загрязнения.

В данном случае коэффициент диффузии  $D$  характеризует участок реки между створом выпуска и рассматриваемым створом.

Если мгновенный выпуск вещества загрязнения заменить эпюрой кратковременного скачкообразного выпуска  $M = S_0 Q \bar{t}$ , то вместо (4) имеем)

$$S_{\text{макс.}} = \frac{u \bar{t} S_0}{\sqrt{4\pi D t}}, \quad (6)$$

откуда

$$D = \frac{u^2 \bar{t}^2}{4\pi t} \left( \frac{S_0}{S_{\text{макс.}}} \right)^2, \quad (7)$$

где  $\bar{t}$  - продолжительность равномерного выпуска вещества.

При длительном выпуске вещества в водоток процесс продольной диффузии хорошо описывается формулой (3). Анализ формулы (3) приводит к выводу, что максимальное значение концентрации вещества имеет место при  $t = \frac{x}{u} + \frac{\bar{t}}{2}$ . В этом случае формула (3) принимает вид

$$\frac{S_{\text{макс.}}}{S_0} = \frac{1}{2} \left[ \Phi^* \left( \frac{-u \bar{t}}{4\sqrt{D t}} \right) - \Phi^* \left( \frac{u \bar{t}}{4\sqrt{D(t-\bar{t})}} \right) \right]. \quad (8)$$

Коэффициент диффузии  $D$  определяется из формулы (8) методом последовательного приближения.

Между произвольными створами 1 и 2 могут коэффициенты диффузии быть определены по П.А. Кренкелю [2], исходя из формулы (4) как

$$D = \frac{M^2 (t_2 - t_1)}{4\pi\omega^2 (S_{1\text{ макс}}^2 - S_{2\text{ макс}}^2) t_1 t_2}, \quad (9)$$

где максимальные концентрации равны соответственно  $S_{1\text{ макс}}$  и  $S_{2\text{ макс}}$  и время добегаания от створа выпуска до соответствующих створов  $t_1$  и  $t_2$ .

Для определения коэффициента диффузии  $D$  может быть применен так же статистический метод.

Ц.Д. Паттерсон и Е.Ф. Глойна [6] показали, что для определения коэффициента диффузии  $D$  необходимо строить вместо кривых  $S = f(t)$  при  $x = \text{const}$  (фиг. 1) кривые  $S = f(x)$  при  $t = \text{const}$ . В этом случае коэффициент продольной диффузии для участка реки от выпуска до рассматриваемого створа при моментальном выпуске определяется как

$$D = \frac{\sigma_1^2}{2t}, \quad (10)$$

где дисперсия

$$\sigma_1^2 = \frac{\sum S_i x_i^2}{\sum S_i} - \left[ \frac{\sum S_i x_i}{\sum S_i} \right]^2.$$

Таким образом, исходя из (10), коэффициент  $D$  между некоторыми створами 1 и 2 определяется как

$$D = \frac{\sigma_{12}^2 - \sigma_{11}^2}{2(t_2 - t_1)}. \quad (11)$$

Х.Б. Фишер [7, 8], принимая во внимание, что  $\sigma_1^2 = u^2 \sigma_t^2$ , рекомендует для определения коэффициента продольной диффузии между произвольными створами 1 и 2 формулу

$$D = \frac{1}{2} u^2 \frac{\sigma_{t_2}^2 - \sigma_{t_1}^2}{t_2 - t_1}, \quad (12)$$

где

$$\sigma_t^2 = \frac{\sum S_i t_i^2}{\sum S_i} - \left[ \frac{\sum S_i t_i}{\sum S_i} \right]^2. \quad (13)$$

Формулы (II) и (I2) пригодны как при мгновенном, так и при длительном впуске вещества загрязнения.

Для участка реки от створа впуска до рассматриваемого створа, в случае моментального впуска загрязнения согласно (I2), имеем

$$D = \frac{u^2 \sigma_t^2}{2t}. \quad (14)$$

О. Левеншпиль [9] рекомендует определить коэффициент диффузии при моментальном впуске загрязнения в виде

$$D = \frac{uL}{8} (\sqrt{8\sigma_t^2 + 1} - 1), \quad (15)$$

где

$$\sigma_t^2 = \left( \frac{u}{L} \right)^2 \sigma_t'^2,$$

$L$  - расстояние от места впуска до рассматриваемого створа.

