

МАТЕРИАЛЫ
по иссл. Р. Волхова

21 в.

R $\frac{152}{13}$

в. 21

R $\frac{152}{13}$

В. С. Н. Х.

Промбюро Северо-Западной Области.

Строительство Государственной Волховской
Гидроэлектрической Силовой Установки.

Материалы

по исследованию реки Волхова и его бассейна.

Под редакцией Начальника Отдела Водного Хозяйства и Отчуждений
Инженера В. М. Родевича.

Выпуск XXI.

Инж. Г. К. Поттер.

Сравнение теоретически вычисленных кривых подпора
для р. Волхова с наблюдаемыми в натуре.

Инж. Е. И. Иогансон:

О вычислениях кривых подпора на р. Волхове.

Инж. В. М. Родевич.

О зимних подпорах на р. Волхове.

Издание Строительства Государственной Волховской Гидроэлектрической
Силовой Установки.

ЛЕНИНГРАД—1928

Издание Строительства Волховской Гидроэлектрической Силовой Установки.

Вышли и поступили в продажу следующие издания:

1) №№ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9 Бюллетеней Волховской Гидроэлектрической Станции. Цена (без пересылки) за номер по 2 р. — к.

2) Материалы по исследованию р. Волхова и его бассейна:

Выпуск I. Инженер *Вальман, В. Н.* — Обзор уровней р. Волхова. Инженеры *Бернадские, Н. М.* и *В. М.* — Вскрытие и замерзание р. Волхова за период 1881—1921 г.г., с 26 графиками и чертежами и 8 таблицами уровней. 217 стр. 1924 г. Цена (без пересылки) 6 р. 50 к.

Выпуск II. Проф. *Черномский, В. И.* — О лотках и каналах прямоугольного сечения усиленной шероховатости в применении к рыбоходам, плотоходам, быстротокам и взводному судоходству. 31 стр. с 6 таблицами чертежей. 1924 г. Цена (без пересылки). 1 р. 50 к.

Выпуск III. *Домрачев, П. Ф., Правдин, И. Ф.* — Исследования рыбного промысла р. Волхова и озера Ильменя. Часть I. Инженер *Воронецкий, В. А.* — Описание рыбохода при Волховской Гидроэлектрической Установке. 169 стр. с 4 таблицами и рисунками и 6 чертежами рыбохода. 1924 г. Цена (без пересылки) 2 р. 50 к.

Выпуск IV. Проф. *Прасолов, Л. И.*, проф. *Ганешин, С. С.* и *Ануфриев, Г. И.* — Почвенные и ботанические исследования по берегам р. Волхова и озера Ильмень (предварительный отчет). 99 стр. с 11 таблиц. приложений. 1925 г. Цена (без пересылки). 3 р. 50 к.

Выпуск V. Инженер *Лоттер, Г. К.* — Изыскания на пойме р. Волхова (Отчет о работах 1922 г.). *Гуреев, В. М.* — Прецизионная нивеллировка. 188 стр. с 11 приложениями. 1925 г. Цена (без пересылки) 4 р. — к.

В. С. Н. Х.

Промбюро Северо-Западной Области.

Строительство Государственной Волховской
Гидроэлектрической Силовой Установки.

Материалы

по исследованию реки Волхова и его бассейна.

...

Под редакцией Начальника Отдела Водного Хозяйства и Отчуждений
Инженера В. М. Родевича.

Выпуск XXI.

Инж. Г. К. Поттер.

Сравнение теоретически вычисленных кривых подпора
для р. Волхова с наблюдаемыми в натуре.

Инж. Е. И. Иогансон.

О вычислениях кривых подпора на р. Волхове.

Инж. В. М. Родевич.

О зимних подпорах на р. Волхове.

....

Издание Строительства Государственной Волховской Гидроэлектрической
Силовой Установки.

ЛЕНИНГРАД—1928

Ленинградский Областлит № 2610.—Тираж 650 экз.—6¹/₈ печ. лист.
Типография Первой Ленинградской Артели Печати., Моховая, 40.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Настоящий предпоследний по времени выхода XXI выпуск Материалов по исследованию реки Волхова содержит в себе попытку дать основания на опыте Волхова для разрешения трудной задачи по практической гидрологии, возникающей в связи с осуществлением гидроэлектрических станций на реках, а именно — для построения кривой распространения подпора вдоль по реке. Путь, который пришлось проделать Отделу Изысканий Волховстроя для решения этой задачи на Волхове, изложен последовательно и приводит к ценным для будущего выводам. Заслуживают внимания естественно вытекающие из настоящего труда требования о расширении программы гидрологических изысканий для гидроустановок, необходимых для точного разрешения вопросов подпора (и связанных с ним затоплений). Статья о зимнем подпоре от плотины имеет значение постановки этого интересного вопроса к дальнейшему гидрологическому изучению.

Предлагаемый выпуск является третьим в той группе выпусков «Материалов по исследованию р. Волхова и его бассейна», которая содержит рассмотрение вопросов приложения гидрологии к гидротехнике (вып. II—лотки и рыбоходы; вып. XVII—суточное регулирование; вып. XXI—кривые подпора); последний выпуск этой группы о регулировании озера Ильмень и стока реки Волхова — инж. П. В. Иванова, который должен был составить вып. XXII или XXIV и последний, запаздывает несколько выходом, и потому возможно, что он будет издан в печати уже вне серии «Материалов по исследованию реки Волхова и его бассейна».

Заведывающий Отд. Водн. Хозяйства
Волховстроя, Инженер *Вс. Родевич.*

1928-г. 5 января.

О Г Л А В Л Е Н И Е

выпуска XXI:

	СТР.
Предисловие	I
Оглавление	III

Инж. Г. К. Лоттер:

Сравнение теоретически вычисленных для р. Волхова кривых подпора с наблюдаемыми в натуре	5
--	---

Инж. Е. И. Иогансон:

О вычислениях кривых подпора на реке Волхове	59
--	----

Инж. В. М. Родевич:

О зимнем подпоре на реке Волхове	77
--	----

Чертежи к первым двум статьям—после текста.

Сравнение теоретически вычисленных кривых подпора с наблюдаемыми в натуре.

По окончании работ по постройке Волховской плотины представилось возможным на опыте проверить результаты теоретических подсчетов кривых подпора с действительно наблюдаемыми.

Такая проверка в большом масштабе, в натуре, является чрезвычайно важной и ценной не только для Волховской гидроустановки, но представляет также большой интерес для всех других осуществляемых и проектируемых гидротехнических сооружений.

В силу этих соображений Отдел Водного Хозяйства и Отчуждений Волховского Строительства разработал подробную программу для сравнения природных подпертых уровней с таковыми же, полученными путем вычислений.

Программа работ заключалась:

- 1) в проверке всех основных реперов вдоль русла р. Волхова, дабы имелась полная уверенность в правильности и однообразности отметок горизонтов воды до и после подпора;
- 2) в установлении дополнительных водомерных постов для получения возможно более подробных мгновенных профилей реки;
- 3) одновременной связке горизонта воды в наиболее трудных участках реки;
- 4) более частых одновременных измерениях расходов воды у истока р. Волхова (Хутынь) и ниже плотины (Извоз).

Указанные работы были поставлены под особый контроль специальной партии, а также и гидролого-гидрометрической Части Отдела Водного Хозяйства.

О результате проверки реперов напечатано в XII вып. «Материалов по исследованию р. Волхова и его бассейна». Значительных изменений в отметках реперов обнаружено не было. Попутно с проверкой реперов были пронивелированы и все действующие водомерные посты, вследствие чего были устранены всякие возможные сомнения в отметках реперов и свай на водомерных постах.

Здесь уместно отметить важность контрольных нивелировок именно с точки зрения получения при сравнениях совершенно бесспорных в высотном отношении продольных профилей реки, так как очевидно, что при отсутствии таких данных ценность результатов сравнений естественно уменьшается.

Ниже приводится перечень как основных, так и дополнительных водомерных постов, которыми пользовались при наблюдении подпорных горизонтов воды. Более подробные данные об этих постах приведены в выпусках I и XV «Материалов по исследованию р. Волхова и его бассейна».

Т а б л и ц а № 1.

№№ по порядку.	Месторасположения постов.	Верста от истока реки Волхова.	Тип поста.	Отметки в саж.			Временный или постоянный.	Срок действия.
				Речера поста.	Нуля поста.	Нуля графика.		
1	Ю р ь е в с к и й скит	3	Свайн.	12,971	—	7,361	Постоян.	—
2	Новгород	8	Речн.	13,322	7,535	7,532	„	—
3	Х у т ы н с к и й монастырь	19	Свайн.	12,099	—	7,350	„	—
4	Холопья гора	23	„	10,607	—	—	„	—
5	Д. Завод	24	„	11,161	—	7,415	„	—
6	Селищенские казармы	57	„	11,302	—	7,302	„	—
7	Ст. Волхово	78	Речн.	11,237	—	7,661	„	—
8	Грузино	89	Свайн.	10,290	—	7,190	„	—
9	Лезно	106	„	9,762	—	7,570	„	—
10	Устье Пчевжи	114	„	9,631	8,694	—	Времен.	11/IV—14/VI 1926 г.
11	С. Сольцы	128	Речн.	10,454	—	7,114	Постоян.	—
12	Устье р. Оломны	136	„	14,516	—	—	„	—
13	С. Пчева	141	Свайн.	10,165	—	7,264	„	—
14	Д. Тихорицы	147	„	17,241	—	—	Времен.	11/IV—1/X 1926 г.

№№ по порядку.	Месторасположения постов.	Верста от истока реки Волхова.	Тип поста.	Отметки в саж.			Временный или постоянный.	Срок действия.
				Репера поста.	Нуля поста.	Нуля графика.		
15	С. Подсопье .	150	Свайн.	10,216	—	7,049	Постоян.	—
16	Д. Наволок-Скрипун . .	154	„	10,216	—	—	Времен.	20/IV—15/V 1926 г.
17	Черенцово . .	158	„	11,361	7,256	7,002	„	20/IV—1/IX 1926 г.
18	Успенский Остров верхн.	162	„	10,078	7,345	—	„	14/IV—1/IX 1926 г.
19	Успенский Остров нижн.	162	„	10,078	6,691	—	„	14/IV—1/IX 1926 г.
20	Д. Наволок . .	167	„	11,379	7,437	—	„	20/IV—20/V 1926 г.
21	Д. Панево . .	172	„	11,345	7,162	—	„	9/IV—1/IX 1926 г.
√ 22	Гостинополе .	174	„	11,345	—	6,835	Постоян.	—
√ 23	Д. Вельсы . .	177	Речн.	10,363	6,513	6,608	„	—
24	М. Моллера (Совхоз) . .	177	Свайн.	11,605	6,145	—	„	—
25	Д. Валим . . .	181	„	12,428	4,854	—	„	—
26	С. Халтурино .	182	„	12,428	4,370	—	„	—
27	Д. В. Дубовики	184	„	11,577	4,337	2,414	„	—
28	С. Октябрьское	185	„	12,725	3,169	2,334	„	—
29	Д. Н. Дубовики	186	„	11,577	2,476	2,075	„	—
30	Д. Званка . . .	189	„	13,232	2,904	2,500	„	—
31	Д. Извоз . . .	193	„	7,859	—	2,000	„	—

Посты у д. Скрипунов-Наволок (154 в.) и у д. Наволок (167 в.) имели главное назначение наблюдений над зазорными уровнями.

В течение всего времени работ по проверке кривых подпора наблюдения на всех постах производились по пять раз в день (7 ч., 10 ч., 13 ч., 17 ч. и 21 ч.); во время ледохода наблюдения, кроме указанных часов, производились дополнительно еще в 1 ч.

При открытии временных водомерных постов был совершен также объезд всех постоянных постов, причем наблюдателям были даны инструкции производить наблюдения над уровнями особенно тщательно. Частые контрольные объезды позволяли надеяться, что и в отношении наблюдений над уровнями избегнуты ошибки, которые могли бы заметно повлиять на результаты работ.

Такая постановка наблюдений давала возможность очень подробно следить за ходом уровней по всей реке и установить картину наполнения бьефа при закрытии плотины.

Описанная выше организация водомерных наблюдений позволяла достаточно точно установить один фактор, необходимый при сравнении подпертых и бытовых (естественных) уровней реки. Вторым, не менее важным фактором, являются расходы воды. Этот фактор в условиях р. Волхова (вероятно, также и в ряде других рек) является особенно важным потому, что разный характер приточности в пределах большой поймы (см. описание поймы р. Волхова, вып. V, VI, VII и др. «Материалов») заметно изменяет мгновенный профиль реки при одном и том же расходе у плотины.

Сказанное для естественного режима р. Волхова подтверждается данными таблицы № 2.

Т а б л и ц а № 2.

Расход воды в Гостинопольи в саж. ³ /сек.	Отметки гориз. воды в саж. у водомерн. постов.							Примечание.
	В Гостинопольи.	У ст. Волхово.			В г. Новгороде.			
		Приточность.			Приточность.			
		Наименьшая.	Средняя.	Наибольшая.	Наименьшая.	Средняя.	Наибольшая.	
250	8,10	10,29	10,23	10,27	10,79	10,76	10,76	
170	7,74	9,71	9,68	9,38	10,11	10,02	9,77	
150	7,64	9,65	9,42	9,15	10,03	10,07	9,51	
120	7,48	9,39	9,05	8,82	9,73	9,46	9,00	
100	7,36	9,10	8,79	8,54	9,51	9,14	8,86	
75	7,19	8,71	8,43	8,15	9,08	8,77	8,28	
60	7,08	8,44	8,24	7,96	8,81	8,58	8,07	

Как усматривается из таблицы при устойчивом горизонте воды у Гостинополья уровень у Волхово и г. Новгорода для одного и того-же расхода в нижнем течении (у Гостинополья) может резко колебаться, причем при расходе в 60 куб. саж./сек. колебания достигают 0,74 саж.

Такое влияние проточности на характер продольного профиля реки, естественно, требует очень осторожного подхода при вычислении кривых подпора, при сравнении же наблюдаемых подпорных уровней в натуре с бытовыми, учет проточности приобретает особенно важное значение. Это обстоятельство и побудило Отдел Водного Хозяйства Волховского Строительства ввести более частые одновременные измерения расходов воды в истоке р. Волхова и ниже плотины, так как при наличии такого материала, приточность определяется без всяких затруднений. По характеру хода изменения расходов было решено на период наблюдения подпорных уровней определять расходы воды через каждые 3 дня. Полученный в результате материал подтвердил достаточность назначенного интервала времени.

Обратимся теперь ближе к рассмотрению хода уровней по данным постов от плотины до ст. Волхово Октябрьской ж. д.

Чертеж № 2 представляет собой расположенные в масштабе высот один под другим 6 водомерных постов: Плотина, Вельсы, Гостинополье, Подсопье, Ичева и Грузино, по утренним наблюдениям на этих постах.

Чертеж № 3 является деталью к 1-му и составлен для водомерных постов: Плотина, В. Дубовики, Валим, Мыза Моллера, Вельсы и Гостинополье по 5-ти кратным наблюдениям за период с 18 апреля по 2 мая, т. е. до начала спада весеннего паводка.

Из чертежа 1-го усматривается, что по наблюдениям на верхних постах, начало весеннего половодья может быть отнесено к 10 апреля, более же бурный приток внешних вод отмечен около 17 апреля. С этого же дня начинается также бурное затопление верхнего бьефа. Водомерный пост у плотины за период с 1 по 17 апреля отмечает значительные колебания уровня верхнего бьефа, обуславливаемые исключительно маневрами щитов Стонея у Гидросиловой установки. В это же время уровни, регистрируемые водомерными постами у д. Вельсы и с. Гостинополье, находятся под влиянием образования пьтр и их срыва (см. вып. XIV «Мате-

риалов»—Зимний режим р. Волхова). Верхние посты показывают нормальный для этого времени режим реки.

Начиная с 17—19 апреля все посты отмечают значительную прибывь воды. Началось весеннее половодье. Как усматривается из графиков колебаний уровней верхний бьеф плотины уже к 25 апреля наполнен.

К 8 мая прибывь воды заканчивается и начинается убыль. Таким образом изменение режима реки произошло в период времени с 17 апреля по 8 мая, и новые условия стока для всех последующих лет будут несколько отличны от условий бытовых, т. е. имевших место до постройки плотины, вследствие некоторого регулирования стока верхним бьефом сооружения. Изменения эти выразятся, правда, в незначительном удлинении половодья с одной стороны и также едва заметном снижении весенних расходов.

Результаты водомерных наблюдений на р. Волхове над подпертыми уровнями, произведенные Отделом Водного Хозяйства Волховского Строительства напечатаны в выпуске XV «Материалов».

Имея данные водомерных наблюдений и результаты работ гидрометрических станций в Хутыни и Извозе, представлялось возможным для любых наблюденных в течение 1926 г. расходов построить мгновенные профили подпертого уровня р. Волхова.

Сравнение теоретически вычисленных кривых подпора с наблюденными в натуре возможно только в том случае, если обе кривые подпора отвечают мало отличающимся друг от друга режимам реки.

Наибольшее значение для Волховского Строительства в отношении затопления имели расходы в 60, 75, 120, 150, 170, 200 и 250 куб. саж./сек. Соответственно этому, на основании наблюдений над подпертым режимом реки, выбирался такой профиль, которому на месте сооружения отвечал бы достаточно устойчивый расход, возможно близко подходящий к указанным выше расходам.

Намеченные таким образом природные подпорные профили уровней характеризовались данными о расходах по верхней—Хутынской гидрометрической станции и по нижней—Извозской.

Для возможности установить уровни естественного режима реки, отвечающие тем же гидрологическим условиям, для которых были наблюдены подпорные, необходимо было по имевшимся гидрометрическим материалам, подобрать такие моменты, для которых у места

сооружения и у Новгорода расходы воды возможно ближе подходили к наблюдаемым для подпертого режима. Установив эти моменты, не представляло затруднений, по данным водомерных наблюдений, восстановить и соответственные мгновенные профили водной поверхности реки. В результате чрезвычайно кропотливой работы удалось собрать все интересующие данные, сводка которых показана в таблице № 3.

Т а б л и ц а № 3.

Расход у сооружения для подсчета кривых подпора.	Расходы воды, наблюдаемые при:		Примечание.
	естественном режиме.	подпертом режиме.	
60	$\frac{60}{61}$	$\frac{58 \quad 60}{62 \quad 58}$	Цифры над чертой—расходы у Новгорода; под чертой—у сооружения.
120	$\frac{108}{120}$	$\frac{108}{120}$	
150	$\frac{132}{149}$	$\frac{136}{149}$	
170	$\frac{156}{170}$	$\frac{149}{172}$	
200	$\frac{172}{199}$	$\frac{172}{199}$	

Как усматривается, расходы при естественном и подпертом режимах подобраны достаточно удачно и, таким образом, возможность ошибок при вычислении кривых подпора, зависящих от несоответствия гидрологического режима естественного и подпертого уровней сведена к минимуму.

Для выяснения гидравлических элементов русла, а в дальнейшем и для вычисления кривых подпора все протяжение р. Волхова от плотины до Юрьевского Скита было разбито на 15 участков. Раздельные профили были выбраны в створах водомерных постов, что представляло большое удобство в отношении большей точности определения продольного профиля реки. Назначение большего числа участков, как показал опыт предварительных подсчетов (см. «Материалы по исследованию р. Волхова»,

вып. VIII), на точности вычислений не отражается и требует лишь значительно большего времени для подсчета каждой отдельной кривой.

Расположение профилей и отметок естественных горизонтов воды для разных расходов показано в таблице № 4.

Т а б л и ц а № 4.

№№ профилей.	Наименование пунктов реки.	Расстояние от истока реки вер. + саж.	Отметки горизонта воды в саж. при расходе саж. ³ /сек.				
			58 62	108 120	132 149	156 172	172 199
1	Плотина	185 + 37	2,68	2,99	3,15	3,26	3,43
2	В Дубовики	184 + 15	2,94	3,32	3,48	3,54	3,78
3	Вельсы	176 + 420	6,73	6,94	7,02	7,08	7,17
4	Гостинополье	174 + 405	7,08	7,44	7,58	7,68	7,84
5	Черенцово	158 + 280	7,25	7,87	8,16	8,34	8,62
6	Подсопье	150 + 350	7,57	8,29	8,58	8,77	9,09
7	Пчева	141 + 0	7,93	8,58	8,86	9,07	9,35
8	Сольцы	128 + 370	8,06	8,76	9,07	9,21	9,52
9	Лезно	105 + 350	8,10	8,88	9,20	9,39	9,64
10	Грузино	89 + 125	8,12	8,95	9,27	9,47	9,74
11	Ст. Волхово	78 + 175	8,14	9,02	9,33	9,54	9,79
12	Селищенские казармы . .	57 + 350	8,21	9,09	9,42	—	9,89
13	Завод	23 + 200	8,32	9,27	9,60	9,80	10,11
14	Хутынь	19 + 175	8,34	9,31	9,64	—	10,14
15	Новгород	8 + 170	8,48	9,39	9,70	9,89	10,18
16	Юрьевский Скит	3 + 0	8,57	9,46	9,77	9,97	10,25

Основные подсчеты кривых подпора были произведены по способу Dupuit-Rühlmann'a, дополненному приемом, предложенным инж. Тольманном (см. Бахметьев «О неравномерном движении жидкости в открытом русле»). При этом способе подсчетов необходимо для всех участков реки предварительно определить

значения коэффициента C формулы Шези и шероховатости γ . Коэффициенты эти определяются из следующих зависимостей:

$$C = \frac{Q}{F \sqrt{RJ}} \quad \text{и} \quad \gamma = \frac{87 - C}{C} \sqrt{R}$$

где: Q — расход воды в мтр.³/сек.