Г.И. Тейлор [3], имея в виду, что эпюра волны концентрации вещества подчиняется нормальному закону распределения, рекомендует при моментальном впуске загрязнения для приближенного определения коэффициента  $D$  формулу

$$D = \frac{u^3 t_{1/2}^2}{4L \ln 2}, \quad (16)$$

где  $t_{1/2}$  - промежуток времени, в течение которого в рассматриваемом створе концентрация вещества превышает  $\frac{S_{\max}}{2}$ .

На основе экспериментальных данных, полученных нами на малых реках Эстонской ССР (фиг. 1), коэффициент диффузии  $D$  был определен по формулам (5), (7) (8) (9), (I2), (I4), (I5) и (I6). Результаты расчетов приведены в таблице 2.



Величины коэффициента продольной диффузии  $D$ , определенные на основании натурных экспериментов на реках Эстонской ССР (лето 1966 г.)

Рас- стоя- ние от впус- ка, L [км]	Время про- хожде- ния от пина волны за- гряз- нения, t [мин]	3 Ср.ско- рость на участ- ке от впуска до створа	4 Ч меж- ду сосед- ними ство- рами	5 S макс., [мг/л]	6 Диспер- сия, [10 <sup>8</sup> сек]	Коэффициент продольной диффузии D [м <sup>2</sup> /сек], вычисленный по формуле							
						(5)	(7)	(8)	(9)	(12)	(14)	(16)	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	р. Лейвайги, F = 14 км <sup>2</sup> ; τ = 1800 сек; Q <sub>70%</sub> = 0,016 м <sup>3</sup> /сек												
0,0	0			468	226					0,17	0,17	0,23	
1,0	202	0,09	0,09	390	781	0,27	0,24	0,16	0,22	0,20	0,20	0,21	
2,0	416	0,08	0,07	266	1670	0,21	0,22	0,19	0,21	0,16	0,18	0,20	
3,3	718	0,08	0,05	205	2739	0,17	0,19	0,19	0,10	0,21	0,24	0,25	
4,6	1180	0,07		125	7910	0,22	0,23	0,23					
0	0	р. Педели, F = 150 км <sup>2</sup> ; τ = 100 сек; Q <sub>60%</sub> = 0,63 м <sup>3</sup> /сек; M = 190 кг NoCl											
				3000	0,4							1,86	
			0,19										

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,6	143	0,19	0,11	150	920	1,30	1,30	1,30	0,78	1,17	1,86	1,35
3,1	371	0,14	0,11	72	3715	1,19	1,19	1,19	0,98	0,94	1,58	0,85
4,8	671	0,13	0,11	53	6191	1,09	1,09	1,09	0,83	1,04	1,32	0,78
6,5	891	0,12	0,09	42	8785	1,15	1,15	1,15	0,92	0,77	1,24	0,93
9,3	1426	0,11		32	15295	0,98	0,98	0,98			1,06	1,03

р. Сооликаоя,  $F \approx 120 \text{ км}^2$ ;  $\tau = 45 \text{ сек}$ ;  $Q_0 = 0,22 \text{ м}^3/\text{сек}$ ;  $M = 175 \text{ кг NaCl}$

0,0	0			17700	0,2					1,05		
0,4	24	0,30	0,30	2050	34,2	0,76	0,76	0,76	0,68	0,95	1,05	0,90
1,1	64	0,29	0,29	1160	87,4	0,85	0,85	0,85	0,61	0,91	0,98	0,81
2,2	144	0,26	0,26	640	252,0	0,95	0,95	0,95	0,45	1,92	0,98	1,02
2,7	176	0,26	0,22	500	360,7	1,26	1,26	1,26	0,69	2,02	1,14	1,20
3,4	229	0,25	0,13	380	626,6	1,57	1,57	1,57	0,93	0,80	1,42	1,70
4,3	345	0,21		270	1275,0	1,47	1,47	1,47			1,36	1,44

Как видно, коэффициенты диффузии  $D$ , определенные статистическим методом Х.Б. Фишера (I2) и (I4), хорошо согласуются с предложенными нами формулами (7) и (8), выведенными исходя из диффузии пика загрязнения. Достаточно близкие величины коэффициента получаем также по формуле Г.И. Тейлора (I6).