F — площадь живого сечения — мтр.².

R — гидравлический радиус — метр.

J — средний уклон воды рассматриваемого участка.

Для определения указанных величин необходимо было предварительно иметь данные геометрических элементов русла отдельных участков.

Величины геометрических элементов определялись по оригиналам планшетов съемки р. Волхова 1922—25 г.г. и соответственно данным таблицы № 4 приведены в таблицах №№ 5 и 6. Имея числовые значения средних площадей живых сечений и гидравлических радиусов для участков и пользуясь для определения уклонов данными таблицы № 4 не представляет затруднений для каждого отдельного состояния реки вычислить значения C и γ .

Весь процесс вычисления и значения коэффициентов C и γ приведены для естественного и подпертого состояния реки в таблицах №№ 7—12.

В приложениях №№ 4—11 изменение коэффициентов C и γ , а также величин R и J для каждого из рассмотренных участков показано графически в зависимости от отметок горизонта воды.

Из указанных таблиц и приложений усматривается, что коэффициенты C и γ по длине реки изменяются в очень широких пределах и далеко превосходят значения, приводимые обычно в курсах гидравлики.

Такое изменение коэффициентов сопротивления и шероховатости не может быть объяснено только разнообразием строения ложа реки, тем более, что в условиях р. Волхова такого значительного разнообразия и не наблюдается. Здесь подтверждается установившийся взгляд, что все существующие для определения коэффициента сопротивления формулы в достаточной степени пригодны лишь для русел искусственных — каналов, трубопроводов и др., а также для тех немногочисленных участков естественных водотоков, в которых поток протекает в сжатом состоянии.

Т а б л и ц а № 5.

Геометрические элементы русла р. Волхова при

естественном режиме для разных расходов.

№.№ участк.	Наименование пунктов.	Q = 583 мтр. ³ /сек.					Q = 1.165 мтр. ³ /сек.					Q = 1.457 мтр. ³ /сек.					Q = 1.651 мтр. ³ /сек.					Q = 1.943 мтр. ³ /сек.				
		L	F	F _{ср}	L _{ср}	$\frac{R_{ср}}{F_{ср}} = \frac{R_{ср}}{L_{ср}}$	L	F	F _{ср}	L _{ср}	R _{ср}	L	F	F _{ср}	L _{ср}	R _{ср}	L	F	F _{ср}	L _{ср}	R _{ср}	L	F	F _{ср}	L _{ср}	R _{ср}
1	Плотина	300	590	430	300	1,43	313	796	657	313	2,10	320	904	765	320	2,39	321	979	813	321	2,53	331	1.087	950	331	2,87
2	В. Дубовикп	300	270	275	314	0,88	313	518	472	320	1,47	320	626	554	324	1,71	321	647	586	324	1,81	331	814	701	329	2,13
3	Вельсы	328	280	610	288	2,12	328	427	779	290	2,69	328	483	845	290	2,92	328	525	892	290	3,07	328	588	967	292	3,31
4	Гостинополе	246	940	1.000	204	4,91	251	1.131	1.200	210	5,72	252	1.206	1.290	215	6,00	253	1.260	1.352	215	6,30	256	1.347	1.454	220	6,62
5	Черенцово	162	1.060	1.150	295	3,90	169	1.268	1.592	311	5,12	177	1.375	1.786	317	5,63	177	1.443	1.913	317	6,03	184	1.561	2.133	334	6,38
6	Подсопье	429	1.240	1.657	415	3,99	453	1.917	2.281	438	5,21	456	2.198	2.550	445	5,73	458	2.383	2.740	451	6,08	485	2.705	3.050	519	5,88
7	Пчева	401	2.074	1.733	325	5,33	423	2.645	2.247	393	5,71	435	2.901	2.513	454	5,53	444	3.098	2.687	491	5,47	554	3.396	3.034	606	5,00
8	Сольцы	250	1.392	1.481	235	6,30	363	1.849	1.901	301	6,31	473	2.126	2.125	368	5,77	538	2.277	2.735	2.769	1,00	658	2.672	4.402	3.329	1,32
9	Лезно	221	1.570	1.645	222	7,42	240	1.953	2.081	285	7,31	264	2.125	2.907	2.132	1,36	5.000	3.192	4.296	4.500	0,96	6.000	6.132	6.916	5.000	1,38
10	Грузино	222	1.720	1.675	261	6,42	330	2.210	2.210	325	6,80	4.000	3.690	3.260	2.779	1,17	4.000	5.400	4.513	3.000	1,50	4.000	7.700	6.200	3.000	2,06
11	Ст. Волхово	300	1.630	1.700	305	5,58	320	2.210	2.285	320	7,14	1.558	2.830	2.709	946	2,86	2.000	3.626	3.191	1.170	2,73	2.000	4.693	3.914	1.395	2,81
12	Селищенские казармы .	310	1.770	1.580	245	6,45	320	2.360	2.077	260	8,00	335	2.588	2.304	387	5,94	340	2.756	2.483	395	6,28	790	3.135	2.831	650	4,36
13	Завод	180	1.390	1.325	300	4,41	200	1.794	2.189	530	4,13	440	2.020	2.635	735	3,58	450	2.210	2.952	750	3,93	510	2.528	3.500	940	3,72
14	Хутынь	420	1.260	1.145	356	3,22	860	2.584	2.772	1.430	1,94	1.030	3.250	3.767	1.515	2,48	1.050	3.694	4.394	1.525	2,88	1.370	4.470	5.437	1.685	3,22
15	Новгород	293	1.030	1.170	479	2,44	2.000	2.960	2.930	1.506	1,94	2.000	4.285	4.180	2.000	2,09	2.000	5.095	5.201	2.000	2,60	2.000	6.405	6.455	2.000	3,23
	Юрьевский Скит	665	1.310				1.011	2.900				2.000	4.076				2.000	5.308				2.000	6.504			

Примечание: Все размеры в метрах.

Т а б л

Геометрические элементы русла р. Волхов

№ участка	Наименование пунктов.	Q = 583 мтр. ³ /сек.					Q = 1.165 мтр. ³ /сек.				
		L	F	F _{ср}	L _{ср}	R _{ср} = $\frac{F_{ср}}{L_{ср}}$	L	F	F _{ср}	L _{ср}	R _{ср}
1	Плотина	341	4.347	4.085	341	12,0	341	4.514	4.252	341	12,0
2	В. Дубовики	341	3.824	2.468	335	7,36	341	3.991	2.642	334	7,0
3	Вельсы	328	1.112	1.279	293	4,47	328	1.294	1.459	295	4,0
4	Гостинополе	259	1.446	1.399	215	6,51	262	1.623	1.572	222	7,0
5	Черенцово	172	1.352	1.600	312	5,13	182	1.522	1.952	320	6,0
6	Подсопье	452	1.848	2.121	431	4,92	458	2.382	2.673	448	5,0
7	Пчева	410	2.394	1.985	341	5,73	438	2.964	2.523	447	5,0
8	Сольцы	273	1.576	1.648	251	6,57	457	2.082	2.085	361	5,0
9	Лезно	229	1.719	1.820	247	7,37	264	2.087	2.460	2.132	1,0
10	Грузино	265	1.900	1.875	287	6,53	4.000	2.834	2.670	2.743	0,0
11	Ст. Волхово	310	1.851	1.910	310	6,16	1.487	2.505	2.494	903	2,0
12	Селищенские казармы .	310	1.969	1.736	250	6,95	320	2.483	2.195	375	5,0
13	Завод	190	1.504	1.518	332	4,56	430	1.908	2.404	710	3,0
14	Хутынь	475	1.533	1.356	427	3,18	990	2.900	3.270	1.495	2,0
15	Новгород	380	1.180	1.414	548	2,58	2.000	3.640	3.495	2.000	1,0
	Юрьевский Скит	716	1.648				2.000	3.350			

Примечание: Все величины даны в метрах.

а № 6.

при подпертом режиме для разных расходов.

№ участка	Наименование пунктов.	Q = 1.457 мтр. ³ /сек.					Q = 1.651 мтр. ³ /сек.					Q = 1.943 мтр. ³ /сек.				
		L	F	F _{ср}	L _{ср}	R _{ср}	L	F	F _{ср}	L _{ср}	R _{ср}	L	F	F _{ср}	L _{ср}	R _{ср}
1	Плотина	341	4.507	4.246	341	12,45	341	4.456	4.194	341	12,30	341	4.514	4.252	341	12,48
2	В. Дубовики	341	3.984	2.632	335	7,87	341	3.933	2.600	335	7,76	341	3.991	2.653	335	7,92
3	Вельсы	328	1.280	1.457	295	4,94	328	1.266	1.445	295	4,89	328	1.315	1.500	295	5,08
4	Гостинополе	262	1.634	1.600	223	7,18	262	1.623	1.610	224	7,19	262	1.685	1.679	226	7,43
5	Черенцово	185	1.565	2.067	322	6,42	187	1.597	2.148	336	6,38	190	1.673	2.296	342	6,72
6	Подсопье	459	2.568	2.860	452	6,32	485	2.700	3.010	510	5,90	495	2.920	3.260	576	5,67
7	Пчева	444	3.152	2.748	506	5,42	534	3.319	2.935	584	5,02	658	3.599	3.297	687	4,80
8	Сольцы	567	2.344	2.703	2.783	0,97	634	2.550	3.868	3.317	1,17	716	2.996	5.526	3.358	1,65
9	Лезно	000	3.062	4.181	4.500	0,93	6.000	5.187	5.978	5.000	1,20	6.000	8.057	8.348	5.000	1,67
10	Грузино	000	5.300	4.377	3.000	1,46	4.000	6.770	5.515	3.000	1,84	4.000	8.640	6.877	3.000	2,29
11	Ст. Волхово	000	3.455	3.074	1.170	2,63	2.000	4.260	3.596	1.390	2,59	2.000	5.115	4.193	1.395	3,01
12	Селищенские казармы .	340	2.694	2.428	395	6,14	780	2.933	2.654	640	4,14	790	3.272	2.938	655	4,48
13	Завод	450	2.162	2.867	745	3,84	500	2.375	3.223	795	4,05	520	2.603	3.627	950	3,81
14	Хутынь	040	3.572	4.181	1.520	2,75	1.090	4.072	4.881	1.545	3,16	1.381	4.652	5.596	1.690	3,31
15	Новгород	000	4.790	4.904	2.000	2,45	2.000	5.690	5.777	2.000	2,89	2.000	6.540	6.628	2.000	3,31
	Юрьевский Скит	000	5.018				2.000	5.864				2.000	6.717			

Т а б л и ц а № 7а.

Расход 60 саж.³/сек. = 583 мтр.³/сек. (подпорный).

№.№ участков.	Наименование пунктов на реке.	Длина участка в саж.	Отметка горизонта воды в саж.	Падение в саж.	Уклон J 10°.	Средний гидравлический радиус в мтрах R .	V RJ .	Средняя площадь живого сечения в кв. мтр. F .	$F\sqrt{RJ}$.	$C = \frac{Q}{F\sqrt{RJ}}$.	Расход воды Q .
1	Плотина	522	7,98	0		12,0		4,085			602
2	В. Дубовики	3.595	7,98	0,01	2,78	7,36	0,0045	2.468	11,16	53,9	602
3	Вельсы	1.015	7,99	0,03	29,5	4,47	0,0115	1.279	14,70	40,9	602
4	Гостинополе	8.125	8,02	0,08	9,8	6,51	0,0080	1.399	11,16	53,9	602
5	Черенцово	3.930	8,10	0,10	25,5	5,13	0,0114	1.600	18,3	32,8	600
6	Подсопье	4.850	8,20	0,10	20,6	4,92	0,0101	2.121	21,4	28,0	600
7	Пчева	6.130	8,30	0,09	14,7	5,73	0,0092	1.985	18,2	32,9	599
8	Сольцы	11.520	8,39	0,02	1,7	6,57	0,0033	1.648	5,50	10,8	594
9	Лезно	8.225	8,41	0,05	6,1	7,37	0,0067	1.820	12,20	47,6	581
10	Грузино	5.450	8,46	0,02	3,6	6,53	0,0048	1.875	9,1	63,0	573
11	Ст. Волхово	10.325	8,48	0,03	2,9	6,16	0,0042	1.910	8,06	71,0	572
12	Селищенские казармы	17.150	8,51	0,10	5,8	6,95	0,0063	1.736	11,0	51,8	570
13	Д. Завод	2.025	8,61	0,02	9,9	4,56	0,0067	1.518	10,20	56,0	569
14	Хутынь	5.505	8,63	0,06	10,9	3,18	0,0058	1.356	8,0	71,0	565
15	Новгород	2.670	8,69	0,11	41,2	2,58	0,0103	1.414	14,55	38,7	563
	Юрьевский скит		8,80								

Т а б л и ц а № 12.

	Q = 583 мтр. ³ /сек.						Q = 1.165 мтр. ³ /сек.						Q = 1.157 мтр. ³ /сек.						Q = 1.651 мтр. ³ /сек.						Q = 1.943 мтр. ³ /сек.					
	Естественный.			Подпертый.			Естественный.			Подпертый.			Естественный.			Подпертый.			Естественный.			Подпертый.			Естественный.			Подпертый.		
	\sqrt{R}	C	γ	\sqrt{R}	C	γ	\sqrt{R}	C	γ	\sqrt{R}	C	γ	\sqrt{R}	C	γ	\sqrt{R}	C	γ	\sqrt{R}	C	γ	\sqrt{R}	C	γ	\sqrt{R}	C	γ	\sqrt{R}	C	γ
1	1,2	52,0	0,81	3,47	—	—	1,45	49,0	1,14	3,53	—	—	1,55	49,0	1,20	3,53	—	—	1,59	55,0	0,92	3,50	—	—	1,70	46,0	1,51	3,53	—	—
2	0,94	71,0	0,22	2,72	54,0	1,67	1,21	64,0	0,42	2,82	47,0	2,39	1,31	65,0	0,44	2,80	68,0	0,78	1,35	67,0	0,40	2,79	56,0	1,46	1,46	62,0	0,59	2,81	60	1,26
3	1,46	36,0	2,07	2,12	41,0	2,38	1,64	41,0	1,83	2,23	57,0	1,18	1,71	43,0	1,75	2,22	51	1,56	1,76	43,0	1,80	2,21	53	1,42	1,82	43,0	1,86	2,25	51	1,59
4	2,22	59,0	1,05	2,55	54,0	1,57	2,39	56,0	1,35	2,66	49,0	2,06	2,45	54,0	1,50	2,68	51	1,89	2,51	54,0	1,53	2,68	52,0	1,81	2,58	53,0	1,66	2,73	52	1,84
5	1,98	29,0	3,96	2,27	33,0	4,45	2,26	31,0	4,09	2,47	34,0	4,14	2,37	33,0	3,86	2,54	33,0	4,16	2,46	37	3,31	2,53	34	5,16	2,53	33	4,21	2,59	34,0	4,03
6	2,00	21,0	6,28	2,22	28,0	4,68	2,28	29,0	4,56	2,44	29,0	4,88	2,39	31,0	4,31	2,51	33,0	4,10	2,47	31	4,45	2,43	34,0	3,79	2,42	35	3,60	2,38	36,0	3,87
7	2,31	32,0	3,97	2,39	33,0	3,92	2,39	40,0	2,84	2,38	46,0	2,12	2,35	41,0	2,64	2,33	41,0	2,61	2,34	55,0	1,36	2,24	51,0	1,58	2,24	48,0	1,82	2,19	50,0	1,63
8	2,51	85,0	0,06	2,57	108,0	-0,50	2,51	74,0	0,43	2,40	93,0	-0,18	2,41	83,0	0,12	0,99	191	-0,54	1,00	149,0	-0,42	1,03	121	-0,30	1,15	116	-0,29	1,29	86	0,02
9	2,72	85,0	0,06	2,72	47,0	2,3	2,70	67,0	0,81	1,07	155,0	-0,35	1,17	139,0	-0,44	0,96	103	-0,15	0,98	120,0	-0,27	1,16	81	0,09	1,17	63,0	0,45	1,27	62	0,51
10	2,54	72,0	0,53	2,56	63,0	0,97	2,61	52,0	1,76	0,99	124,0	-0,52	1,08	113,0	-0,25	1,21	95,0	-0,10	1,22	78,0	0,14	1,36	60,0	0,61	1,44	64,0	0,52	1,51	62,0	0,61
11	2,36	56,0	1,30	2,49	71,0	0,56	2,67	68,0	0,74	1,66	133,0	-0,57	1,69	98,0	-0,19	1,63	104,0	-0,27	1,65	99,0	-0,20	1,61	85,0	0,04	1,69	83,0	0,08	1,73	86,0	0,02
12	2,54	58,0	1,27	2,64	52,0	1,78	2,83	56,0	1,57	2,42	64,0	0,87	2,44	72	0,51	2,48	69,0	0,65	2,51	79,0	0,25	2,03	83,0	0,10	2,10	80,0	0,18	2,12	81,0	0,16
13	2,10	66,0	0,67	2,14	56,0	1,18	2,03	54,0	1,24	1,84	78,0	0,21	1,89	59,0	0,90	1,96	76,0	0,28	1,98	59,0	0,94	2,01	60,0	0,90	1,95	66,0	0,61	1,95	55,0	1,13
14	1,79	56,0	0,99	1,79	71,0	0,40	1,39	71,0	0,31	1,48	54,0	0,91	1,58	65,0	0,53	1,66	63,0	0,63	1,70	67,0	0,51	1,78	62,0	0,78	1,80	63,0	0,68	1,83	86,0	0,02
15	1,55	56,0	0,86	1,57	39,0	1,93	1,39	50,0	1,03	1,32	52,0	0,89	1,45	41	1,56	1,57	31	2,84	1,61	33	2,64	1,70	29	3,40	1,80	28	3,80	1,82	27	4,05

В отдельных участках изменение C и γ при различном наполнении русла зависит в очень большой мере от изменения гидравлического радиуса, однако, делать какие либо общие выводы относительно характера этой зависимости вследствие ограниченности материала весьма затруднительно.

При определении величины коэффициента γ по формуле Базена значение γ для некоторых участков получается отрицательным. Такие-же результаты дают формулы Горбачева, Куттера и другие вида $\frac{A}{1 + \frac{a}{\sqrt{R}}}$. В этом случае более удобной оказывается формула Гангилье—Куттера. Для участка № 9 Лезно—Грузино сделаны подсчеты коэффициентов шероховатости по всем названным формулам (см. также вып. VI «Материалов по исследованию р. Волхова»). Результаты подсчетов приведены в таблице № 13.

Т а б л и ц а № 13.

Величины расходов мтр. ³ /сек.	C.	\sqrt{R}	Коэффициенты шероховатости по формулам:				Примечание.
			Базена γ	Горбачева a	Куттера m	Гангилье-Куттера n	
585	85	2,72	-0,06	-0,48	0,48	0,014	Формулы: Базена
1.165	67	2,70	0,81	-0,12	1,33	0,018	$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$
1.457	139	1,17	-0,44	-1,15	-0,33	0,007	Горбачева
1.651	120	0,98	-0,27	-0,41	-0,16	0,008	$C = \frac{70}{1 + \frac{a}{\sqrt{R}}}$
1.943	63,0	1,17	-0,45	-0,13	0,69	0,017	Куттера $C = \frac{100}{1 + \frac{m}{\sqrt{R}}}$
							Гангилье—Куттера $C = \frac{23 + 1/n}{1 + \frac{23n}{\sqrt{R}}}$

Для однообразия расчетов все вычисления коэффициентов шероховатости для всех участков р. Волхова сделаны все-же по формуле Базена.