Таким образом, при экспериментальном определении коэффициента продольной диффузии на участке от выпуска до произвольного створа вместо трудоемких статистических методов определения дисперсии вещества, основанных на измерении в изучаемых створах эпюр прохождения волны загрязнения (I2), (I4), (I5), можно с достаточной надежностью пользоваться одной из формул (5), (8), (9) в зависимости от длительности выпуска вещества. При этом в каждом створе необходимо замерить лишь максимальные значения концентрации волны загрязнения и соответствующие им времена добегания.

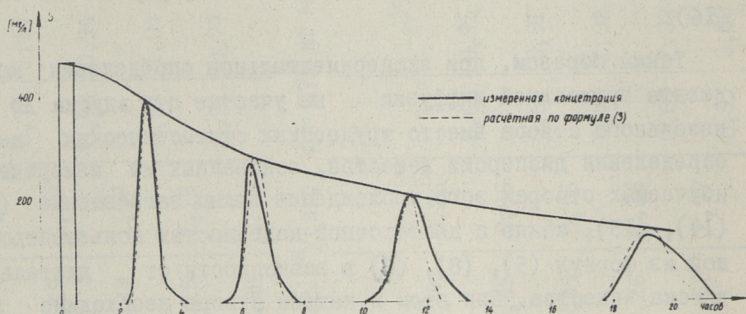
Проведенные нами в 1964/65 годах исследования на малых реках (А.Г. Каск и др.) показали, что ориентировочные времена добегания можно получить по средним скоростям измеренных в характерных для данной реки створах гидрометрическим путем.

Для определения коэффициента диффузии на участке между произвольными соседними створами пока единственным удовлетворительным методом является метод определения дисперсии волны загрязнения в этих створах, согласно (I2).

Величины коэффициента  $D$ , подсчитанные по формуле П.А. Кренкеля (9), не могут быть признаны правдоподобными, так как структура формулы (9) противоречит физике явления. Известно, что чем больше разность максимальных концентраций в соседних створах I и 2  $\Delta S = S_{1\max} - S_{2\max}$ , тем больше должен быть коэффициент на этом участке. В формуле же (9) член  $(S_{1\max}^2 - S_{2\max}^2)$  находится в знаменателе, что приводит при увеличении  $\Delta S$  к уменьшению  $D$ .

На фиг. 2 приведены, в качестве примера, экспериментальные кривые диффузии волны вещества загрязнения, полученные на р. Лейвайыги при  $T = 30$  мин, и расчетные кривые по формуле (3). Удовлетворительное совпадение экспериментальных и

расчетных кривых дает основание говорить о допустимости применения формулы (3) в случае длительного выпуска сточных вод в реку.



Фиг. 2. Сравнение измеренных и расчетных концентраций по примеру р. Лейвайыги

Экспериментальное исследование коэффициента продольной диффузии  $D$  является трудоемкой работой даже в случае использования вышеописанного упрощенного метода. Поэтому большое практическое значение имеет изучение связей коэффициента диффузии с гидравлическими параметрами русла.

В литературе имеются некоторые попытки установить такие связи: [3], [4], [10] и др.

Так, например, для определения коэффициента в длинных прямолинейных трубах Г.И. Тейлор [3] рекомендует формулу

$$D = 10,1 r u_x, \quad (17)$$

где  $r$  — радиус трубы,  
 $u_x$  — динамическая скорость.

Для бесконечно широкого русла по И.В. Эльдеру [4] коэффициент  $D$  определяется зависимостью

$$D = 5,9 h u_* , \quad (18)$$

где  $h$  - глубина потока.

Однако формулы (17) и (18), полученные в условиях, резко отличающихся от натуральных, не пригодны для естественных русел.

Ц.Ц. Паттерсон и Е.Ф. Глойна [6] рекомендуют на основании натуральных исследований, проведенных в США [6], [8], эмпирическую формулу в виде

$$D = 21 \left[ \frac{3,05 u}{\ln \left( \frac{B}{h} \right)} \right]^{0,269} . \quad (19)$$

Вычисленные по указанной выше приближенной формуле (19) коэффициенты  $D$  превышают в 10-20 раз величины, полученные по нашим экспериментам. Особенно большие отклонения получаются при очень малых водотоках (р. Лейвайыги).

По Х.Б. Фишеру [8] коэффициент продольной диффузии зависит от распределения скоростей в поперечном сечении потока и определяется формулой

$$D = 0,30 \frac{\bar{u}'^2 l^2}{R \sqrt{g R l}} , \quad (20)$$

где  $l$  - характерная длина, определяемая как расстояние от места максимальной поверхностной скорости до более дальнего берега,

$\bar{u}'$  - отклонение скорости данного пункта от средней скорости потока.

Для экспериментальной проверки формулы Х.Б. Фишера (20) требуется проведение специальных исследований для получения данных о распределении скоростей в поперечном сечении потока.

В отечественной практике нашли применение эмпирические формулы И.О. Родзиллера и М.В. Потапова [11].

И.О. Родзиллер предложил определить коэффициент диффузии

$$D = \frac{guh}{48 C}, \quad (21)$$

где  $h$  - средняя глубина реки,  
 $C$  - коэффициент Шези.

Для равнинных рек М.В. Потапов рекомендует формулу

$$D = \frac{uh}{200}. \quad (22)$$

В таблице 3 приводятся сравнительные данные о коэффициенте диффузии  $D$ , вычисленные по эмпирическим формулам (17), (18), (19), (20), (21), (22) и (34).

Нетрудно убедиться, что рекомендуемые разными авторами приближенные формулы определения коэффициента продольной диффузии для малых рек - неприменимы.

Т а б л и ц а 3

Коэффициенты продольной диффузии  
 $D$  [м<sup>2</sup>/сек], вычисленные по эмпирическим зависимостям

Зависимость	р.Лейвайыги	р.Педали	р.Сооликаоя
Измеренный	0,24	1,05	1,40
(17)	0,096	0,95	0,28
(18)	0,03	0,3	0,11
(19)	8,4	12,5	14,3
(20)		0,88	
(21)	0,00033	0,0033	0,0012
(22)	0,00005	0,00045	0,00035
(34)	0,21	1,12	1,30

Нами сделана попытка найти новые соотношения между коэффициентом и гидравлическими параметрами потока. Напишем уравнение (1) для двух геометрических и кинематических подобных потоков в виде:

$$\text{и} \quad \frac{\partial S_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial S_1}{\partial x_1} - D_1 \frac{\partial^2 S_1}{\partial x_1^2} = 0, \quad (23)$$

$$\frac{\partial S_2}{\partial t_2} + u_2 \frac{\partial S_2}{\partial x_2} - D_2 \frac{\partial^2 S_2}{\partial x_2^2} = 0. \quad (24)$$

$$x_1 = \alpha_1 x_2 ; \quad u_1 = \frac{\alpha_1}{\alpha_t} u_2 = \alpha_u u_2 , \quad (25)$$

где

$$\alpha_t = \frac{t_2}{t_1} . \quad (26)$$

Примем коэффициенты пропорциональности концентрации и коэффициента диффузии  $D$  также  $\alpha_s$  и  $\alpha_D$ , т.е.

$$S_1 = \alpha_s S_2 \quad \text{и} \quad D_1 = \alpha_D D_2 . \quad (27)$$

Таким образом мы вывели в рассмотрение пять параметров  $\alpha_1$ ,  $\alpha_t$ ,  $\alpha_u$ ,  $\alpha_s$  и  $\alpha_D$ , которые не зависят от координат и времени. Их величины определяются начальными и граничными условиями изучаемых водотоков. Выразим величины, входящие в уравнение (23), через соответствующие значения тех же элементов второго водотока. Тогда вместо уравнения (23) имеем

$$\frac{\alpha_s}{\alpha_t} \frac{\partial S_2}{\partial t_2} + \frac{\alpha_u \alpha_s}{\alpha_1} u_2 \frac{\partial S_2}{\partial x_2} - \frac{\alpha_D \alpha_s}{\alpha_1^2} D_2 \frac{\partial^2 S_2}{\partial x_2^2} = 0 . \quad (28)$$

Из сравнения уравнений (28) и (24) видно, что они отличаются лишь коэффициентами при членах уравнений. Разделим члены уравнения (28) на одинаковые ему члены уравнения (24). Результаты этого деления приравняем между собой. При этом получим

$$\frac{\alpha_s}{\alpha_t} = \frac{\alpha_u \alpha_s}{\alpha_1} = \frac{\alpha_D \alpha_s}{\alpha_1^2} . \quad (29)$$