При рассмотрении участков в пределах широкого разлива р. Волхова встретились затруднения при выборе расчетной ши-

рины реки. Действительно при расходах больше 120 куб. саж./сек. реки разливается на несколько верст и в некоторых местах (разлив местности поросшей лесом и кустами) ширина даже не может быть точно назначена. Принятая в этих случаях расчетная ширина реки (оцененная по местным условиям) сказывалась на значениях коэффициентов C и γ .

В таблице № 13а приводится для участка Грузино—Ст. Волхово влияние выбранной ширины реки на величину коэффициента шероховатости γ . Вычисления сделаны для расхода в 150 куб. саж./сек. (1.457 мтр.³/сек.).

Т а б л и ц а № 13а.

Ширина реки в мтр.	Площадь сечения в мтр. ²	Гидравл. радиус в мтр.	$\frac{Q}{\sqrt{J}} \cdot 10^6$	C	γ	Примечание.
325	2.428	7,46	0,407	61	3,67	Ширина в 325 мтр. соответствует ширине реки при расходе 120 куб. саж./сек.
900	2.828	3,13	—	81	0,13	
1.800	3.143	1,75	—	98	0,15	
2.779	3.260	1,17	—	113	—0,25	

Как усматривается выбор ширины реки имеет значительное влияние на значение коэффициента γ . В условиях участка Грузино—Ст. Волхово для того, чтобы $\gamma \geq 0$ необходимо, чтобы $R \geq 2,5$ мтр. Кроме того, из рассмотрения изменения γ возможен вывод, что Волховская пойма для движения воды представляет настолько значительные сопротивления, что практически ее, при расходе в 1.457 мтр.³/сек. в расчет можно было бы не вводить.

Изменение коэффициентов C и γ в зависимости от наполнения русла, приведено в приложениях №№ 4—11. Из этих приложений видно, что коэффициент шероховатости γ для одного и того же сечения при изменении отметки горизонта воды не остается постоянным. Изменение это, повидимому, является функцией местных условий и сделать какие-либо общие выводы представляется затруднительным. Можно только отметить, что резким изменениям гидравлического радиуса отвечают такие же резкие изменения коэффициентов шероховатости и в этих случаях должно быть обращено особенное внимание на выбор геометрических элементов русла.

Следует отметить, что коэффициенты C и γ , определенные для наблюдаемого подпертого режима в общем достаточно удовлетвори-

тельно размещаются около кривых, проведенных по результатам подсчетов, исполненных для бытового режима реки.

Перейдем к рассмотрению изменения отдельных гидравлических элементов в зависимости от наполнения по отдельным участкам.

Для каждого участка должно быть проверено, насколько правильно для него сделанное предположение о равномерном движении воды и если такое предположение неправильно, то насколько изменяются значения коэффициентов C и γ . Проверка осуществляется по формуле неравномерного движения, переписанной для удобства в следующем виде:

$$\Delta h = \frac{Q^2}{C^2 F_{cp}^2 R_{cp}} \Delta l + \frac{\alpha Q^2}{2g} \left[\frac{1}{F_1^2} - \frac{1}{F_2^2} \right] \dots \dots \dots (1)$$

где:

- Δh — падение на участке,
 - Δl — длина участка,
 - F_2 — площадь живого сечения верховой границы участка,
 - F_1 — площадь живого сечения низовой границы,
 - $F_{cp} = \frac{F_1 + F_2}{2}$
 - R_{cp} — средний гидравлический радиус для участка,
 - C — коэффициент сопротивления,
 - α — коэффициент, зависящий от распределения скоростей.
- Принято = 1,1,
 g — ускорение силы тяжести.

Участок № 1. Плотина—Верхние Дубовики.

Изменение горизонтов отнесено к профилю у Верхних Дубовиков. Для этого участка величина второго члена уравнения (1) приведена в таблице № 14.

Т а б л и ц а № 14.

Естественный режим.			Подпертый режим.		
Расход мтр. ³ /сек.	Напор, необходимый на изменение живой силы.		Расход мтр. ³ /сек.	Напор, необходимый на изменение живой силы.	
	Метры.	Сажени.		Метры.	Сажени.
592	— 0,219	— 0.103	602	0,0003	—
1.165	— 0,164	— 0.077	1.165	—	—
1.447	— 0,155	— 0,073	1.447	—	—
1.651	— 0,206	— 0,096	1.651	—	—
1.932	— 0,140	— 0,065	1.932	—	—

Как усматривается, при подпертом режиме изменение живой силы практически сводится к нулю, что же касается русла в естественных условиях, то здесь происходит некоторое восстановление потенциальной энергии потока и, следовательно, действительная потеря напора, вследствие сопротивлений, несколько больше наблюдаемой. В таблице № 15 приводятся значения коэффициентов C и γ , исчисленные, как в предположении равномерного, так и неравномерного движения воды.

Т а б л и ц а № 15.

Расход воды мтр. ³ /сек.	Равномерное движение.		Неравномерное движение.		Примечание.
	γ	C	γ	C	
592	0,81	52	1,17	44	Для случая неравномерного движения из падения на участке вычитается напор от изменения живой силы и затем обычным способом вычисляются γ и C .
1.165	1,14	49	1,42	44	
1.447	1,20	49	1,51	44	
1.651	0,92	55	1,29	48	
1.932	1,51	46	1,74	43	

Таким образом, учет неравномерности движения оказывает незначительное влияние на величины коэффициентов сопротивления и шероховатости.

Обращаясь к рассмотрению характера изменения величин γ , C , R и J в зависимости от наполнения русла, можно отметить, что изменения эти в общем происходят довольно закономерно. При увеличении отметок горизонта воды одновременно увеличиваются J , R и γ , в то время как C уменьшается.

Участок № 2. Верхние Дубовики—Вельсы.

Площади живых сечений пограничных профилей для этого участка изменяются менее резко, чем для участка предыдущего. Величины напора, необходимые для изменения живой силы потока в естественных условиях, приведены в таблице № 16.

Т а б л и ц а № 16.

Расход воды мтр. ³ /сек.	Напор, необходимый для изменения живой силы.	
	Метры.	Сажени.
592	+ 0,018	+ 0,008
1.165	— 0,134	— 0,063
1.447	— 0,205	— 0,096
1.651	— 0,188	— 0,088
1.932	— 0,264	— 0,123

Так как приведенные в таблице № 16 значения напоров очень малы по отношению к наблюдаемому в естественных условиях падению, то для этого участка с еще меньшими погрешностями можно пренебречь влиянием неравномерности движения потока. Как усматривается из графика зависимостей величин γ , C , R и J от наполнения русла для подпертого режима характер изменений уклонов при повышении уровней иной, чем для режима естественного. В то время как при бытовых условиях уклон на участке при большем наполнении уменьшался, при подпоре, наоборот, уклон увеличивается. При наполнении русла коэффициент сопротивления уменьшается довольно медленно, в то время как γ быстро увеличивается.

Участок № 3. Вельсы—Гостинополье.

Этот участок является наиболее тяжелым и сомнительным в отношении правильности предположения равномерного движения. Так как в действительности движение воды между Гостинопольем и Вельсами ускоренное, то наблюдаемое падение должно состоять из 2-х частей: первая—необходимая для преодоления сопротивления русла и вторая—для сообщения движущейся массе необходимого ускорения.

Значение второй части напора приведено в таблице № 17.

Т а б л и ц а № 17.

Расход воды мтр. ³ /сек.	Напор для изменения живой силы.		Значение коэффициента трения и шероховатости.			
			При равномерном движении.		При неравномерном движении.	
	Метры.	Сажени.	γ	C	γ	C
592	+ 0,227	+ 0,106	2,07	36	1,50	43
1.165	+ 0,359	+ 0,168	1,83	41	1,21	50
1.447	+ 0,385	+ 0,180	1,71	43	1,15	52
1.651	+ 0,417	+ 0,195	1,76	43	1,13	53
1.932	+ 0,446	+ 0,209	1,82	43	1,22	52

Из таблицы № 17 видно, что на участке Вельсы—Гостинополье замена неравномерного движения равномерным также как и для

участка Плотина—В. Дубовики сказывается на коэффициентах сопротивления и шероховатости, однако, как это усматривается из конечных результатов также и в этом случае представляется возможным сохранить сделанное допущение о равномерном движении воды.

Вычисленные в этом предположении коэффициенты C и γ для естественного и подпорного режимов, как это видно из приложения № 4, позволяют графически установить достаточно правильную зависимость их от изменения горизонта воды.

Участки реки выше Гостинополя.

Во всех участках выше Гостинополя величина напора, зависящая от изменения живой силы потока, незначительна и поэтому для этих участков в основу подсчетов без чувствительных погрешностей может быть положена формула Шези.

На участках №№ 4, 5, 6 и 7 от Гостинополя до Сольцов графически получается достаточно удовлетворительная зависимость величин C , γ , R и J от изменения горизонта воды. На первых двух коэффициент шероховатости (γ) с повышением уровня увеличивается; на последних наблюдается обратное, т. е. при большем наполнении шероховатость меньше.

Чрезвычайно сложную картину изменения гидравлических элементов русла можно наблюдать в пойменной части реки Волхова на участках №№ 8—11 от с. Сольцы до с. Селищенские казармы.

Здесь, начиная с отметки около 9,00 саж. (над уровнем моря) начинается широкий разлив. При учете всей ширины разлива происходит резкое уменьшение гидравлического радиуса, а в зависимости от изменения гидравлического радиуса также резко изменяются величины коэффициентов γ и C .

Необходимо обратить внимание на величину уклона этих участков. Уклон здесь колеблется от 0 до 0,00002, т. е. падение на версту не превосходит 0,01 саж., река находится как бы в состоянии естественного подпора и поэтому говорить о какой либо точности определения γ и C вряд ли возможно. Выше уже было отмечено о влиянии правильного выбора геометрических элементов русла при определении гидравлических коэффициентов этих участков.

На участках №№ 12—15 выше с. Селищенские казармы возможно опять установить более или менее правильную зависимость величин γ , C , R и J от изменения уровня воды.

Кривая подпора для расхода $Q = 583$ мтр.³/сек.

№№ профилей.	Длина участка в саженях.	Отметка естеств. гор. воды в саж.	Уклон $J \times 10^6$.	\sqrt{J}	Средняя ширина подп. гор. воды в мтр. B .	Коэффициент шероховатости γ .	$B\sqrt{J}$.	Расход воды Q мтр. ³ /сек.	$\frac{Q}{87} = Q^1$.	$\frac{Q^1}{B\sqrt{J}} = S$.	h_0 из уравнения $\frac{h_0^2}{\sqrt{h_0 + \gamma}} = S$	Z — подпор в мтр.	Z — подпор в саж.	Отметка вычисленного подпора горизонта воды.	Отметка наблюдаемого подпора горизонта воды.
1	522	2,68	497	0,022	341	1,5	7,50	592	6,8	0,907	1,58	11,31	5,30	7,98	7,98
2	3.595	2,94	1054	0,0325	335	1,5	10,88	592	6,8	0,625	1,27	10,77	5,045	7,985	7,98
3	1.015	6,73	345	0,0186	293	1,7	5,450	592	6,8	1,247	1,97	2,753	1,29	8,02	7,99
4	8.125	7,08	20,9	0,0046	215	1,4	0,990	592	6,8	6,87	5,02	2,08	0,976	8,056	8,02
5	3.930	7,25	81,4	0,009	312	3,9	2,81	591	6,79	2,42	3,76	1,801	0,846	8,096	8,10
6	4.850	7,57	74,3	0,0086	431	4,9	3,71	591	6,79	1,83	3,52	1,357	0,637	8,207	8,25
7	6.130	7,93	21,2	0,0046	441	3,5	1,569	591	6,79	4,33	4,98	0,920	0,431	8,361	8,30
8	11.520	8,06	3,47	0,00186	251	0,2	0,467	590	6,78	14,53	6,27	0,816	0,382	8,442	8,39
9	8.225	8,10	2,42	0,00156	247	0,5	0,385	587	6,74	17,53	7,54	0,790	0,370	8,470	8,41
10	5.450	8,12	3,67	0,00192	287	1,0	0,550	585	6,72	12,21	6,6	0,780	0,365	8,485	8,46
11	10.325	8,14	6,78	0,0026	310	1,1	0,807	585	6,72	8,32	5,32	0,768	0,352	8,499	8,48
12	17.150	8,21	6,42	0,0025	250	1,5	0,625	585	6,72	10,75	6,62	0,718	0,336	8,546	8,51
13	2.025	8,32	10,0	0,00316	332	1,0	1,05	584	6,71	5,56	4,10	0,655	0,307	8,627	8,61
14	5.505	8,34	25,4	0,00504	427	0,5	2,15	583	6,70	3,12	2,56	0,640	0,300	8,640	8,63
15	2.670	8,48	33,7	0,0058	548	0,9	3,18	583	6,70	2,11	2,25	0,504	0,236	8,716	8,69
16		8,57										0,421	0,198	8,768	8,80

Кривая подпора для расхода $Q = 1.165$ мтр.³/сек.

№№ профилей.	Длина участка в саженях.	Отметка естеств. гор. воды в саж.	Уклон $J \times 10^6$.	\sqrt{J}	Средняя ширина подп. гор. воды в мтр. B .	Коэффициент шероховатости γ .	$B\sqrt{J}$.	Расход воды Q мтр. ³ /сек.	$\frac{Q}{87} = Q^1$.	$\frac{Q^1}{B\sqrt{J}} = S$.	h_0 из уравнения $\frac{h_0^2}{\sqrt{h_0 + \gamma}} = S$	Z —подпор в мтр.	Z —подпор в саж.	Отметка вычисленного подпора горизонта воды.	Отметка наблюдаемого подпора горизонта воды.
1		2,99										11,14	5,22	8,21	8,21
2	522	3,32	632	0,0252	341	1,5	8,6	1.165	13,40	1,558	2,15	10,45	4,90	8,22	8,21
3	3.595	6,94	1.006	0,0317	334	1,9	10,6	1.165	13,40	1,263	2,05	2,90	1,359	8,299	8,25
4	1.015	7,44	492	0,0222	295	1,6	5,54	1.165	13,40	2,415	2,81	2,004	0,939	8,379	8,29
5	8.125	7,87	53	0,00728	222	1,6	1,614	1.165	13,40	8,30	5,76	1,500	0,704	8,574	8,55
6	3.930	8,29	106,8	0,0103	320	4,0	3,305	1.160	13,33	4,03	5,01	1,061	0,497	8,787	8,75
7	4.850	8,58	59,8	0,00774	448	4,3	3,46	1.160	13,33	3,85	5,02	0,826	0,387	8,967	8,93
8	6.130	8,76	29,4	0,00542	447	2,6	2,425	1.156	13,30	5,49	5,17	0,696	0,326	9,086	9,04
9	11.520	8,88	10,4	0,0032	361	0,2	1,164	1.143	13,14	11,30	5,33	0,621	0,291	9,171	9,11
10	8.225	8,95	8,5	0,0029	2.132	0	6,22	1.103	12,68	2,04	1,61	0,531	0,249	9,199	9,17
11	5.450	9,02	12,9	0,0036	2.743	0	9,84	1.078	12,39	1,26	1,17	0,434	0,203	9,223	9,23
12	10.325	9,09	6,8	0,0026	903	0,3	2,36	1.076	12,37	5,24	3,34	0,390	0,183	9,273	9,27
13	17.150	9,27	10,5	0,0032	375	1,10	1,2	1.071	12,31	10,25	6,05	0,330	0,155	9,425	9,44
14	2.025	9,31	19,8	0,0044	710	1,0	3,16	1.068	12,26	3,87	3,34	0,312	0,146	9,456	9,46
15	5.505	9,39	14,5	0,0038	1.495	0,4	5,68	1.049	12,05	2,12	1,95	0,254	0,119	9,509	9,55
16	2.670	9,46	26,2	0,0051	2.000	1,20	10,2	1.049	12,05	1,181	1,72	0,206	0,097	9,557	9,60

Т а б л и ц а № 20.

К р и в а я п о д п о р а д л я р а с х о д а $Q=1.457$ мтр.³/сек.

№№ профилей.	Длина участка в саженах.	Отметка естеств. гор. воды в саж.	Уклон $J \times 10^6$.	\sqrt{J}	Средняя ширина подп. гор. воды в мтр. B .	Коэффициент шероховатости γ .	$B\sqrt{J}$.	Расход воды Q мтр. ³ /сек.	$\frac{Q}{87} = Q^1$.	$\frac{Q^1}{B\sqrt{J}} = S$.	h_0 из уравнения $\frac{h_0^2}{\sqrt{h_0 + \gamma}} = S$	Z —подпор в мтр.	Z —подпор в саж.	Отметка вычисленного подпора горизонта воды.	Отметка наблюдаемого подпора горизонта воды.
1		3,15													
	522		632	0,0252	341	1,5	8,60	1.447	16,62	1,935	2,44	10,77	5,05	8,20	8,20
2		3,48													
	3.595		986	0,0314	335	1,9	10,54	1.447	16,62	1,579	2,37	10,07	4,72	8,20	8,20
3		7,02													
	1.015		552	0,0235	295	1,6	6,93	1.447	16,62	2,40	2,80	2,735	1,280	8,30	8,23
4		7,58													
	8.125		71,4	0,0084	223	1,6	1,87	1.447	16,62	8,90	6,00	1,750	0,820	8,40	8,31
5		8,16													
	3.930		106,8	0,01035	322	4,0	3,33	1.440	16,55	5,01	5,65	1,164	0,546	8,706	8,66
6		8,58													
	4.850		57,7	0,0076	452	4,0	3,43	1.440	16,55	4,82	5,54	0,817	0,382	8,962	8,94
7		8,86													
	6.130		34,2	0,0058	506	2,2	2,94	1.434	16,47	5,60	4,98	0,634	0,297	9,157	9,13
8		9,07													
	11.520		11,3	0,0034	2.783	0	9,47	1.416	16,26	1,715	1,44	0,507	0,237	9,307	9,28
9		9,20													
	8.225		8,5	0,0029	4.500	0,0	13,05	1.359	15,61	1,196	1,13	0,356	0,167	9,367	9,37
10		9,27													
	5.450		11,0	0,0033	3.000	0	9,90	1.323	15,20	1,534	1,33	0,277	0,130	9,400	9,46
11		9,33													
	10.325		8,7	0,00295	1.170	0,0	3,45	1.320	15,16	4,39	2,69	0,225	0,106	9,436	9,50
12		9,42													
	17.150		10,5	0,0032	395	0,4	1,265	1.313	15,10	11,93	5,79	0,189	0,089	9,509	9,57
13		9,60													
	2.025		19,8	0,00445	745	1,0	3,31	1.309	15,04	4,54	3,65	0,157	0,074	9,674	9,75
14		9,64													
	5.505		10,9	0,0033	1.520	0,6	5,02	1.282	14,75	2,94	2,55	0,146	0,068	9,708	9,77
15		9,70													
	2.670		26,2	0,0051	2.000	2,0	10,2	1.282	14,75	1,446	2,25	0,115	0,054	9,754	9,82
16		9,77													
												0,097	0,045	9,815	9,90

Таблица № 21.

Кривая подпора для расхода $Q = 1.651$ мтр.³/сек.

№.№ профилей.	Длина участка в саженях.	Отметка естеств. гор. воды в саж.	Уклон $J \times 10^6$.	$\sqrt{J} \times 10^3$.	Средняя ширина подп. гор. воды в мтр. B .	Коэффициент шероховатости γ .	$B\sqrt{J}$.	Расход воды Q мтр. ³ /сек.	$\frac{Q}{87} = Q_1$.	$\frac{Q_1}{B\sqrt{J}} = S$.	h_0 из уравнения $\frac{h_0^2}{\sqrt{h_0 + \gamma}} = S$	Z —подпор в мтр.	Z —подпор в саж.	Отметка вычисленного подпора горизонта воды.	Отметка наблюдаемого подпора горизонта воды.
1	552	3,26	533	23,1	341	1,5	7,88	1.651	19,17	2,43	2,77	10,39	4,87	8,13	8,13
2	3.595	3,54	985	31,4	335	1,7	10,52	1.651	19,17	1,82	2,44	9,82	4,595	8,135	8,13
3	1.015	7,08	591	24,3	295	1,6	7,17	1.651	19,17	2,67	2,98	2,558	1,196	8,276	8,19
4	8.125	7,68	81,2	9,1	224	1,8	2,04	1.651	19,17	9,40	6,37	1,550	0,726	8,406	8,29
5	3.930	8,34	109,3	10,4	336	4,0	3,50	1.645	18,92	5,40	5,89	0,968	0,453	8,793	8,74
6	4.850	8,77	61,9	7,9	510	3,8	4,02	1.645	18,92	4,71	5,37	0,672	0,316	9,086	9,07
7	6.130	9,07	22,9	4,8	584	1,8	2,81	1.640	18,85	6,70	5,23	0,501	0,235	9,305	9,29
8	11.520	9,21	15,6	4,0	3.317	0	13,27	1.625	18,70	1,41	1,26	0,431	0,202	9,412	9,44
9	8.225	9,39	9,7	3,1	5.000	0	15,5	1.578	18,15	1,17	1,11	0,240	0,113	9,503	9,56
10	5.450	9,47	12,8	3,6	3.000	0,4	10,8	1.549	17,80	1,65	1,62	0,172	0,081	9,551	9,63
11	10.325	9,54	8,7	3,0	1.390	0	4,17	1.546	17,80	4,26	2,63	0,140	0,066	9,606	9,69
12	17.150	9,63	9,9	3,16	640	0,2	2,025	1.541	17,73	8,76	4,51	0,115	0,054	9,684	9,77
13	2.025	9,80	19,75	4,44	795	0,8	3,53	1.538	17,69	5,0	3,70	0,099	0,046	9,846	9,96
14	5.505	9,84	9,1	3,0	1.545	0,6	4,63	1.515	17,43	3,76	2,95	0,0924	0,0433	9,883	9,99
15	2.670	9,89	30	5,5	2.000	3,0	11,0	1.515	17,43	1,585	2,72	0,0840	0,039	9,929	10,03
16		9,97										0,07	0,033	10,003	10,10

Т а б л и ц а № 22.

Кривая подпора для расхода $Q = 1.943$ мтр.³/сек.

№№ профилей.	Длина участка в саженях.	Отметка естеств. гор. воды в саж.	Уклон $J \times 10^6$.	$\sqrt{J} \times 10^3$.	Средняя ширина подп. гор. воды в мтр. B .	Коэффициент шероховатости γ .	$B\sqrt{J}$.	Расход воды Q мтр. ³ /сек.	$\frac{Q}{87} = Q^1$.	$\frac{Q^1}{B\sqrt{J}} = S$.	h_0 из уравнения $\frac{h_0^2}{\sqrt{h_0 + \gamma}} = S$	Z — подпор в мтр.	Z — подпор в саж.	Отметка вычисленного подпора горизонта воды.	Отметка наблюдаемого подпора горизонта воды.
1		3,43										10,20	4,78	8,21	8,21
2	522	3,78	672	25,9	341	1,5	8,84	1.932	22,2	2,51	2,82	9,47	4,435	8,215	8,21
3	3.595	7,17	944	30,7	335	1,9	10,28	1.932	22,2	2,16	2,77	2,595	1,172	8,342	8,28
4	1.015	7,84	660	25,7	295	1,6	7,58	1.932	22,2	2,93	3,14	1,415	0,664	8,504	8,40
5	8.125	8,62	96	9,8	226	1,8	2,21	1.932	22,2	10,05	6,64	0,810	0,380	9,000	8,93
6	3.930	9,09	119,5	10,94	342	4,2	3,75	1.921	22,08	5,88	6,28	0,544	0,255	9,345	9,38
7	4.850	9,35	53,5	7,32	576	3,6	4,21	1.921	22,08	5,24	5,60	0,422	0,198	9,548	9,51
8	6.130	9,52	27,8	5,3	687	1,5	3,64	1.912	21,95	6,03	4,71	0,347	0,162	9,682	9,68
9	11.520	9,64	10,3	3,2	3.358	0	10,75	1.883	21,63	2,01	1,60	0,246	0,115	9,754	9,79
10	8.225	9,74	12,2	3,5	5.000	0,6	17,5	1.792	20,6	1,176	1,46	0,175	0,082	9,822	9,85
11	5.450	9,79	9,2	3,03	3.000	0,6	9,09	1.737	19,96	2,195	2,13	0,154	0,072	9,862	9,89
12	10.325	9,89	9,7	3,12	1.395	0,2	4,36	1.730	19,89	4,56	2,95	0,125	0,059	9,949	9,97
13	17.150	10,11	12,8	3,57	655	0,1	2,34	1.720	19,75	8,44	4,28	0,124	0,058	10,168	10,17
14	2.025	10,14	14,8	3,85	950	0,6	3,66	1.714	19,70	5,38	3,88	0,118	0,055	10,195	10,21
15	5.505	10,18	7,28	2,7	1.690	0,8	4,56	1.670	19,20	4,21	3,32	0,108	0,051	10,231	10,23
16	2.670	10,25	26,2	5,12	2.000	4,0	10,24	1.670	19,20	1,875	3,28	0,093	0,044	10,294	10,30

Определив таким образом все необходимые элементы для подсчета кривых подпора, переходим непосредственно к описанию хода подсчета, не останавливаясь на разборе существующих способов вычисления кривых подпора, о которых будет сказано ниже. Как уже отмечено было выше весь расчет произведен по методу Dupuit-Rühlmann'a с введением приема инженера Толманна, предложенного им в результате проверки кривых подпора на р. Молдаве.

В целях выяснения точности теоретического вычисления кривых подпора представлялось необходимым базироваться на гидравлических элементах русла, полученных на основании изучения бытового режима реки.

Затем путем сопоставления вычисленного подпертого профиля реки с наблюдаемым в натуре, возможны те или иные выводы, которые позволят уточнить расчет.

В таблицах №№ 18—22 приведены результаты вычислений кривых подпора. Общий ход расчета ясен из наименования отдельных граф таблиц и особых пояснений не требует. Отметки естественного горизонта воды подбирались на основании водомерных наблюдений для расходов, указанных в таблице № 3. Величина нормальной глубины h_0 вычислялась из уравнения

$$\frac{h_0}{\sqrt{h_0 + \gamma}} = \frac{Q}{B \cdot 87 \cdot \sqrt{J}}$$

причем значения коэффициентов шероховатости подбирались на основании построенных графиков зависимости величины γ от высоты уровня (см. приложения №№ 4—11 и таблицу № 12). Результаты сравнения вычисленных таким образом кривых подпора с наблюдаемыми в натуре приведены в таблице № 23.

В приложении № 12 показано графически превышение вычисленных подпорных кривых над наблюдаемыми.

Из рассмотрения этих графиков для всех расходов видно, что на протяжении реки от плотины до Гостинополя уклон горизонта воды вычисленного профиля больше чем наблюдаемого.

Это обстоятельство показывает, что в теоретическом подсчете сопротивление русла принято преувеличенным. Такой результат до некоторой степени можно было предвидеть. Действительно, рассматриваемый участок является порожиистой частью реки, русло обладает значительными неровностями и кроме сопротивления внешнего, при больших скоростях должны иметь место значительные внутренние сопротивления.

Т а б л и ц а № 23.

№№ профилей.	Q = 60 куб. саж./сек.			Q = 120 куб. саж./сек.			Q = 150 куб. саж./сек.			Q = 170 куб. саж./сек.			Q = 200 куб. саж./сек.		
	Отметки.		Разность в саж.	Отметки.		Разность в саж.	Отметки.		Разность в саж.	Отметки.		Разность в саж.	Отметки.		Разность в саж.
	Наблюдений.	Вычислений.		Наблюдений.	Вычислений.		Наблюдений.	Вычислений.		Наблюдений.	Вычислений.		Наблюдений.	Вычислений.	
1	7,98	7,98	0	8,21	8,21	0	8,20	8,20	0	8,13	8,13	0	8,21	8,21	0
2	7,98	7,985	+ 0,005	8,21	8,22	+ 0,01	8,20	8,20	0	8,13	8,135	+ 0,005	8,21	8,215	+ 0,005
3	7,99	8,02	+ 0,03	8,25	8,299	+ 0,049	8,23	8,30	+ 0,07	8,19	8,276	+ 0,086	8,28	8,342	+ 0,062
4	8,02	8,056	+ 0,036	8,29	8,379	+ 0,089	8,31	8,40	+ 0,09	8,29	8,406	+ 0,116	8,40	8,504	+ 0,104
5	8,10	8,096	- 0,004	8,55	8,574	+ 0,024	8,66	8,706	+ 0,046	8,74	8,793	+ 0,053	8,93	9,000	+ 0,07
6	8,20	8,207	+ 0,007	8,75	8,787	+ 0,037	8,94	8,962	+ 0,022	9,07	9,086	+ 0,016	9,28	9,345	+ 0,065
7	8,30	8,361	+ 0,061	8,93	8,967	+ 0,037	9,13	9,157	+ 0,027	9,29	9,305	+ 0,015	9,51	9,548	+ 0,038
8	8,39	8,442	+ 0,052	9,04	9,086	+ 0,046	9,28	9,307	+ 0,027	9,44	9,412	- 0,028	9,68	9,682	+ 0,002
9	8,41	8,470	+ 0,060	9,11	9,173	+ 0,063	9,37	9,367	- 0,003	9,56	9,503	- 0,057	9,79	9,754	- 0,036
10	8,46	8,485	+ 0,025	9,17	9,199	+ 0,029	9,46	9,40	- 0,06	9,63	9,551	- 0,079	9,85	9,822	- 0,028
11	8,48	8,499	+ 0,019	9,23	9,223	- 0,007	9,50	9,436	- 0,064	9,69	9,606	- 0,084	9,89	9,862	- 0,028
12	8,51	8,546	+ 0,036	9,27	9,273	+ 0,003	9,57	9,509	- 0,061	9,77	9,684	- 0,086	9,97	9,949	- 0,021
13	8,61	8,627	+ 0,017	9,44	9,425	- 0,015	9,75	9,674	- 0,076	9,96	9,846	- 0,114	10,17	10,168	- 0,002
14	8,63	8,640	+ 0,010	9,46	9,456	- 0,004	9,77	9,708	- 0,062	9,99	9,883	- 0,107	10,21	10,195	- 0,015
15	8,69	8,716	+ 0,026	9,55	9,509	- 0,041	9,82	9,754	- 0,066	10,03	9,929	- 0,101	10,23	10,231	+ 0,001
16	8,80	8,768	- 0,032	9,60	9,557	- 0,043	9,90	9,815	- 0,085	10,10	10,003	- 0,097	10,30	10,294	- 0,006

При возрастании гидравлического радиуса влияние шероховатости русла на поток должно ослабевать и как следствие возможно ожидать уменьшения внутренних сопротивлений. Так как коэффициент шероховатости в условиях естественного русла обнимает собой оба вида сопротивления, то естественно предположить, что для участка Плотина—Гостинполье этот коэффициент должен значительно уменьшаться.

На участке от Гостинополя до Черенцова теоретическая кривая подпора имеет уклон меньший, чем наблюдаемая. Таким образом для этого участка вычисленные при бытовых условиях коэффициенты шероховатости оказываются для подпертого режима преуменьшенными. Однако, ясно выраженных причин увеличения сопротивления нет.

Для участков от Черенцова до Сольцов теоретические вычисления достаточно хорошо совпадают с результатами наблюдения. На протяжении от Сольцов до ст. Волхово для всех расходов, за исключением 60 куб. саж./сек. (583 мтр.³/сек.), вычисленное падение при подпоре меньше, чем в результате непосредственных наблюдений.

Для этого района опять таки оказывается необходимым значительно увеличить коэффициент шероховатости сравнительно с тем, который получился по наблюдениям над бытовым режимом. Выше уже было отмечено, что в пределах широкой поймы решающее значение имеет удачный выбор геометрических элементов русла (см. табл. № 13).

Так как, однако, в обычных условиях выбор этот затруднен, то коррективом может служить коэффициент шероховатости. В исполненных для Волхова подсчетах к учету принималась большая часть ширины всего разлива.

Как усматривается из приложения № 12 в теоретическом расчете получается преуменьшенное падение как раз для тех участков, в которых вода разливается по пойме. Это обстоятельство дает прямое указание, что для пойменных участков, когда ширина разлива значительно превосходит нормальную ширину русла (т. е. ту ширину, которую река имеет до разлива) необходимо коэффициент шероховатости увеличивать.

На всем дальнейшем протяжении реки от ст. Волхова и до оз. Ильмень значительных расхождений между теоретическим и наблюдаемым подпертым руслом не наблюдается.

Изложенное позволяет в условиях р. Волхова ввести при подсчетах кривых подпора некоторые коррективы в значения коэффициентов шероховатости. Коррективы эти сводятся в общем к следующим положениям:

1. В порожилом участке реки от Плотины до Гостинополя значения коэффициента γ должны быть сравнительно с бытовыми уменьшены. Так как ложе русла скалистое, то по Базену принято $\gamma = 0,46$.

2. Если при небольшом подъеме уровня ширина реки значительно увеличивается, то коэффициент шероховатости сравнительно с бытом необходимо увеличить. Для р. Волхова в этом случае было принято наибольшее из значений γ , вычисленное при бытовых условиях для разных участков $\gamma = 4,2$.

3. Для всех участков, для которых не происходит особенно резких изменений в режиме коэффициенты шероховатости принимаются сообразно вычисленным для бытовых условий.

На основании указанных положений потому же самому методу Deruit-Rühlmann'a был сделан вторичный пересчет кривых подпора, результаты которого приведены в таблицах №№ 24—28.

Результаты сравнения этих вторичных подсчетов с данными фактических наблюдений приведены в таблице № 29.

Из таблицы № 29 видно, что для всех расходов, кроме 170 куб. саж./сек. разность между отметками вычисленных и наблюдаемых кривых подпора не превосходит 0,05 саж. Вычисления для расхода в 170 куб. саж./сек. дают несколько большие отклонения. Так как разность вычисленных и наблюдаемых отметок для разных расходов различна, то представляется возможным прийти к заключению, что результаты теоретических вычислений кривых подпора для разных расходов имеют не одинаковую точность. Сравним теперь данные таблиц №№ 23 и 29 между собой. Сравнение это приведено в таблице № 30.

С достаточной очевидностью возможно установить, что приведенные выше положения (об изменении коэффициента шероховатости), положенные в основу пересчета кривых подпора, позволили получить в результате данные, ближе подходящие к природным наблюдениям.

Представляется интересным сравнить результаты вычислений кривых подпора различными способами между собой, а также и с наблюдаемыми в натуре.

Т а б л и ц а № 24.

Пересчитанные кривые подпора для расхода $Q = 583$ мтр.³/сек.

№№ профилей.	Коэффициент шероховатости γ .	$\frac{Q}{87 B \sqrt{J}} = S.$	h_0 из уравнения $\frac{h_0^2}{\sqrt{h_0} + \gamma} = S.$	Z_1 — подпор в мтр.	Z_1 — подпор в саж.	Отметка вычисленного подпора горизонта воды.	Отметка наблюдаемого подпора горизонта воды.
1	0,46	0,907	1,18	11,31	—	7,98	7,98
2	0,46	0,625	0,94	10,77	5,045	7,985	7,98
3	0,46	1,247	1,44	2,77	1,295	8,025	7,99
4	1,4	6,87	5,02	2,07	0,97	8,05	8,02
5	3,9	2,42	3,76	1,84	0,863	8,113	8,10
6	1,7	1,83	2,44	1,386	0,650	8,22	8,20
7	3,5	4,33	4,98	0,870	0,407	8,337	8,30
8	0,2	14,53	6,56	0,767	0,359	8,419	8,39
9	0,5	17,53	7,54	0,746	0,349	8,449	8,41
10	1,0	12,21	6,60	0,734	0,344	8,464	8,46
11	1,1	8,32	5,32	0,724	0,339	8,479	8,48
12	1,5	10,75	6,62	0,676	0,317	8,527	8,51
13	1,0	5,56	4,10	0,619	0,290	8,61	8,61
14	0,5	3,12	2,56	0,611	0,287	8,627	8,63
15	0,9	2,10	2,25	0,487	0,228	8,709	8,69
16				0,409	0,192	8,762	8,80

Т а б л и ц а № 25.

Кривая подпора для расхода $Q = 1.165$ мтр.³/сек.

№№ профилей.	Коэффициент шероховатости γ .	$\frac{Q}{87 B \sqrt{J}} = S.$	h_0 из уравнения $\frac{h_0^2}{\sqrt{h_0} + \gamma} = S.$	Z^1 — подпор в мтр.	Z^1 — подпор в саж.	Отметка вычисленного подпора горизонта воды.	Отметка наблюдаемого подпора горизонта воды.
1	0,46	1,558	1,65	11,4	—	8,21	8,21
2	0,46	1,263	1,45	10,44	4,89	8,21	8,21
3	0,46	2,415	2,16	2,86	1,340	8,28	8,25
4	1,60	8,30	5,76	1,905	0,893	8,333	8,29
5	4,00	4,03	5,01	1,414	0,663	8,533	8,55
6	4,30	3,85	5,02	0,98	0,46	8,75	8,75
7	2,60	5,49	5,17	0,747	0,35	8,93	3,93
8	0,2	11,30	5,33	0,628	0,294	9,054	9,04
9	4,20	2,04	3,52	0,554	0,260	9,14	9,11
10	4,20	1,26	2,72	0,499	0,234	9,184	9,17
11	0,30	5,24	3,34	0,442	0,207	9,227	9,23
12	1,10	10,25	6,05	0,398	0,186	9,276	9,27
13	1,10	3,87	3,34	0,337	0,158	9,428	9,44
14	4,20	2,12	3,60	0,318	0,149	9,459	9,46
15	4,20	1,181	2,62	0,282	0,132	9,522	9,55
16				0,244	0,114	9,574	9,60

Т а б л и ц а № 26.

Пересчитанные кривые подпора для расхода $Q = 1.457$ мтр.³/сек.

№№ профилей.	Коэффициент шероховатости γ .	$\frac{Q}{87 B \sqrt{J}} = S.$	h_0 из уравнения $\frac{h_0^2}{\sqrt{h_0 + \gamma}} = S.$	Z_1 — подпор в мтр)	Z_1 — подпор в саж.	Отметка вычисленного подпора горизонта воды.	Отметка наблюдаемого подпора горизонта воды.
1	0,46	1,935	1,88	10,77	5,05	8,20	8,20
2	0,46	1,579	1,66	10,07	4,72	8,20	8,20
3	0,46	2,40	2,15	2,665	1,247	8,267	8,23
4	1,6	8,90	6,0	1,625	0,761	8,341	8,31
5	4,0	5,01	5,65	1,067	0,500	8,66	8,66
6	4,0	4,82	5,54	0,760	0,356	8,936	8,94
7	2,20	5,60	4,98	0,587	0,275	9,135	9,13
8	4,2	1,715	3,20	0,468	0,219	9,289	9,28
9	4,2	1,196	2,64	0,382	0,179	9,379	9,37
10	4,2	1,534	3,02	0,336	0,158	9,428	9,46
11	4,2	4,39	5,35	0,302	0,142	9,472	9,50
12	0,4	11,93	5,79	0,276	0,129	9,549	9,57
13	1,0	4,54	3,65	0,232	0,109	9,709	9,75
14	4,2	2,94	4,30	0,219	0,103	9,743	9,77
15	4,2	1,446	2,93	0,203	0,095	9,795	9,82
16				0,179	0,084	9,854	9,90

Т а б л и ц а № 27.

Пересчитанные кривые подпора для расхода = 1.651 мтр.³/сек.

№№ профилей.	Коэффициент шероховатости γ .	$\frac{Q}{87 B \sqrt{J}} = S.$	h_0 из уравнения $\frac{h_0^2}{\sqrt{h_0 + \gamma}} = S.$	Z'—подпор в мтр.	Z'—подпор в саж.	Отметка вычисленного подпора горизонта воды.	Отметка наблюдаемого подпора горизонта воды.
1	0,46	2,43	2,16	10,36	—	8,13	8,13
2	0,46	1,82	1,81	9,80	4,59	8,130	8,13
3	0,46	2,67	2,30	2,45	1,147	8,227	8,19
4	1,8	9,4	6,37	1,386	0,65	8,33	8,29
5	4,0	5,4	5,89	0,854	0,40	8,74	8,74
6	3,8	4,71	5,37	0,589	0,276	9,046	9,07
7	1,8	6,70	5,39	0,438	0,205	9,275	9,29
8	4,2	1,41	2,88	0,383	0,180	9,390	9,44
9	4,2	1,17	2,61	0,277	0,130	9,520	9,56
10	4,2	1,65	3,14	0,235	0,110	9,58	9,63
11	4,2	4,26	5,26	0,210	0,099	9,639	9,69
12	4,2	8,76	7,83	0,191	0,09	9,72	9,77
13	0,8	5,0	3,70	0,172	0,081	9,881	9,96
14	4,2	3,76	4,92	0,163	0,076	9,916	9,99
15	4,2	1,585	3,08	0,150	0,071	9,961	10,03
16				0,130	0,61	10,031	10,10

Т а б л и ц а № 28.

Пересчитанные кривые подпора для расхода = 1.943 мтр.³/сек.