Это значит, что рассматриваемые нами потоки будут механически подобны при одинаковых значениях коэффициентов при членах дифференциального уравнения (28). Равенство (29) полезно записать в виде

$$\frac{\alpha_1^2}{\alpha_t \alpha_D} = I ; \quad \frac{\alpha_u \alpha_1}{\alpha_D} = I . \quad (30)$$

Подставляя в эти уравнения значения параметров из зависимостей (25), (26), (27) и (30), получаем

$$\frac{l_1^2}{t_1 D_1} = \frac{l_2^2}{t_2 D_2}; \quad \frac{u_1 l_1}{D_1} = \frac{u_2 l_2}{D_2}. \quad (31)$$

Таким образом мы получили две группы безразмерных величин, которые применимы и для моделирования диффузионных процессов как критерия подобия. На основе (31) можно написать

$$\frac{l^2}{tD} = \text{idem}; \quad \frac{ul}{D} = \text{idem}. \quad (32)$$

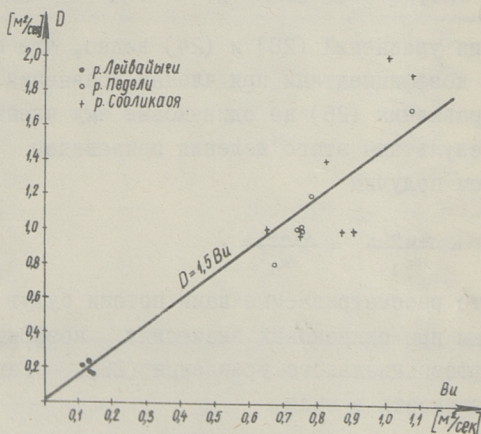
Последнее выражение (32) дает основание искать связь между коэффициентом продольной диффузии и гидравлическими параметрами русла в виде

$$D = \alpha u l, \quad (33)$$

где  $\alpha$  — коэффициент пропорциональности; определяется на основе опытных данных,

$u$  — средняя скорость потока,

$l$  — характерная длина русла, которая может быть гидравлический радиус, средняя глубина или средняя ширина потока.



Фиг. 3. Связь между коэффициентом продольной диффузии и фактором  $Bu$



Анализ полученных нами опытных данных позволяет прийти к выводу, что характерной длиной потока следует принимать именно среднюю ширину русла  $B$ . Коэффициент корреляции  $R_{D, B\alpha} = 0,90$ , в то время как  $R_{D, \alpha B} = 0,70$ . Как видно, последний коэффициент намного уступает первому.

Величины коэффициента  $D$ , приведенные в таблице 2, позволяют установить коэффициент пропорциональности  $\alpha$  в формуле (33), равной 1,5. Таким образом, для приближенного определения коэффициента продольной диффузии в условиях малых рек можно рекомендовать формулу

$$D = 1,5 \alpha B, \quad (34)$$

где  $B$  - ширина русла.

Соответствие между полученной зависимостью (34) и опытными точками показано на фиг. 3. Среднеквадратичное отклонение опытных точек составляет 20%.

### Л и т е р а т у р а

1. А.М. Айтсам, Х.А. Вельнер, Л.Л. Паль. О расчете продольного смещения вещества загрязнения в водотоках. Труды Таллинского политехнического института, серия А, № 247, Таллин 1967.
2. P.A. Krenkel. Waste dispersion characteristics of streams using turbulent diffusion phenomenon. J.WPCF, vol. 34, Nr. 12, 1962.
3. G.J. Taylor. The Dispersion of Matter in Turbulent Flow Through a Pipe. Proc. Royal Soc. (London) 223A, 446 (May 1954).
4. J.W. Elder. The Dispersion of Marked Fluid in Turbulent Shear Flow. Jour. Fluid meh., 5.Pt.4 (May 1959).