№№ профилей.	Коэффициент шероховатости γ .	$\frac{Q}{87 B \sqrt{J}} = S.$	h_0 из уравнения $\frac{h_0^3}{\sqrt{h_0 + \gamma}} = S.$	Z_1 — подпор в мтр.	Z_1 — подпор в саж.	Отметка вычисленного подпора горизонта воды.	Отметка наблюденного подпора горизонта воды.
1	0,46	2,51	2,21	10,20	—	8,21	8,21
2	0,46	2,16	2,01	9,47	4,435	8,215	8,21
3	0,46	2,93	2,43	2,428	1,137	8,305	8,28
4	1,8	10,5	6,64	1,274	0,596	8,436	8,40
5	4,2	5,88	6,28	0,717	0,335	8,955	8,93
6	3,6	5,24	5,60	0,477	0,224	9,314	9,28
7	1,5	6,03	4,71	0,367	0,172	9,522	9,51
8	4,2	2,01	3,50	0,301	0,141	9,661	9,68
9	4,2	1,176	2,65	0,249	0,117	9,757	9,79
10	4,2	2,195	3,67	0,203	0,095	9,835	9,85
11	4,2	4,56	5,46	0,187	0,088	9,878	9,89
12	0,1	8,44	4,28	0,169	0,079	9,969	9,97
13	0,6	5,38	3,88	0,164	0,077	10,187	10,17
14	4,2	4,21	5,23	0,155	0,073	10,213	10,21
15	4,2	1,875	3,37	0,152	0,071	10,251	10,23
16				0,135	0,063	10,313	10,30

Т а б л и ц а № 29.

№№ профилей.	Q = 60 куб. саж./сек.			Q = 120 куб. саж./сек.			Q = 150 куб. саж./сек.			Q = 170 куб. саж./сек.			Q = 200 куб. саж./сек.		
	Отметки.		Разность в саж.	Отметки.		Разность в саж.	Отметки.		Разность в саж.	Отметки.		Разность в саж.	Отметки.		Разность в саж.
	Наблюдений.	Вычислений.		Наблюдений.	Вычислений.		Наблюдений.	Вычислений.		Наблюдений.	Вычислений.		Наблюдений.	Вычислений.	
1	7,98	7,98	0,00	8,21	8,21	0,00	8,20	8,20	0,00	8,13	8,13	0,00	8,21	8,21	0,00
2	7,98	7,985	+ 0,005	8,21	8,21	0,00	8,20	8,20	0,00	8,13	8,13	0,00	8,21	8,215	+ 0,005
3	7,99	8,025	+ 0,035	8,25	8,28	+ 0,03	8,23	8,267	+ 0,037	8,19	8,227	+ 0,037	8,28	8,305	+ 0,025
4	8,02	8,05	+ 0,03	8,29	8,333	+ 0,043	8,31	8,341	+ 0,031	8,29	8,33	+ 0,04	8,40	8,436	+ 0,036
5	8,10	8,113	+ 0,013	8,55	8,533	- 0,017	8,66	8,66	0,00	8,74	8,74	0,00	8,93	8,955	+ 0,025
6	8,20	8,22	+ 0,02	8,75	8,75	0,00	8,94	8,936	- 0,004	9,07	9,046	- 0,024	9,28	9,314	+ 0,034
7	8,30	8,337	+ 0,037	8,93	8,93	0,00	9,13	9,135	+ 0,005	9,29	9,275	+ 0,015	9,51	9,522	+ 0,012
8	8,39	8,419	+ 0,029	9,04	9,054	+ 0,014	9,28	9,289	+ 0,009	9,44	9,39	- 0,05	9,68	9,661	- 0,019
9	8,41	8,449	+ 0,039	9,11	9,14	+ 0,03	9,37	9,379	+ 0,009	9,56	9,52	- 0,04	9,79	9,757	- 0,033
10	8,46	8,464	+ 0,004	9,17	9,184	+ 0,014	9,46	9,428	- 0,032	9,63	9,58	- 0,05	9,85	9,835	- 0,015
11	8,48	8,479	- 0,001	9,03	9,227	- 0,003	9,50	9,472	- 0,028	9,69	9,639	- 0,051	9,89	9,878	- 0,012
12	8,51	8,527	+ 0,017	9,27	9,276	+ 0,006	9,57	9,549	- 0,021	9,77	9,72	- 0,05	9,97	9,969	- 0,001
13	8,61	8,61	0,00	9,44	9,428	- 0,012	9,75	9,709	- 0,041	9,96	9,881	- 0,079	10,17	10,187	+ 0,017
14	8,63	8,627	- 0,003	9,46	9,459	- 0,001	9,77	9,743	- 0,027	9,99	9,916	- 0,084	10,21	10,213	+ 0,003
15	8,69	8,709	+ 0,019	9,55	9,522	- 0,028	9,82	9,795	- 0,025	10,03	9,961	- 0,069	10,23	10,251	+ 0,021
16	8,80	8,762	- 0,038	9,60	9,574	- 0,026	9,90	9,854	- 0,046	10,10	10,031	- 0,069	10,30	10,313	+ 0,013

Т а б л и ц а № 30.

№.№ профилей.	Разность между теоретическими и наблюдаемыми подпорными уровнями в тысячных саженях:									
	При γ из естественного режима.					При исправленном γ .				
	$Q=60$ саж. ³ /сек.	$Q=120$ саж. ³ /сек.	$Q=150$ саж. ³ /сек.	$Q=170$ саж. ³ /сек.	$Q=200$ саж. ³ /сек.	$Q=60$ саж. ³ /сек.	$Q=120$ саж. ³ /сек.	$Q=150$ саж. ³ /сек.	$Q=170$ саж. ³ /сек.	$Q=200$ саж. ³ /сек.
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	+ 5	+10	0	+ 5	+ 5	+ 5	0	0	0	+ 5
3	+30	+49	+70	+ 86	+ 62	+35	+30	+37	+37	+25
4	+36	+89	+90	+116	+104	+30	+43	+31	+40	+36
5	- 4	+24	+46	+ 53	+ 70	+13	-17	0	0	+25
6	+ 7	+37	+22	+ 16	+ 65	+20	0	- 4	-24	+34
7	+61	+37	+27	+ 15	+ 38	+37	0	+ 5	-15	+12
8	+52	+46	+27	- 28	+ 2	+29	+14	+ 9	-50	-19
9	+60	+63	- 3	- 57	- 36	+39	+30	+ 9	-40	-33
10	+25	+29	-60	- 79	- 28	+ 4	+14	-32	-50	-15
11	+19	- 7	-64	- 84	- 28	+ 1	- 3	-28	-51	-12
12	+36	+ 3	-61	- 86	- 21	+17	+ 6	-21	-50	- 1
13	+17	-15	-76	-114	- 2	0	-12	-41	-79	+17
14	+10	- 4	-62	-107	-15	- 3	- 1	-27	-84	+ 3
15	+26	-41	-66	-101	+ 1	+19	-28	-25	-69	+21
16	-32	-43	-85	- 97	- 6	-38	-26	-46	-69	+13

Как известно способов вычислений существует несколько, а именно: способ Bress'a для широкого прямоугольного русла; способ Deruit-Rühlmann'a, являющийся частным случаем предыдущего; способ Tolkmitt'a для широкого параболического русла; способ, предложенный профессором Б. А. Бахметьевым; способ Vaticle'a и, наконец, способ приближенного интегрирования. Подробное описание всех этих способов приведено в курсах по гидравлике, а также и в гидравлическом справочнике проф. Н. Н. Павловского.

Напомним вкратке о всех этих способах.

Основное уравнение неравномерного движения:

$$J = \frac{v^2}{c^2 R} + \alpha \frac{d}{ds} \left(\frac{v^2}{2g} \right) = \frac{dh}{ds}$$

может быть приведено к следующему виду:

$$\frac{dh}{ds} = J_0 \frac{1 - \left(\frac{K_0}{K}\right)^2}{1 - j \left(\frac{K_0}{K}\right)^2}$$

где:

J_0 — уклон при равномерном движении

K — модуль расхода, равный $K = FC\sqrt{R}$

F — площадь живого сечения

C — коэффициент сопротивления формулы Шези

R — гидравлический радиус

$$j = \frac{\alpha J_0 B C^2}{g\rho}$$

$$\alpha = 1,1$$

B — ширина русла

g — ускорение силы тяжести

ρ — смоченный периметр.

Для широкого прямоугольного русла

$$\left(\frac{K_0}{K}\right)^2 = \left(\frac{h_0}{h}\right)^3 \text{ и } j \left(\frac{K_0}{K}\right)^2 = \left(\frac{h_k}{h}\right)^3$$

где:

h_0 — глубина потока при равномерном движении

h_k — критическая глубина

h — глубина потока при каком либо расходе.

Вводя обозначение $\eta = \frac{h}{h_0}$ Bress дал следующее уравнение для определения вида свободной поверхности потока:

$$\frac{J_0}{h_0} L = \eta_2 - \eta_1 - (1 - j) [\varphi(\eta_2) - \varphi(\eta_1)]$$

где:

L — длина участка потока.

Для значений φ (η) Bress'ом составлена таблица.

Rühlmann вводя обозначение $z = h - h_0$ и пренебрегая величиною j приходит к уравнению:

$$\frac{J_0}{h_0} L = f\left(\frac{Z_2}{h_0}\right) - f\left(\frac{Z_1}{h_0}\right)$$

Для $f\left(\frac{Z}{h_0}\right)$ Rühlmann'ом даны таблицы.

Tolkmitt для параболического русла, для которого

$$\left(\frac{K_0}{K}\right)^2 = \left(\frac{h_0}{h}\right)^4 \text{ и } j\left(\frac{K_0}{K}\right)^2 = \left(\frac{h_k}{h}\right)^4$$

получает в конечном итоге уравнение

$$\frac{J_0}{L} L = \eta_2 - \eta_1 - (1 - j) [F(\eta_2) - F(\eta_1)]$$

Для удобства вычислений Tolkmitt'ом даны таблицы для $F(\eta)$.

Профессор Б. А. Бахметьев пользуясь для русел различных форм соотношением

$$\left(\frac{K_0}{K}\right)^2 = \left(\frac{h_0}{h}\right)^x$$

приходит к уравнению

$$\frac{JL}{h_0} = \eta_2 - \eta_1 - (1 - j) \int_1^2 \frac{d\eta}{1 - \eta^x}$$

Гидравлический показатель русла « x » может быть для любой формы русла легко найден путем построения логарифмических анаморфоз.

Проф. Н. Н. Павловским сделаны вычисления

$$\varphi(\eta) = \int_1^{\eta} \frac{d\eta}{1 - \eta^x}$$

для « x » от 2 до 6,

$$\text{при } \eta > 1 \text{ и } \eta < 1$$

но вычисления эти, к сожалению, до сего времени не опубликованы.

Baticle вводит понятие «гидравлического параметра» и, пренебрегая изменением C (что, как видно из сделанных для Волхова вычислений, для рек не всегда правильно), а также и величиною j , преобразует основное уравнение неравномерного движения в следующее:

$$\frac{Jds}{a} = \frac{Z^5}{Z^5 - Z_0^5} dZ$$

где

$$Z = \sqrt[5]{F^2 R}$$

$$a = \frac{dh}{dZ} = \infty \frac{h_n - h_0}{Z_n - Z_0}$$

причем h_n и Z_n относятся к месту наибольшего подпора, h_0 и Z_0 к равномерному движению.

Обозначая $z = \frac{Z}{Z_0}$ окончательно уравнение для определения подпорного горизонта получается

$$\frac{JL}{aZ_0} = F(z_2) - F(z_1)$$

Ватicle'ом для $F(z)$ составлены таблицы.

Для способа приближенного интегрирования основное уравнение неравномерного движения удобнее привести к следующему виду

$$ds = \left[1 + \frac{1-j}{1 - \left(\frac{K_0}{K}\right)^2} \right] \frac{dh}{J_0}$$

Величина $\left[1 + \frac{1-j \left(\frac{K_0}{K}\right)}{1 - \left(\frac{K_0}{K}\right)^2} \right]$ есть, вообще говоря, функция от глубины потока, которую в каждом частном случае легко построить графически. При этих условиях приведенное уравнение может быть переписано:

$$\frac{ds}{dh} = -\frac{1}{J_0} f(h) \quad \text{и} \quad L = -\frac{1}{J_0} \int_1^n f(h) dh$$

Заменяя интегрирование суммированием получим

$$L = \frac{1}{J} \sum_{m=1}^{m=n} \frac{1}{2} \left[f(h_m) + f(h_{m+1}) \right] \Delta h.$$

Для русел однообразного сечения ни один из описанных выше способов особых затруднений не вызывает, при вычислении же свободной поверхности для естественных водотоков (реки) самые подсчеты значительно усложняются и становятся утомительными.

Вследствие сказанного способ непосредственного интегрирования, а также и, повидимому, способ Ватicle'а вряд ли могут пользоваться успехом при вычислении кривых подпора для рек.

Действительно, при подсчете кривых подпора по способу Ватicle'а для каждого участка необходимо предварительно вычислить $Z = \sqrt[5]{F^2 R}$ в зависимости от наполнения русла и затем, зная для одного конца рассматриваемого участка реки величину Z_n' по составленным таблицам или графикам определить Z_n'' для другого конца и путем подбора отыскать глубину, соответствующую вычисленному значению Z_n'' . Нормальная глубина для каждого участка определяется обычным путем.

За недостатком времени пришлось ограничиться только проверкой способа Tolkmitt'a. Кроме указанных способов вычисление

кривой подпора было исполнено непосредственно по формуле для установившегося движения.

$$\Delta h = \frac{Q^2 L}{F^2 C^2 R}$$

причем значения площади сечения и ширины зеркала брались из таблицы геометрических элементов русла, значения же для коэффициента C — из графиков для соответственных участков. Гидравлический радиус вычислялся из $R = \frac{F_{ср.}}{B_{ср.}}$. Сравнительные подсчеты исполнены только для расхода в 1.457 мтр.³/сек.

Результаты сравнения приведены в таблице № 31.

Т а б л и ц а № 31.

№№ профилей.	Отметки наблюденого подпорного уровня.	Отметки, вычисл. по способу Рюльмана.			Вычисление по формуле равномерного движения.		
		По естественному значению γ .	По приведенному значению γ .	Отметки, вычисл. по способу Толкмига при приведенном значении γ .	Принятое значение C .	Величина гидравлич. радиуса $R_{ср.}$.	Отметки вычислений горизонта воды.
1	8,20	8,20	8,20	8,20	20	12,10	8,20
2	8,20	8,20	8,20	8,205	65	7,97	8,213
3	8,23	8,30	8,267	8,285	43	4,93	8,245
4	8,31	8,40	8,341	8,375	54	6,56	8,350
5	8,66	8,706	8,66	8,694	34	6,26	8,686
6	8,94	8,962	8,936	8,966	31	6,16	8,952
7	9,13	9,157	9,135	9,169	47	5,36	9,152
8	9,28	9,307	9,289	9,323	149	1,01	9,302
9	9,37	9,367	9,379	9,415	130	0,97	9,422
10	9,46	9,400	9,428	9,462	95	1,49	9,474
11	9,50	9,436	9,472	9,513	97	2,63	9,507
12	9,57	9,509	9,549	9,592	66	6,16	9,579
13	9,75	9,674	9,709	9,750	60	3,46	9,764
14	9,77	9,708	9,743	9,78	67	2,81	9,789
15	9,82	9,754	9,795	9,836	41	2,48	9,829
16	9,90	9,815	9,854	9,892			9,880

Для большей наглядности в таблице № 32 приведены разности подсчитанного и наблюдаемого подпорного горизонта.

Т а б л и ц а № 32.

№№ поперечного профиля.	Разности между наблюдаемыми и вычисленными уровнями.			
	Подсчет по Рюльману.		Подсчет по Толкмиту с приведен- ным γ .	Подсчет по уравниению равномерного движения с естествен- ным зна- чением C .
	С естествен- ным γ .	С приведен- ным γ .		
	В тысячных сажени.			
1	0	0	0	0
2	0	0	+ 5	+ 13
3	+ 70	+ 37	+ 55	+ 15
4	+ 90	+ 31	+ 65	+ 40
5	+ 46	0	+ 34	+ 26
6	+ 22	— 4	+ 26	+ 12
7	+ 27	+ 5	+ 39	+ 22
8	+ 27	+ 9	+ 43	+ 22
9	— 3	+ 9	+ 45	+ 52
10	— 60	— 32	+ 2	+ 14
11	— 64	— 28	+ 13	+ 7
12	— 61	— 21	+ 22	+ 9
13	— 76	— 41	0	+ 14
14	— 62	— 27	+ 10	+ 19
15	— 66	— 25	+ 6	+ 9
16	— 85	— 46	— 8	— 20

При значительных глубинах, которые наблюдаются на р. Волхове в подпертом состоянии, относительная ошибка вычислений для всех способов обычно не превосходит 1% (от глубины профиля).

Подсчеты по способу Tolkmitt'a, как это отмечено было уже Tolmann'ом для р. Молдавы, дают несколько преувеличенные результаты, что вполне подтверждается сравнительными подсчетами и для р. Волхова (см. вып. VIII «Материалов»).

Подсчет свободной поверхности подпертого уровня по формуле для равномерного движения дает в условиях р. Волхова результаты вполне удовлетворительные и не менее точные, чем полученные при вычислениях способами Толкмита и Рюльмана. Это обстоятельство особенно заслуживает внимания потому, что в основу подсчетов положены данные исключительно из рассмотрения условий естественного режима р. Волхова. Кстати отметить, что графо-аналитический метод, предложенный инженером Н. М. Бернадским и подробно описанный им в V вып. «Бюллетеня Волховской Гидроэлектрической Силовой Установки», в конечном итоге основан на той же самой формуле Шеши.

К сожалению, недостаток времени не позволил более подробно разработать имевшийся в Отделе Водного Хозяйства Волховского Строительства обширный материал по сравнению подпертого и естественного режима р. Волхова. Не выясненным остался вопрос о зимних уровнях, а также не завершены намеченные было опыты с суточным регулированием.

В заключение представляется возможным высказать следующие положения о подсчетах кривых подпора:

1) для получения хороших результатов вычислений необходимо иметь возможно большее количество подробных мгновенных продольных профилей реки, для чего на реке должны быть установлены в достаточном количестве водомерные посты (часть временные). Однодневная нивелировка двух, по возможности, крайних уровней должна быть признана обязательной;

2) в створах водомерных постов необходимо сделать подробные промеры и пронивелировать надводную часть до предела наивысшего подпорного горизонта. Эти поперечные профили являются основными при вычислении кривых подпора;

3) в створах водомерных постов желательно производить наблюдения над поверхностными скоростями, благодаря чему облегчается выбор эффективной ширины зеркала реки. Особенно важно это в таких участках, как например, Волховская пойма;

4) для естественного режима необходимо подробно изучить изменение гидравлических элементов отдельных участков реки в

зависимости от колебания гор. воды. Как показал опыт подсчета для Волхова коэффициент шероховатости γ не остается постоянным с изменением режима реки. Изменение коэффициента шероховатости, повидимому, является следствием изменения главным образом внутренних сопротивлений;

5) правильный выбор нормальной глубины отдельных участков реки имеет значительное влияние на точность подсчетов. В этом отношении прием проф. Толмана, примененный им при сравнении теоретических и наблюдаемых подпорных уровней на р. Молдаве значительно облегчает работу вычислений;

6) для получения некоторого запаса в подсчетах, по опыту проверки кривых подпора на р. Молдаве и р. Волхове, представляется возможным отдать предпочтение способу Толкмита;

7) необходимо отметить, что пользование для подсчетов кривых подпора уравнением равномерного движения, учитывая при этом, однако, изменения коэффициент «С», в условиях р. Волхова привело к вполне удовлетворительным результатам;

8) в хорошо исследованных реках, для которых наблюдается несколько мгновенных продольных профилей горизонта воды, необходимо для отдельных участков реки построить графики зависимости коэффициентов сопротивлений C от наполнения русла. При наличии таких зависимостей подсчеты кривых подпора возможны без вычисления коэффициентов шероховатости. Значения нормальных глубин определяются при этом: при пользовании методом Рюльмана по формуле $h_0 = \sqrt{\left(\frac{Q}{CB\sqrt{J}}\right)^2}$, а при пользовании методом Толкмита по формуле $Q = \frac{2}{3} B h_0 C \sqrt{\frac{h_0}{h_0 + Z}} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} h_0 J}$.

9) Кривые подпора для р. Волхова теоретически вычислены с абсолютной точностью в $\pm 0,05$ саж. Такая точность, если учесть возможные изменения продольного профиля реки в зависимости от приточности, может быть признана вполне удовлетворительной.