5. Вопросы моделирования процессов самоочищения малых рек. Таллинский политехнический институт. НИЛ санитарной техники, промежуточный отчет госбюджетной научной работы № РН-5200, Таллин 1966.
  6. C. C. P a t t e r s o n , E. F. G l o y n a. Dispersion Measurements in Open Channels. Proc. J. San. Eng. Div. ASCE, 91 SA 3, ( 1965 ).
  7. H. B. F i s c h e r. A Note on the one-dimensional Dispersion Model. Air and Water Pollution, An International Journal ( vol. 10 June/July 1966 ).
  8. H. B. F i s c h e r. Longitudinal Dispersion in Laboratory and Natural Streams. W. M. Keck Laboratory of Hydraulics and Water Resources. Division of Engineering and Applied Science, California Institute of Technology Pasadena, California. June 1966.
  9. O. L e v e n s p i e l , W. K. S m i t h. Notes on the Diffusion Type Model for the Longitudinal Mixing in Flow. Chem. Eng. Sci. 6, 227 ( 1957 ).
  10. A. N e j e d l y , J. P e l z. Studie podelneho miseni v otevrenych korytech a jehe vlivu na rychlost biochemicke spotreby kysliku ve vodnim prostredi. Praha 1964.
- II. И. О. Р о д з и л л е р. Определение качества воды в водоемах при впуске в них сточных вод. Мин. мелиорации и водного хозяйства СССР, Эскпресс-Информация, серия 4, вып. 3. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. Москва 1965.

H. Velner, L. Paal, L. Rohusaar

An experimental Research of Coefficient of Longitudinal  
Dispersion for Small Rivers

S u m m a r y

This work deals with the results of an experimental research of the coefficient of the longitudinal dispersion for small rivers of the Estonian S.S.R. ( $A = 20 - 150 \text{ km}^2$ ,  $q_{95\%} = 1 \text{ l/sec km}^2$ ,  $v_m = 0,05 - 0,30 \text{ m/sec}$ ). The coefficient of the longitudinal dispersion has been determined by experimental means. As a pollutant of the stream common salt (NaCl) was used.

In the measuring stations, chosen earlier, the electrical conductivity of water, i.e. concentration of salt was measured during the passage of the cloud of pollutant. The experimental data are arranged as plots  $S=f(t)$  (Fig.1).

The coefficient of longitudinal dispersion has been calculated: 1. according to the data of maximum concentration of the cloud of pollutant (equations (5), (7), (8), (9)); 2. according to the change of variance of the cloud of pollutant along the rivers (equations (10), (12), (14)).

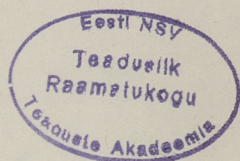
The following has been established: 1. determining the coefficient of longitudinal dispersion  $D$  by the method of maximum concentrations (7), (8), as proposed by the authors, gives reliable results; 2. the coefficient of longitudinal dispersion for small rivers, according to experimental data of the authors, has the magnitude of  $0.2-1.5 \text{ m}^2 \text{ per sec.}$ ; 3. the coefficient of longitudinal dispersion  $D$  for small rivers can be determined with a sufficient accuracy ( $\delta = \pm 20\%$ ) as  $D=1.5 uB$ , where  $u$ - is the mean velocity of the stream and  $B$ - is the width of the river (Fig.3).

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Гидрохимический режим рек Эстонской ССР с учетом стоковых характеристик . . . . .	3
2. Х. Вельнер, А. Каск. Определение стоковых характеристик методом горизонтальной срезки гидрографа при решении водохозяйственных задач . . . . .	151
3. А. Каск, М. Наруск. К вопросу регулирования минимального стока рек Эстонской ССР . . . . .	159
4. Х. Вельнер, Л. Пааль, Л. Рожусаар. К вопросу экспериментального исследования коэффициента продольной диффузии на малых реках . . . . .	167

C O N T E N T S

	Page
1. Hydrochemical Regime of Estonian Rivers with Regard of Flow Characteristics . .	3
2. H. Velner, A. Kask. Determining Flow Characters by the Method of the Horizontal Section of Hydrograph in Solving the Problems of Water Economy . . . . .	151
3. A. Kask, M. Narusk. Concerning the Problem of the Regulation of Minimum Flow of the Rivers of the Estonian S.S.R. . . .	159
4. H. Velner, L. Paal, L. Rohusaar. An experimental Research of Coefficient of longitudinal Dispersion for Small Rivers	167



СБОРНИК СТАТЕЙ  
ПО  
САНИТАРНОЙ ТЕХНИКЕ  
У

Таллинский политехнический институт

Редактор Х. Вельнер

Технический редактор Л. Лоопер

---

Подписано к печати 5 мая 1967 г.  
Бумага 60x90, 1/16. Печ. л. 11,75. Уч.изд.л. 9,5.  
Тираж 500. МВ-04929. Зак. № 210.  
Ротапринт ТПИ, Таллин, Пикк ялг 14.  
Цена 64 коп.



Цена 64 коп.