О вычислении кривых подпора на р. Волхове.

В VIII выпуске Материалов по исследованию р. Волхова и его бассейна»¹⁾ даны общие указания о приемах подсчета кривых подпора на р. Волхове. Статья инженера Г. К. Лоттер, помещенная в настоящем выпуске, представляет опыт исследования изменения коэффициента шероховатости в зависимости от степени наполнения русла и имеет целью указать на значительные изменения этого коэффициента, главным образом, на участке, ближайшем к плотине, где перед тем нормальные глубины имели небольшую величину и течение проходило в порогах.

Как оказалось, несоответствующий выбор коэффициента влияет на окончательные результаты подсчетов, что было установлено после непосредственных наблюдений подпертых уровней на Волхове.

В настоящее время, когда уже произведены наблюдения кривые подпора и материал этих наблюдений использован для их пересчета, предварительные вычисления, разошедшиеся с практикой утратили интерес, почему и результатов первоначальных подсчетов мы в дальнейшем не приводим. В последующем изложении мы остановимся лишь на основных формулах, на выборе метода расчета и полученных результатах. X Как известно вычисление кривых подпора основано на общей теории неравномерного движения жидкости и все излагаемые методы расчетов относятся по существу к потокам с определенным уклоном дна и призматическим поперечным сечением, т. е. применимы к искусственным руслам, приведенным к правильному виду.

¹⁾ Инж. Г. К. Лоттер. Изыскания 1923 г.

Распространяя те же приемы к рекам, где об определенном уклоне дна и сохранения единообразия формы русла не может быть и речи, мы встречаемся с затруднениями, которые разрешаются весьма условными допущениями, а именно: реку искусственно разделяют на участки, уподобляя каждый из них каналу с равномерным течением при этом за невозможностью получить уклон дна, довольствуются поверхностным уклоном, который принимается на участке за однообразный, а профиль сечения столь же условно, считают либо прямоугольным, либо параболическим. Далее на отдельных участках реки, принимаемых за канал, коэффициент шероховатости считают однообразной величиной, независящей от наполнения русла. Обычно коэффициент шероховатости вычисляется для взятого участка реки по новой формуле Базена, на основании ряда следующих формул:

$$Q = \omega \cdot v; \quad v = C \sqrt{Ri}; \quad C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

где γ — искомый коэффициент шероховатости

ω — площадь живого сечения при заданном расходе и средней скорости v

i — поверхностный уклон

R — гидравлический радиус

C — коэффициент формулы Шези.

Для предварительных расчетов нередко пользуются коэффициентами γ , найденными Базеном для русел со стенками различной шероховатости, начиная от очень гладких до весьма шероховатых, при чем величина его варьирует соответственно от 0,06 до 1,75.

Значений больших 1,75 для коэффициента шероховатости упомянутый автор не дает. Между тем, из подсчетов на р. Волхове можно убедиться, что при всяких наполнениях русла, находящихся в пределах бытовых колебаний уровня в реке, коэффициент этот значительно выше рекомендуемых в курсах гидравлики.

Так, например, на протяжении Гостинопольских порогов он оказался равным 3,7 и на остальном течении Волхова (за малыми колебаниями) равным 2,68.

Упомянутая особенность отмечается не только для коэффициента формулы Базена, но и для коэффициентов аналогичных эмпирических формул других авторов.

В VI вып. Материалов ¹⁾ сделаны подсчеты коэффициентов шероховатости для Волхова в пределах Гостинопольских порогов для ряда распространенных формул, которые привели к следующим результатам.

1) В формуле Куттера колебания коэффициента «К» оказались в пределах 3,12 — 5,20, т. е. больше предельного значения 2,5 даваемого Куттером для естественных потоков с гравелистым руслом.

2) В формуле Гангиле и Куттера величина «п» получилась равной от 0,0667 до 0,0332, и в большинстве случаев выше величины 0,035, каковая по Гангиле—Куттеру соответствует руслу рек, находящихся в весьма плохих условиях.

3) Для формулы Горбачева коэффициент шероховатости «а» получился равным от 3,15 до 1,57, что также превосходит предельное значение этого коэффициента 1,25, даваемое Горбачевым для рек, заросших водорослями и влекущих по дну камни.

Из вышеуказанных примеров можно заключить, что для Волхова независимо от вида формул, коэффициенты шероховатости получаются больше фиксированных различными авторами в качестве предельных.

Это дает некоторое основание предположить, что найденные повышенные коэффициенты скрывают за собой различные неизвестные пока обстоятельства течения, которые устранялись, повидимому, в серии наблюдений, послуживших Базену, Куттеру и др. материалом для составления формул.

Если, несмотря на отмеченное расхождение все же сохранить общий метод расчета подпорных кривых, руководствуясь принятыми формулами, неизбежно приходится остановиться и на тех результатах, которые автоматически вытекают из применения формул по отношению к рассматриваемой реке.

Переходя к подсчетам подпорных кривых мы несколько остановимся на принятых нами формулах.

Как известно из курсов гидравлики, уравнение неравномерного движения жидкости, которое кладется в основу подсчетов подпорных кривых разрешено Брессом, Толкмитом и Рюльманом для отдельных частных форм призматического русла, а именно: для прямо-

¹⁾ Инж. Вальман. Гидролого-гидрометрические исследования в бассейне р. Волхова, стр. 165--167.

угольного или параболического. Речное русло в известной мере приближается к той и другой форме, и потому с некоторым приближением можно воспользоваться решениями названных авторов для речного русла.

В наших расчетах мы приняли русло за прямоугольное, хотя были проделаны сравнительные подсчеты и для параболического, и так как выбор той или иной формы на результат их не отразился, мы предпочли остановиться на прямоугольном русле, как дающем упрощение в расчетах.

Задача о кривых подпора при прямоугольном русле разрешена Деппюи-Рюльманом и безоговорочно применима лишь для каналов.

Производя расчеты подпорных кривых на Молдаве и пользуясь для этой цели формулой Рюльмана и Толкмита, инж. Тольман несколько усовершенствовал прием расчетов в применении их к речным руслам, не имеющим по существу правильного вида, и свел расчеты к фиктивному прямоугольному или параболическому руслу, пропускная способность которого соответствовала бы данному.

Мы воспользовались этим комбинированным методом на том основании, что результаты подсчетов были проверены Тольманом в натуре и дали сравнительно малую расходимость с теоретическими выводами ¹⁾.

Для случая прямоугольного русла встретилась необходимость в следующих формулах:

$$Q = hoBC \sqrt{hoi} \quad \text{или} \quad ho = \frac{Q}{CB\sqrt{i}} \quad (I)$$

при $C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$ уравнение (I), служащее для определения

$$ho \quad \text{будет} \quad \frac{ho^2}{\sqrt{ho} + \gamma} = \frac{Q}{87B\sqrt{i}}$$

Собственно выражение Рюльмана имеет такой вид:

$$f\left(\frac{Z'}{ho}\right) = f\left(\frac{Z''}{ho}\right) - \frac{iL}{ho}$$

В приведенных формулах:

Q — расход воды в реке.

ho — нормальная глубина.

¹⁾ Б. А. Бахметев: „О неравномерном движении жидкости в открытом русле“.

B — ширина подпертого русла.

i — поверхностный уклон.

γ — коэффициент шероховатости Базена.

C — коэффициент формулы Шези.

R — гидравлический радиус, при широком прямоугольном русле $= ho$.

L — длина участка реки, для которого в нижнем конце подпор или превышение глубины при подпоре над нормальной есть Z' и в верхнем — Z''

$$f\left(\frac{Z'}{ho}\right) \text{ и } f\left(\frac{Z''}{ho}\right)$$

функции, даваемые таблицами Рюльмана.

При применении вышеуказанных формул к отдельным случаям подсчета кривых подпора, расположение материала и порядок действия выясняется из таблиц I и II, которые приведены в качестве образца и в которых весь ход расчетов представлен для наименьшего и наибольшего расходов р. Волхова соответственно при отметках на плотине 7,39 и 8,39 саж.

Для вычисления подпорной кривой необходимо было задаться мгновенным уровнем, соответствующим данному расходу в реке.

В виду того, что режим Волхова до приведения к искусственно подпертому состоянию был подробно изучен и в дальнейшем непрерывно изучался при изменившихся условиях, то не представило особых затруднений найти в ряду лет наблюдений такие мгновенные уровни естественного быта, которые бы соответствовали протекавшим расходам в подпертом состоянии реки.

Определив для какого-нибудь мгновенного подпертого уровня расходы в верховьях реки и у плотины и найдя уклоны и прочие гидравлические элементы, нужные для вычисления коэффициента γ , находили последний и производили новый подсчет, при другом уровне у плотины, но при расходе, не сильно отличавшемся от первого, причем в основу клались мгновенные уровни, которые соответствовали данному расходу в реке.

Ниже приводится таблица III, из которой видно, что коэффициенты были выбраны достаточно точно, так как между наблюдаемыми и вычисленными горизонтами не получается значительного расхождения.

Т а б л и ц а I.

Подсчет кривой подпора на р. Волхове для рас хода 14 саж.³/сек. и отметке у плотины 7,39 саж.

№№	Наименование профиля.	Расстояние про-фили от истока верст + саж.	Отметка естест-венного горн-зонта в саж.	Коэффициент шероховат. γ .	Средняя ширина реки на участке B в мтр.	\sqrt{i}	$B \sqrt{i}$	Q мтр. ³ /сек. $\frac{Q}{87}$	$\frac{Q/87}{B \sqrt{i}}$	Нормальная глу-бина на участке h_0 в мтр.	Подпор Z'' в мтр.	$\frac{Z''}{h_0}$	$f\left(\frac{Z''}{h_0}\right)$	iL в мтр.	$\frac{iL}{h_0}$	$f\left(\frac{Z'}{h_0}\right)$	$\frac{Z'}{h_0}$	Z' в мтр.	Z' в саж.	Отметка почи-сленного под-пертого горн-зонта в саж.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	Плотина	185+ 37	2,23	0,3	344	0,025521	8,7792	1,56	0,1777	0,408	11,0094	26,9838	28,3988	0,7254	1,7779	26,6209	25,2059	10,2840	4,8201	7,39
2	В. Дубовики	184+ 15	2,57	0,3	362	0,032852	11,8924	1,56	0,1312	0,340	10,2840	30,2471	31,6621	8,2784	24,3482	7,3139	5,9086	2,0089	0,9416	7,3901
3	Вельсы	176+420	6,45	0,3	278	0,012942	3,5979	1,56	0,4336	0,702	2,0089	2,8617	4,2436	0,3627	0,5167	3,7269	2,3560	1,6539	0,7752	7,3916
4	Гостинополье	174+405	6,62	2,5	208	0,003138	0,6527	1,56	2,3901	3,202	1,6539	0,5165	1,6844	0,1707	0,0533	1,6311	0,4791	1,5341	0,7190	7,3952
5	Черенцово	158+280	6,70	2,5	347	0,007134	2,4755	1,56	0,6302	1,535	1,5341	0,9994	2,2832	0,4267	0,2780	2,0052	0,7634	1,1718	0,5492	7,4190
6	Подсопье	150+350	6,90	2,5	348	0,007995	2,7823	1,56	0,5607	1,440	1,1718	0,8138	2,0661	0,6614	0,4593	1,6068	0,4624	0,6659	0,3121	7,4492
7	Пчева	141+ 0	7,21	2,5	286	0,003129	0,8949	1,56	1,7432	2,686	0,6659	0,2479	1,2418	0,1280	0,0477	1,1941	0,2255	0,6057	0,2839	7,5221
8	Сольцы	128+370	7,27	2,5	203	0,001614	0,3276	1,56	4,7619	4,717	0,6057	0,1284	0,9381	0,0640	0,0136	0,9245	0,1243	0,5863	0,2748	7,5539
9	Лезно	105+350	7,30	2,5	204	0,001103	0,2250	1,56	6,9333	5,838	0,5863	0,1004	0,8369	0,0213	0,0036	0,8333	0,0995	0,5809	0,2723	7,5748
10	Грузино	89+125	7,31	2,5	213	0,001355	0,2886	1,56	5,4054	5,068	0,5809	0,1146	0,8907	0,0213	0,0042	0,8865	0,1134	0,5747	0,2694	7,5823
11	Ст. Волхово	78+175	7,32	2,5	285	0,001968	0,5609	1,56	2,7812	3,485	0,5747	0,1649	1,0470	0,0853	0,0245	1,0225	0,1561	0,5440	0,2550	7,5894
12	Селищенские каз.	57+350	7,36	2,5	251	0,002160	0,5422	1,56	2,8772	3,552	0,5440	0,1532	1,0143	0,1707	0,0481	0,9662	0,1371	0,4870	0,2283	7,6150
13	Завод	23+200	7,44	2,5	217	0,002222	0,4822	1,56	3,2352	3,793	0,4870	0,1284	0,9381	0,0213	0,0056	0,9325	0,1267	0,4806	0,2253	7,6683
14	Хутынь	19+175	7,45	2,5	218	0,004262	0,9291	1,56	1,6790	2,631	0,4806	0,1827	1,0937	0,2134	0,0811	1,0126	0,1525	0,4012	0,1880	7,6753
15	Новгород	8+170	7,55	2,5	272	0,002773	0,7543	1,56	2,0681	2,954	0,4012	0,1358	0,9620	0,0427	0,0144	0,9476	0,1313	0,3879	0,1818	7,7380
16	Юрьевский скит	3+ 0	7,57																	7,7518

Т а б л и ц а П.

Подсчет кривой подпора на р. Волхове для рас хода 250 саж.³/сек. и отметке у плотины 8,39 саж.

№№	Наименование профиля.	Расстояние про- филя от истока верет + саж.	Отметка естест- венного горн- зонта в саж.	Коэффициент шероховат. γ.	Средняя ширина реки на участке В в мтр.	\sqrt{i}	$B \sqrt{i}$	$\frac{Q}{87}$ мтр. ³ /сек.	$\frac{Q/87}{B \sqrt{i}}$	Нормальная глу- бина на участке h_0 в мтр.	Подпор	$\frac{Z'}{h_0}$	$f\left(\frac{Z'}{h_0}\right)$	iL в мтр.	$\frac{iL}{h_0}$	$f\left(\frac{Z'}{h_0}\right)$	$\frac{Z'}{h_0}$	Z' в мтр.	Z' в саж.	Отметка пещ- сленного под- пертого горн- зонта в саж.
											Z' в мтр.	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	Плотина	185+ 37	3,64																	8,39
2	В. Дубовики	184+ 15	4,04	0,3	354	0,027682	9,7994	27,90	2,8471	2,267	10,1346	4,4705	5,8696	0,8534	0,3764	5,4932	4,0967	9,2872	4,3529	8,3929
3	Вельсы	176+420	7,31	0,3	382	0,030159	11,5207	27,90	2,4217	2,047	9,2872	4,5370	5,9365	6,9769	3,4084	2,5281	1,2181	2,4935	1,1687	8,4787
4	Гостинополе	174+405	8,10	0,3	295	0,027898	8,2299	27,90	3,3901	2,532	2,4935	0,9848	2,2666	1,6855	0,6657	1,6009	0,4584	1,1607	0,5440	8,6440
5	Черенцово	158+280	9,08	0,3	233	0,010982	2,5588	27,90	10,9035	5,334	1,1607	0,2176	1,1767	2,0909	0,3920	0,7847	0,0881	0,4699	0,2202	9,3002
6	Подсопье	150+350	9,60	0,3	441	0,011503	5,0728	27,90	5,4999	3,443	0,4699	0,1365	0,9642	1,1095	0,3222	0,6420	0,0607	0,2090	0,0980	9,6980
7	Пчева	141+ 0	9,86	4,0	469	0,007322	3,4340	27,90	8,1246	7,388	0,2090	0,0283	0,3645	0,5547	0,0751	0,2894	0,0229	0,1692	0,0793	9,9393
8	Сольцы	128+370	10,08	4,0	783	0,005991	4,6910	27,90	5,9476	6,214	0,1692	0,0272	0,3504	0,4694	0,0755	0,2749	0,0220	0,1367	0,0641	10,1441
9	Грузино	89+125	10,25	4,0	6.280	0,002934	18,4255	27,90	1,5142	2,942	0,1367	0,0465	0,5328	0,3627	0,1233	0,4095	0,0321	0,0944	0,0442	10,2942
10	Ст. Волхово	78+175	10,27	4,0	4.580	0,001916	8,7753	27,90	3,1794	4,403	0,0944	0,0214	0,2662	0,0427	0,0097	0,2565	0,0208	0,0916	0,0429	10,3129
11	Селищенские каз.	57+350	10,38	4,0	2.310	0,003264	7,5398	27,90	3,7004	4,785	0,0916	0,0191	0,2265	0,2347	0,0490	0,1775	0,0166	0,0794	0,0372	10,4172
12	Завод	23+ 200	10,62	4,0	601	0,003741	2,2483	27,90	12,4094	9,360	0,0794	0,0085	— 0,0491	0,5121	0,0547	— 0,1038	0,0072	0,0674	0,0316	10,6516
13	Новгород	8+170	10,76	4,0	794	0,004312	3,4237	27,90	8,1491	7,400	0,0674	0,0091	— 0,0255	0,2987	0,0404	— 0,0659	0,0081	0,0599	0,0281	10,7881
14	Юрьевский скпт	3+ 0	10,80	4,0	2.790	0,003871	10,8001	27,90	2,5833	3,931	0,0599	0,0152	0,1492	0,0853	0,0217	0,1275	0,0144	0,0566	0,0265	10,8265

Т а б л и ц а III.

№ по порядку.	Наименование водомерных постов.	Веревы и сажени от истока.	Расход 30 с.³/с.		Расход 60 с.³/с.		Расход 100 с.³/с.		Расход 150 с.³/с.		Расход 200 с.³/с.	
			Отметка вы- числ. гориз. в саж.	Отметка на- блюд. подп. гор. в саж.	Отметка вы- числ. гориз. в саж.	Отметка на- блюд. подп. гор. в саж.	Отметка вы- числ. гориз. в саж.	Отметка на- блюд. подп. гор. в саж.	Отметка вы- числ. гориз. в саж.	Отметка на- блюд. подп. гор. в саж.	Отметка вы- числ. гориз. в саж.	Отметка на- блюд. подп. гор. в саж.
1	Плотина	185 + 37	7,77	7,77	7,99	7,97	8,19	8,21	8,20	8,20	8,36	8,36
2	В. Дубовики	184 + 15	7,77	—	7,99	7,97	8,19	8,21	8,20	8,20	8,36	8,36
3	Вельсы	176 + 420	7,77	—	8,00	7,99	8,21	8,22	8,24	8,21	8,45	8,45
4	Гостинополе	174 + 405	7,78	7,77	8,02	7,99	8,25	8,25	8,31	8,31	8,62	8,61
5	Черенцово	158 + 280	—	—	8,05	8,09	8,43	8,43	8,66	8,66	9,28	9,28
6	Подсопье	150 + 350	7,84	—	8,15	8,17	8,58	8,60	8,92	8,94	9,68	9,69
7	Пчева	141 + 0	7,95	7,91	8,30	8,29	8,75	8,75	9,12	9,13	9,91	9,91
8	Сольцы	128 + 370	7,99	7,95	8,38	8,38	8,85	8,86	9,28	9,28	10,12	10,08
9	Лезно	105 + 350	8,00	—	8,41	8,41	8,89	8,92	9,40	9,37	—	—
10	Грузино	89 + 125	8,01	8,00	8,43	8,45	8,94	8,95	9,46	9,46	10,25	10,24
11	Волхово	78 + 175	8,02	8,00	8,44	8,47	8,99	9,01	9,50	9,50	10,29	10,28
12	Селищенские казармы .	57 + 350	8,02	—	8,51	8,50	9,06	9,06	9,57	9,57	—	—
13	Завод	23 + 200	8,05	8,05	8,60	8,59	9,21	9,22	9,73	9,75	10,63	10,61
14	Хутынь	19 + 175	8,06	8,05	8,61	8,61	9,23	9,22	9,77	9,77	10,73	10,71
15	Новгород	8 + 170	8,15	8,12	8,71	8,67	9,31	9,30	9,82	9,82	10,74	10,75
16	Юрьевский скит	3 + 0	8,20	8,19	8,77	8,75	9,35	9,35	9,88	9,90	—	—

Обращаясь к величине коэффициентов, добытых последовательными подсчетами при разных расходах, необходимо отметить следующее явление.

После поднятия уровня, река разделилась на два неравных участка с существенно различным режимом в отношении физических условий протекания воды. Десятиверстный участок от плотины до Гостинополя, бывший ранее порожистым, обратился в глубоководное плесо, где, повидимому, в движении находились преимущественно верхние слои водного потока. Влияние шероховатости стенок и дна оказалось ничтожным и коэффициент уменьшился при всех расходах до 0,3 вместо найденного в бытовых условиях 3,7. На остальном протяжении реки до ее истока, в зависимости от расхода в реке, пришлось применять различный коэффициент, а именно: при расходах в пределах от 14 до 120 куб. саж./сек. он составлял величину, равную 2,5, т. е. вообще близкую к той, которая была принята в начальных расчетах (2,68).

Это объясняется тем, что вследствие небольшой величины подпора, эта часть реки мало изменила природные условия течения. Но за то при высших расходах от 150 до 200 куб. саж. пришлось принять коэффициент шероховатости γ равным 3,5, а при 250 куб. саж.—даже равным 4. Причину такого увеличения можно себе представить, если учесть то обстоятельство, что между 57 и 128 верстами расположена большая Волховская пойма, имеющая местами ширину до 7 верст, которая при расходах свыше 120 куб. саж. начинает наполняться, и, очевидно, действует своей неровной поверхностью на замедление течения.

Если вводить в расчеты ее ширину, то влияние этого обстоятельства, как видно, существенно сказывается на росте коэффициента шероховатости.

В результате многочисленных подсчетов при разных стояниях уровня у плотины в зависимости от разных комбинаций пропусков воды через ее отверстия представилось возможным составить таблицы IV и V, обнимающие собой большинство произведенных вычислений кривых подпора, из которых путем сравнения отметок подпертого и естественного уровней легко получить фактический подпор в любом пункте Волхова, приуроченном к водомерным постам.

К пояснению таблиц IV и V следует указать, что для полноты картины исследования кривых подпора подсчеты сделаны для всех более или менее характерных расходов, причем одновременно с этим выбраны наиболее типичные горизонты у плотины.

Т а б л и ц а IV.

№№ по порядку.	Наименование водомерных постов.	Версты от истока вер. + саж.	Расход 14 саж. ³ /сек.			Расход 30 саж. ³ /сек.			Расход 60 саж. ³ /сек.				Расход 75 саж. ³ /сек.				Расход 100 саж. ³ /сек.			
			Отметка естеств. горизонта в саж.	Отметки подпертых горизонтов в саж.		Отметка естеств. горизонта в саж.	Отметки подпертых горизонтов в саж.		Отметка естеств. горизонта в саж.	Отметки подпертых горизонтов в саж.		Отметка естеств. горизонта в саж.	Отметки подпертых горизонтов в саж.		Отметка естеств. горизонта в саж.	Отметки подпертых горизонтов в саж.				
				8/IX--21				4/X—24					5/IX—22				3/VIII—24			8/VII—23
1	Плотина	185 + 37	2,23	7,62	7,39	2,92 ¹⁾	7,77	7,39	2,68	7,99	7,74	7,39	2,81	8,07	7,86	7,50	2,94	8,19	8,02	7,78
2	В. Дубовики	184 + 15	2,57	7,62	7,39	3,04	7,77	7,39	2,94	7,99	7,74	7,39	3,13	8,07	7,86	7,50	3,30	8,19	8,02	7,78
3	Вельсы	176 + 420	6,45	7,62	7,39	6,57	7,77	7,40	6,73	8,00	7,75	7,41	6,79	8,08	7,88	7,53	6,89	8,21	8,05	7,81
4	Гостинополе	174 + 405	6,62	7,62	7,40	6,82	7,78	7,41	7,08	8,02	7,78	7,47	7,19	8,11	7,92	7,61	7,35	8,25	8,09	7,83
5	Черенцово	158 + 280	6,70	7,64	7,42	—	—	—	7,25	8,05	7,87	7,59	7,48	8,24	8,07	7,81	7,75	8,43	8,31	8,08
6	Подсопье	150 + 350	6,90	7,66	7,45	7,06	7,84	7,52	7,57	8,15	8,00	7,78	7,80	8,35	8,21	8,01	8,11	8,58	8,48	8,31
7	Пчева	141 + 0	7,21	7,70	7,52	7,53	7,95	7,72	7,93	8,30	8,19	8,04	8,13	8,50	8,39	8,25	8,40	8,75	8,67	8,54
8	Сольцы	128 + 370	7,27	7,73	7,55	7,60	7,99	7,77	8,06	8,38	8,28	8,15	8,27	8,56	8,50	8,38	8,55	8,85	8,78	8,67
9	Лезно	105 + 350	7,30	7,74	7,57	7,62	8,00	7,79	8,10	8,41	8,32	8,19	8,33	8,63	8,55	8,43	8,60	8,89	8,83	8,72
10	Грузино	89 + 125	7,31	7,75	7,58	7,63	8,01	7,79	8,12	8,43	8,33	8,21	8,37	8,67	8,58	8,47	8,65	8,94	8,87	8,76
11	Волхово	78 + 175	7,32	7,76	7,59	7,64	8,02	7,80	8,14	8,44	8,35	8,23	8,41	8,70	8,62	8,51	8,71	8,99	8,92	8,82
12	Селищенские казармы .	57 + 350	7,36	7,77	7,62	7,65	8,02	7,81	8,21	8,51	8,41	8,29	8,47	8,75	8,67	8,56	8,80	9,06	9,00	8,90
13	Завод	23 + 200	7,44	7,82	7,67	7,69	8,05	7,85	8,32	8,60	8,50	8,39	8,62	8,86	8,80	8,70	8,98	9,21	9,15	9,07
14	Хутынь	19 + 175	7,45	7,82	7,68	7,70	8,06	7,85	8,34	8,61	8,52	8,41	8,65	8,89	8,82	8,73	9,01	9,23	9,18	9,09
15	Новгород	8 + 170	7,55	7,87	7,74	7,86	8,15	7,98	8,48	8,71	8,63	8,54	8,76	8,97	8,91	8,83	9,11	9,31	9,26	9,18
16	Юрьевский скит	3 + 0	7,57	7,88	7,75	7,96	8,20	8,06	8,57	8,77	8,69	8,62	8,84	9,02	8,97	8,90	9,18	9,35	9,31	9,25

¹⁾ Горизонт был несколько подперт строившейся плотинной.

Т а б л и ц а V.

№№ по порядку.	Наименование водомерных постов.	Версты от истока вер. + саж.	Расход 120 саж. ³ /сек.				Расход 150 саж. ³ /сек.				Расход 170 саж. ³ /сек.				Расход 200 саж. ³ /сек.			Расход 250 саж. ³ /сек.			
			Отметка естеств. горизонта в саж.	Отметки подпертых горизонтов в саж.			Отметка естеств. горизонта в саж.	Отметки зон	подпертых горизонтов в саж.		Отметка естеств. горизонта в саж.	Отметки подпертых горизонтов в саж.			Отметка естеств. горизонта в саж.	Отметки подпертых горизонтов в саж.		Отметка естеств. горизонта в саж.	Отметки подпертых горизонтов в саж.		
			14/VII—22				1/VII—22					22/VI—22			9/VI—22			13/V—22			
1	Плотина	185 + 37	2,99	8,30	8,13	7,92	3,15	8,39	8,26	8,09	3,26	8,39	8,35	8,19	3,43	8,39	8,34	3,64	8,39	8,20	
2	В. Дубовики	184 + 15	3,32	8,30	8,13	7,92	3,48	8,39	8,26	8,09	3,54	8,39	8,35	8,19	3,78	8,39	8,34	4,04	8,39	8,20	
3	Вельсы	176 + 420	6,94	8,32	8,16	7,96	7,02	8,42	8,30	8,14	7,08	8,43	8,39	8,24	7,17	8,45	8,40	7,31	8,48	8,31	
4	Гостинополе	174 + 405	7,44	8,37	8,21	8,03	7,58	8,48	8,36	8,22	7,68	8,50	8,47	8,33	7,84	8,55	8,51	8,10	8,64	8,52	
5	Черенцово	158 + 280	7,87	8,58	8,45	8,30	8,16	8,80	8,71	8,60	8,34	8,89	8,87	8,77	8,62	9,06	9,03	9,08	9,30	9,24	
6	Подсопье	150 + 350	8,29	8,76	8,66	8,55	8,58	9,02	8,95	8,87	8,77	9,14	9,12	9,05	9,09	9,37	9,35	9,60	9,70	9,67	
7	Пчева	141 + 0	8,58	8,93	8,85	8,77	8,86	9,20	9,14	9,08	9,07	9,36	9,34	9,28	9,35	9,58	9,56	9,86	9,94	9,92	
8	Сольцы	128 + 370	8,76	9,06	8,99	8,92	9,07	9,35	9,31	9,25	9,21	9,47	9,45	9,40	9,52	9,71	9,70	10,08	10,14	10,12	
9	Лезно	105 + 350	8,88	9,15	9,09	9,03	9,20	9,48	9,42	9,34	9,39	9,62	9,60	9,56	9,64	9,79	9,78	—	—	—	
10	Грузино	89 + 125	8,95	9,21	9,15	9,09	9,27	9,53	9,48	9,40	9,47	9,69	9,67	9,63	9,74	9,86	9,85	10,25	10,29	10,28	
11	Волхово	78 + 175	9,02	9,27	9,21	9,15	9,33	9,56	9,52	9,45	9,54	9,75	9,73	9,70	9,79	8,90	9,89	10,27	10,31	10,30	
12	Селищенские казармы .	57 + 350	9,09	9,33	9,27	9,22	9,42	9,62	9,59	9,52	—	—	—	—	9,89	9,98	9,98	10,38	10,42	10,41	
13	Завод	23 + 200	9,27	9,48	9,43	9,38	9,60	9,78	9,75	9,69	9,80	9,97	9,96	9,92	10,11	10,19	10,18	10,62	10,65	10,64	
14	Хутынь	19 + 175	9,31	9,51	9,46	9,41	9,64	9,81	9,78	9,73	—	—	—	—	10,14	10,22	10,21	—	—	—	
15	Новгород	8 + 170	9,39	9,58	9,53	9,49	9,70	9,86	9,83	9,78	9,89	10,05	10,04	10,00	10,18	10,26	10,25	10,76	10,78	10,78	
16	Юрьевский скит	3 + 0	9,46	9,62	9,58	9,54	9,77	9,91	9,89	9,84	9,97	10,12	10,11	10,07	10,25	10,32	10,31	10,80	10,82	10,82	

Действительно, расход 14 куб. саж./сек. соответствует расходу самой низкой межени.

Разобраны два случая: а) расход проходит полностью через водослив плотины, при отметке 7,62 саж. и б) расход пропускается через станцию, причем горизонт удерживается на отметке гребня плотины 7,39 саж. (15,77 мтр.).

2) Расход в 30 куб. саж./сек., наиболее часто встречающийся, расход конца меженного периода. Подсчеты сделаны для случаев: пропуска всего расхода через плотину (отм. 7,77) и поддержания горизонта на отметке гребня (7,39).

3) Расход 60 куб. саж./сек. представляет средний многолетний расход. При пропуске его через плотину отметка устанавливается 7,99. При пропуске через станцию расхода в 35 куб. саж., при котором развивается половинная мощность станции и 25 куб. саж. через гребень плотины, отм. у плотины 7,74 саж. Наконец, при использовании всего расхода на станцию поддерживается уровень 7,39 саж.

4) Расход 75 куб. саж./сек.—высокая межень и средний осенний паводок; при пропуске 40 куб. саж. через плотину и 35 куб. саж. через станцию—отметка 7,86. Через станцию направляется расход, соответствующий полной мощности ее—отм. 7,50. Весь расход через плотину—отм. 8,07.

5) Расход 100 куб. саж.—высокий осенний паводок. С этого расхода начинается затопление большой поймы. При отметке 8,19 саж. весь расход направляется через водослив плотины, при отм. 8,02 саж.—65 куб. саж. идет через плотину и 35 куб. саж. через станцию и, наконец, при отм. 7,78 станция расходует 70 куб. саж. Остальной расход переливается через плотину.

6) Расход 120 куб. саж./сек.—низкий расход весеннего половодья.

Отм. 8,30—весь расход идет через гребень плотины.

» 8,13—через плотину 85 куб. саж. и станцию 35 куб. саж.

» 7,92—через плотину 50 куб. саж. и станцию 70 куб. саж.

7) Расход 150 куб. саж./сек.—расход половодья (ниже среднего).

Отм. 8,39—допустимый предел стояния горизонта у плотины; при этом горизонте 143 куб. саж. переливается через гребень и 7 куб. саж. протекает через щитовые отверстия.

- Отм. 8,26—115 куб. саж. через плотину, 35 куб. саж. на станцию.
- » 8,09—80 куб. саж. через плотину, 70 куб. саж. через станцию.
- 8) Расход 170 куб. саж./сек. —расход средне-высокого половодья.
- Отм. 8,39—предельная отм. у плотины: 143 куб. саж. через плотину и 27 куб. саж. через щиты.
- » 8,35—135 куб. саж. через плотину и 35 куб. саж. через станцию.
- » 8,19—100 куб. саж. через плотину и 70 куб. саж. через станцию.
- 9) Расход 200 куб. саж./сек.—один из самых высоких расходов половодья.
- Отм. 8,39—через плотину 143 куб. саж., через станцию 35 куб. саж. и через щиты Стоня 22 куб. саж.
- » 8,34—через плотину 130 куб. саж. и станцию 70 саж.³
- 10) Расход 250 куб. саж./сек.—самый высокий расход весеннего половодья.
- Отм. 8,39—через плотину 143 куб. саж., станцию 70 куб. саж. и щитовые отверстия 37 куб. саж.
- » 8,20—через плотину 100 куб. саж., через станцию 70 куб. саж. и щиты 80 куб. саж.

При наличии вышеуказанных подсчетов представляет интерес зависимость горизонтов на озере от стояния горизонтов у плотины.

Вышеуказанная зависимость представлена на графике № 13. По оси абсцисс отложены здесь отметки в саж. у плотины и по оси ординат—на озере Ильмень. Для каждого из расходов по нескольким точкам построены кривые, точка на оси ординат соответствует случаю когда подпор на озере отсутствует. Возвышение кривой над горизонталью, проведенной через точку на оси ординат дает абсолютную величину подпора над естественным горизонтом.

В общем на основании опыта подсчетов кривых подпора и вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1) Формулы неравномерного движения, применяемые для подсчета кривых подпора для естественных водотоков нуждаются в корректировании в отношении применяемых коэффициентов шеро-

ховатости. Рекомендуемые в курсах гидравлики коэффициенты шероховатости, как установлено на примере Волхова, преуменьшены.

2) При переходе к подпертому режиму коэффициенты шероховатости в значительной степени отличаются от найденных при бытовых условиях реки. На примере Волхова видно, что уменьшение коэффициента в порожи́стом участке достигает 10—11-кратного размера против естественного режима реки.

Коэффициенты, найденные для бытовых условий, могут поэтому дать лишь приближенные результаты при вычислении кривых подпора.

3) Широкие поймы с шероховатой поверхностью усложняют прохождение расходов, влияя на коэффициент шероховатости. Протекание воды по поймам вообще нуждается в изучении. Большие коэффициенты шероховатости, покрывая все неизученные обстоятельства на поймах, вряд ли по существу соответствуют природе явления.

Нельзя также считать, повидимому, пойму работающей всем сечением. Правильней, как будто, полагать, что течение проходит в водных откосах при соответственно пониженном коэффициенте Базена.

Специальные подсчеты, сделанные в двух предположениях: с поймой во всю ее ширину и при ограничении ее нормальной шириной реки, в обоих случаях при одном и том же коэффициенте шероховатости, дали различные результаты, а именно: в последнем случае (когда ширина реки ограничивалась) отметки вычисленных горизонтов получались выше, чем при первом предположении.

4) Близкие к действительности подсчеты можно получить лишь в хорошо изученной в гидрологическом отношении реке, имеющей достаточное число гидрометрических станций и долговременные наблюдения на постах, расположенных с достаточной частотой для возможности установления подробных мгновенных уровней.

5) Для дальнейшего углубления вопроса по расчету кривых подпора на естественных водотоках желательно производить подробные наблюдения над режимом подпертых рек.

О зимнем подпоре на реке Волхове.

Исследования о подпоре на р. Волхове от плотины Волховской Гидростанции, изложенные выше инженерами Г. К. Лоттер и Е. И. Иогансоном, выясняют вопросы построения этого подпора и наблюдаемые его величины для состояния реки в летнее время, свободное от ледяного покрова.

Мною произведены попытки определить величины этого подпора на Волхове в зимнее время, при ледяном покрове на реке. Для этой цели мне послужила зима 1926—27 г., протекавшая уже при подпертом режиме р. Волхова, для которой имелись одновременные определения расходов воды у с. Завод (у Новгорода, в. 23) и у с. Извоз (ниже станции, в. 193), при водомерных наблюдениях вдоль всего Волхова, в частности у Юрьевского Скита и Новгорода, определяющие уровни (и подпоры) для оз. Ильмень, и у ст. Волхово, определяющие уровни (и подпоры) на Большой пойме Волхова.

Зима 1926—27 г. протекала на р. Волхове в отношении водного режима спокойно, при средних расходах 35 куб. саж./сек. у Новгорода (с пределами от 24 до 60 куб. саж./сек.) и 37 куб. саж./сек. у Гидростанции (с пределами от 21 до 61 куб. саж./сек.); при этом средний многолетний расход Волхова (1881—1924) за время ледяного покрова до начала весеннего подъема воды составляет 30,6 куб. саж./сек., а средний многолетний за месяцы XI—III дает 33,8 куб. саж./сек.; таким образом зима 1926—27 г. очень близка к средним, и дает очень малое приращение расхода по длине Волхова.

Отсюда данные наблюдений и выводов по этой зиме могут считаться близкими к средним для Волхова.

Для определения естественных неподпертых уровней Волхова в зимнее время при аналогичных зиме 1926—27 г. зимних расходах послужили напечатанные в вып. VI и XV «Материалов исследований р. Волхова» зимние расходы за зимы 1923, 1924, 1925 и 1926 гг., при чем для сравнения и определения зимних подпоров выбирались самые низкие естественные стояния уровня на данные расходы, а в случае сомнений—среднее арифметическое из аналогов.

По данным о летних расходах Волхова из тех же выпусков были взяты аналоги среди летних расходов и отвечающие им уровни при естественном режиме реки; частью эти уровни на данные расходы были взяты из тех мгновенных уровней вдоль Волхова, которые послужили для расчета кривых подпора на разные расходы, и по интерполяции этих уровней на промежуточные расходы.

Наконец, надлежало определить летние подпертые уровни, отвечающие, по расходам, изучаемым зимним подпорным уровням зимы 1926—27 г.; для этой цели послужили рассчитанные в Отделе Изысканий (см. упомянутые статьи в начале книги) кривые подпора на расходы 14 куб. саж./сек., 30, 60 и 75 куб. саж./сек., при разных по величине переливах воды через гребень плотины; величины перелива для зимы 1926—27 г. по уровням на плотине были известны, так что уровни летнего подпора, отвечающие расходам воды и переливам через плотину, таким как зимой 1926—27 г., были определены графической интерполяцией (абакой) между упомянутыми кривыми расхода.

Как изложено в статьях инж. Лоттера и инж. Иогансона, эта сеть рассчитанных окончательных кривых подпора для Волхова представляет согласованную абаку, так что такая двойная интерполяция—по расходам и исходным точкам кривых, иначе по переливам через гребень плотины—возможна, и привела к сходимым результатам. Для устойчивости результаты расчетов сопоставлялись с данными уровней из сравнения кривых расходов, зимней и летней, для Завода у Новгорода и для ст. Волхово. Эти кривые даны в выпуске VI «Материалов иссл. р. Волхова».

Чтобы не зависеть в результатах от ненужных интерполяций и не умножать напрасно вычислений, я взял для расчета только те дни зимы 1926—27 г., в которые были определены фактические расходы на конечных гидрометрических станциях Волхова от

xii/1—1926 г. до iv/17—1927 г.: получилось 20 точек-дней для сопоставлений; но как xii/1 и xii/4 давали лишь начало замерзания, то они вошли в вычисления лишь частью, а iv/17 и вовсе не вошло, как относящееся к моменту вскрытия реки. Таким образом сопоставления и средние выводы относительно зимнего подпора сделаны по 17—19 точкам-дням.

Расчет зимних подпоров проведен для Новгорода и ст. Волхово, и изложен в прилагаемых таблицах—ведомостях № II и № I, по одному и тому же плану: см. стр. 92—94.

Следует отметить, что использованный материал расходов и уровней Волхова зимы 1926—27 г. является почти единственным, потому что кроме отмеченного ровного течения расходов в продолжение зимы и нулевой приточности вдоль реки, Волховская Гидростанция работала эту зиму спокойно, с малой нагрузкой, между нулевой и половинной (35 куб. саж./сек.).

Между тем уже текущая зима 1927—28 г. не дает этих преимуществ: во-первых, в начале зимы проходит паводок с Ильменя; во-вторых, с конца сентября прекратились определения расходов воды ниже Гидростанции, и производятся лишь в Заводе у Новгорода, так что о размере приточности, сильно сбивающей правильность кривых подпора—судить в эту зиму нельзя; наконец, Гидростанция работает эту зиму полным расходом, но с применением суточного регулирования, что также путает картину подпоров вдоль по реке.

В представляемых таблицах последовательно даются: дата, расход на нее у Новгорода и у плотины и уровень воды на плотине, приводимый, чтобы судить о переливе через гребень в расчетные дни: при гребне плотины $+7,38$ с. = $15,74$ мтр., эти переливы за зиму составляют в среднем $+0,27$ с. = $0,576$ мтр. с пределами от $+0,11$ с. = $0,23$ мтр. до $+0,58$ с. = $1,24$ мтр., что соответствует переливу через плотину в среднем 163 куб. мтр./сек. с пределами от 44 куб. мтр./сек. до 553 куб. мтр./сек.

Графа 5 дает первую основную данную: зимний подпертый наблюденный зимой 1926—27 г. уровень; с ним сопоставляются в графах 6 и 7 зимние неподпертые естественные уровни реки, по аналогам зимних расходов и по кривой зимних расходов: для Новгорода выбраны для дальнейшего данные по кривой зимних расходов (графа 7), как более низкие; а для ст. Волхово—выбраны из обоих граф более низкие (6 и 7) уровни: оба приема воз-

можны, так как в обеих таблицах величины граф 6 и 7 получаются достаточно близко сходящиеся. Вычитанием граф 5 и 6, 5 и 7 получается в графах 8 и 9 первая интересная величина: зимний подпор уровня Волхова у Новгорода и у ст. Волхово: к нему выведены и средние.

Следующие графы: 10 и 11 устанавливают для расходов воды Волхова данного дня уровни Волхова при свободной ото льда его поверхности («летние») для естественного неподпертого режима реки («10») и для подпертого плотинной режимом («11»), при почти нулевой приточности на протяжении реки: эти уровни взяты из не особенно многочисленных аналогов такого распределения расходов на Волхове в течение времени изучения реки (1921—1927 г.), при неподпертом (1921—1925) и подпертом (1926—1927) ее режиме, а также из вышеизложенных в книге проверенных кривых подпора Волхова, с их интерполяциями.

Разность летних уровней подпертого и неподпертого дает в таблицах графа «12»—величину основного, летнего, для свободной реки, подпора на реке от плотины: это вторая имеющая значение величина в нашем исследовании; к ней подсчитана и устойчивая средняя за всю зиму, у Новгорода и у ст. Волхово.

Соотношение зимнего (меньшего) и летнего (большого) подпоров реки от плотины выведено для их взаимной характеристики в следующей графе 13.

Установленные для расходов зимы 1926—27 г. уровни Волхова: «1С»—естественный летний, «6»—естественный зимний при ледяном покрове, «11»—подпертый летний и «5»—подпертый наблюдаемый зимний,—позволяют выявить еще одну величину из природы реки: естественный подъем при ледяном покрове зимнего уровня над летним, обусловленный большим сопротивлением ложа реки движению воды при покрытой льдом ее поверхности ¹⁾.

Зимний подъем (естественный) и приведен в графе 14 таблиц, как разность бытовых уровней реки зимнего и летнего на тот же расход воды: «6» или «7»—«10»; он получается достаточно устойчивым в течение всей зимы и допускает вывод среднего своего значения (гр. 14).

¹⁾ В дальнейшем изложении повышение уровня от влияния плотины везде будет называться подпором (летним или зимним), а от ледяного покрова и зимнего режима реки—подъемом уровня; сумма их будет обозначаться как зимнее общее или суммарное повышение уровня.

Но ту же природу зимнего подъема уровня реки раскрывает сравнение летней и зимней кривой расхода воды в реке: зимняя кривая ложится на обычном графике выше летнего, и разность ординат как раз должна составить зимний подъем уровня реки от наступления и состояния зимнего режима. Для Волхова зимние и летние кривые расходов установлены в вып. VI «Материалов по исследованию р. Волхова», и для сравнения эти зимние подъемы уровня, по кривым расхода, приведены в графе «15»; для ст. Волхово получается близкое совпадение зимних подъемов по графам «14» и «15» (в средних: $+0,39$ с. и $+0,38$ с.); для Новгорода совпадение не столь полное, но порядок величины всетаки тот же ($+0,39$ с. и $+0,45$ с.).

Доказав сравнением граф «14» и «15» устойчивость и вероятность полученных величин зимнего подъема уровня,—беру в дальнейшем цифры графы «14», как ближе характеризующие именно данную зиму, в то время как зимние подъемы по разности кривых расхода дают в графе «15» очевидно значительно осредненные величины.

Зимний подъем Волхова, по графам «14» (и «15») позволяет не только вывести для него устойчивую за всю зиму среднюю величину, но и обнаруживает одинаковость его величины и у ст. Волхово и у Новгорода: $+0,39$ с. для зимы 1926—27 г.

Это явление зимнего подъема уровня реки должно наблюдаться и при подпертом ее режиме: зимний подъем подпертого Волхова определяется разностью зимнего подпертого наблюдаемого уровня и летнего подпертого уровня: графа «5» минус графа «11»; его величины даны в графе «16» и оказываются меньшими, чем зимний подъем свободной реки («14» больше «16»).

Соотношение обоих зимних подъемов Волхова: без плотины, и при плотине и подпоре—приведено в гр. «17»: отношение это, повидимому, устойчиво—около 60%.

Таким образом и зимний подпор Волхова меньше летнего подпора, и подъем уровня реки на зиму меньше для подпертого ее режима, чем для свободного, неподпертого (меньше естественного зимнего подъема уровня).

Казалось бы, что если на реке мы наблюдаем два подпорных явления: зимний подъем уровня от ледяного покрова (гр. «14») и подпор свободной ото льда реки от действия плотины (гр. «12»), то одновременное действие обеих причин подпора должно бы дать

сумму подъемов уровня, или суммарный теоретический подъем (гр. «12» + гр. «14») уровня, приведенный в графе «18». Однако, по опыту Волхова и зимы 1926—27 г., действительное общее повышение уровня зимой меньше выше предположенного (зимнего подпертого + летнего естественного—гр. «18») суммарного: арифметически оно равно на деле разности уровней «5» и «10» и составляется или из летнего подпора + зимний подъем уровня подпертой реки (гр. 12 + гр. 16), или из естественного зимнего подъема уровня + зимний подпор от действия плотины («14» + «9») его величины приведены в графах «19».

И суммарное наибольшее теоретическое зимнее повышение уровня (гр. 18) и действительный суммарный зимний подъем его на подпертом Волхове (гр. 19)—обнаруживают устойчивость в течение всей зимы 1926—27 г. (гр. 18 и гр. 19) и дают достаточно твердые средние величины.

В графах 20 и 21 сравниваются эти оба суммарные зимние повышения уровня (подъем + подпор), причем графа 20 дает их разности, то есть те величины, на которые на деле уменьшается теоретическое вероятное зимнее полное повышение уровня от одновременности действия и зимнего подъема и зимнего подпора ¹⁾; а графа 21 дает их соотношение, примечательно достаточно устойчивое в течение зимы и одинаковое в среднем и для ст. Волхово и для Новгорода: 74—77%, среднее 75⁰/₀.

Последние три графы таблиц оценивают сравнительное значение, в изучаемом явлении, зимнего подпора от плотины (9) и зимнего естественного подъема уровня (14) реки: графа 22 получается из «9» и «14», как отношение «9»: «14».

Графа «23» показывает, в сколько раз действительное полное зимнее повышение уровня от подъема и подпора («19») больше летнего подпора на реке от плотины.

Графы 24 дают превышения на Волхове по величине зимнего естественного подъема уровня воды над летним подпорным действием Волховской плотины: («6» или «7» — «11», или, что то же самое, «14» — «12» или «16» — «9»).

Различных соотношений между определяемыми элементами изучаемого явления (зимний и летний подпоры; естественный зимний

¹⁾ Эти разности (гр. „18“—„19“) геометрически соответствуют и равны разностям летнего и зимнего подпоров на реке („12“—„9“) и разности естественного и подпертого зимнего подъема уровня („14“—„16“).

подъем уровня; то же при наличии подпора; суммарные зимние повышения уровня)—можно подсчитать очень большое количество: я ограничился в примечании 7 к таблицам отношениями указанных четырех составляющих повышений к суммарному зимнему действительному повышению уровня (гр. 19), которые характеризуют долю их участия в этом общем явлении.

Обозрев последовательно приводимые таблицы, характеризующие зимние повышения подпертого плотиной Волхова в их сравнении с летними подпорами, я не буду пытаться давать теоретические расчеты явления и их практическую поверку по данным одной лишь зимы 1926—27 г.: но обращусь к возможным и на основании этих лишь данных некоторым заключениям:

1. При насаивании на летний подпор от плотины на реке зимнего подъема уровня вследствие входа реки в ледяной покров, общее повышение уровня менее суммы указанных подпора + подъем (гр. 19 < гр. 12 + гр. 14, или для ст. Волхово $+ 0,51 \text{ с.} < 0,28 + 0,39 = 0,67 \text{ с.}$, а для Новгорода $+ 0,45 \text{ с.} < 0,21 \text{ с.} + 0,39 \text{ с.} = 0,60 \text{ с.}$); надо предположить, что при суммировании подпоров несколько уменьшаются и подпор от плотины и зимний подъем от ледяного покрова; вероятно это уменьшение происходит пропорционально величинам обоих составляющих. Поэтому арифметические соотношения данных, в таблицах, по которым суммарное повышение на зиму уровня (гр. 19) равно летнему подпору (гр. 12) + подъем подпертого уровня на зиму (гр. 16): в средних величинах для Новгорода $+ 0,45 = + 0,21 + 0,24 \text{ с.}$ и для ст. Волхово: $+ 0,51 \text{ с.} = + 0,28 + 0,23 \text{ с.}$; или что это же суммарное повышение (гр. 19) равно естественному зимнему подъему уровня (гр. 14) + зимний подпор (гр. 9), или в средних величинах: Новгород — $+ 0,45 \text{ с.} = 0,39 + 0,07 \text{ с.}$ и ст. Волхово: $+ 0,51 \text{ с.} = 0,39 + 0,13 \text{ с.}$ ¹⁾: эти соотношения представляются лишь арифметическими схемами явления, не отвечающими в своей структуре указанному ходу явления по существу.

2. Таким образом, зимой, на подпертой реке, бытовой зимний подъем уровня (гр. 14) и подпор от плотины (гр. 12) взаимно уравниваются, компенсируются и в результате уменьшаются против своей суммы (от гр. 18 к гр. 19); это уменьшение (гр. 20;

¹⁾ С точностью до 0,01 саж., представляющей вообще размер точности приведенных в таблицах данных.

также гр. 12 — гр. 9; гр. 14 — гр. 16) для Волхова определяется в размере: для Новгорода — 0,14 саж. — 0,15 саж., с пределами 0,06 — 0,21 с.; и для ст. Волхово — 0,15 — 0,16 саж. с пределами 0,06 — 0,20 с.; то есть имеет устойчивую величину, почти одну и ту же — для всей верхней части реки. В процентах это уменьшение оценивается тем, что действительное суммарное повышение зимнего уровня при подпоре составляет 75% суммы зимнего подъема и летнего подпора уровня (гр. 19 и 20); а также тем, что указанное уменьшение 0,14 — 0,16 с. составляет для верхней части Волхова 30—32% от суммарно наблюденного зимнего повышения уровня реки (гр. 19, — зимний подпертый уровень над летним бытовым). Из этих 0,14 — 0,16 с. уменьшения подъема и подпора надо предположить, что пропорционально, при суммовании, летний подпор от плотины (0,21 и 0,28 с.) теряет 0,05 и 0,07 саж., и зимний бытовой подъем уровня (0,39 с.) уменьшается на 0,09 саж., и именно таким образом теоретическое суммарное полное зимнее повышение уровня подпертого Волхова (гр. 18) 0,60 с. и 0,67 с. переходит в действительно наблюденное общее зимнее повышение уровня 0,45 с. и 0,51 с. (гр. 19).

3. В природе верхней части Волхова от истока до ст. Волхово (78 вер.) и вероятно до Сольцов (129 вер.) естественный подъем уровня реки на зиму, при вступлении ее под ледяной покров, при средних зимних расходах, определился средней величиной $+ 0,39$ с. = $= 0,83$ м. как у Новгорода, так и у ст. Волхово, с подтверждением по зимней кривой расхода сравнительно с летней: см. гр. 14 и 15 обеих таблиц; при этом пределы этого подъема за зиму 1926—27 г. невелики: от $+ 0,30$ до $+ 0,46$ с., а по кривым расхода от $+ 0,30$ до $+ 0,48$ с.

4. Если, по п. 3, средний подъем на зиму уровня Волхова наблюдался до устройства плотины $+ 0,39$ с., то при наличии плотины он уменьшился до средних $+ 0,23$ с. и $+ 0,24$ с., с несколько большими пределами для них $+ 0,13$ — $+ 0,39$ с.; отношение этого подпертого подъема к зимнему подъему при свободной реке, повидимому, для Волхова при его плотине устойчиво и составляет 0,59 — 0,61 или кругло 0,60, то есть 60% (от 32 до 87): см. гр. 14, 15, 16 и 17 в обеих таблицах.

5. Если считать известными летний подпор на реке (гр. 12), и упомянутый в п. 3 естественный подъем уровня на зиму (гр. 14), то для условий Волхова и его плотины, в верхней половине реки

полное повышение зимнего уровня над естественным неподпертым летним составляет достаточно устойчиво 74—77%, средне 75% от суммы указанных подъемов, как в Новгороде, так и по ст. Волхово: см. гр. 18, 19 и 21 в обеих таблицах; пределы соотношения от 65% до 92%; предполагаю, что для Волхова и его плотины это соотношение сохранится, в общем, для разных расходов воды в реке; для других рек и другой плотины оно изменится.

6. Кроме указанных в п.п. 2, 3, 4 и 5—других более или менее твердых соотношений и величин зимняя природа подпертого Волхова не обнаружила.

7. Летний подпор от плотины (в пределах исследованных расходов) на Волхове составляет средне +0,21 с. у Новгорода (+0,17 — +0,24 с.) и +0,28 с. у ст. Волхово (+0,22 — +0,31 с.) над летним естественным, бытовым, неподпертым уровнем реки; а естественный зимний подъем уровня от ледяного покрова — +0,39 с. над тем же бытовым уровнем (см. п. 2 и гр. 14 и 15 и гр. 24). Отсюда следует, что в сравнении с зимним периодом, подпорное и затопительное летнее действие Волховской плотины уступает и часто не имеет значения перед естественным зимним бытовым подъемом уровня в реке (гр. 24); поэтому в ожидаемом подъеме грунтовых вод вдоль русла реки подпор плотины Волхова собственно должен считаться ответственным лишь на половине протяжения года: ведь соотношение летнего подпора плотины к зимнему бытовому подъему уровня составляет в среднем $0,21:0,39$ для Новгорода = 0,54 и $0,28:0,39$ для Волхова = 0,72.

8. Зимние подтопления и затопления *по вине подпора Волховской плотины весьма малы*, что следует из: а) небольшой абсолютной величины зимних подпоров от плотины (над зимними бытовыми уровнями, гр.гр. 5, 6, 7, 8 и 9): в Новгороде среднее +0,07 с. с пределами от 0 до +0,18 с.; на ст. Волхово — +0,13 с. с пределами +0,03 до +0,25 с.;

б) из соотношения этих зимних подпоров к летним подпорам от плотины (гр. 9 и гр. 12, гр. 13): 32% в Новгороде (от 11 до 75) и 45% на ст. Волхово (от 14 до 76);

в) главное—из их отношения к естественному бытовому подъему уровня воды на зимний период: гр. 9 и 14: в среднем $+0,07:0,39$ с. = 0,18 = 18% у Новгорода и $0,13:0,39$ = 0,33 = 33% у ст. Волхово:

г) по отношению к зимнему подъему уровня при подпертом режиме Волхова, чистый зимний подпор также всегда меньше его: гр. 9 и 16; в среднем $0,07:0,24$, что составляет 29% у Новгорода и $0,13:0,23$ или 56% у ст. Волхово;

д) наконец, в отношении к общему зимнему повышению уровня на Волхове (от подпора + от ледяного покрова)—зимний подпор плотины дает также очень малые отношения: гр. 9 к гр. 19 и 7-е примечание к таблицам: 16% для Новгорода и 25,5% для ст. Волхово.

Таким образом, зимой подпорное влияние Волховской плотины очень значительно ослабевает, доходя у Новгорода и до нуля.

9. Для прохода известной величины расхода воды по своему замерзшему руслу река зимой создает бытовой подпор (подъем)—гр. 14 и 15; с той же целью при наличии плотины создается подпор от плотины гр. 12 летом и гр. 9—зимой; при таких подъемах и подпорах пропускная способность русла реки отвечает данному расходу в данное время. Из рассмотрения влияния зимнего подпора от плотины: гр. 8 и гр. 9—в течение зимы видно, что эти подпоры иногда выклиниваются до малых величин у ст. Волхово и до нуля у Новгорода; то есть, подпор плотины зимой хватает иногда лишь до середины плеса ст. Волхово—Новгород, а выше ее, несмотря на наличие плотины, уровень остается естественный: бытовой зимний подъем воды один достаточен для проведения того или иного расхода по покрытому льдом руслу этой части реки; но это положение имеет обратное значение: Гидростанция должна в таких случаях довольствоваться бытовыми расходами воды из озера Ильмень, а в случае форсировки, усиления этого расхода для надобностей станции (при суточном регулировании) верхний неподпертый зимой или мало подпертый участок Волхова не пропустит требуемого усиленного расхода: из приводимых таблиц нащупывается возможность такого положения гидростанции даже для средних расходов Волхова зимой: 25—40 куб. саж./сек.

Вообще приведенные в п.п. 8-б, 8-в, 8-г и 8-д соотношения зимнего от плотины подпора к бытовым зимним подъемам оценивают и зимнюю пропускную способность русла реки в отношении пропуска требуемых гидростанцией расходов при данной высоте ее плотины.

10. В общем, наличность зимнего бытового подъема уровня (гр. 14, 15, 16) и его величины, и превышения общим зимним

повышением уровня (гр. 19) в $1\frac{1}{2}$ —2 раза летнего подпора реки (см. гр. 23) заставляют на примере Волхова отметить, что даже для незажорного плеса реки (Новгород—ст. Волхово) зимние повышения уровней могут быть более существенны и более эффективны, чем летний хвостовой подпор плотины, так что и в смысле затоплений, строения, стоящие у уреза воды, могут зимой страдать не менее, чем летом, хотя, конечно, менее чем в весеннюю полую воду.

Сделанные заключения и выводы можно будет еще обобщить, когда к опыту зимы 1926—27 г. на Волхове прибавится опыт следующих зим. Чтобы проверить иным подходом полученные соотношения, я привожу еще следующий расчет для Новгорода, вводя аналоги не только 1923—26 г.г., но и всего периода 1881—1927 г.г. и принимая полную работу станции без перелива воды через гребень плотины (тогда как вышеизложенное относится до неполной работы станции, с переливами через плотину зимой 1926—27 г.).

Средний секунднй расход Волхова за зимний период от окончательного замерзания до начала весеннего подъема уровня воды для периода 1881—1924 г. составляет в Гостинополе 30,6 куб. саж./сек.

Для Новгорода его можно принять соответственно 30 куб. саж./сек.

При этом расходе отметки уровня Волхова у Новгорода наблюдались следующие:

23—31 марта 1881 г. . . .	8,11 с.
19—24 марта 1884 г. . . .	8,07 »
6—8 января 1886 г. . . .	8,22 »
17—18 декабря 1886 г. . . .	8,15 »
5—6 марта 1888 г. . . .	8,17 »
22 февраля 1925 г. . . .	8,17 »

Итого в среднем . . 8,15 с. с пределами
8,07—8,22 с.

Можно принять по повторному случаю — 8,17 с. Разницы 8,07—8,22 вероятно объяснить возможностью зажорных явлений и у Новгорода.

На тот же расход и нулевую приточность летний уровень у Новгорода определится:

По аналогу 1925—ix/13 при расходе:

у Новгорода и Гостинополя ок. 33 куб. саж./сек. . . . 7,91 с.
откуда на расход 30 куб. саж./сек. вероятно 7,88 » ¹⁾

По устойчивым аналогам 1924 г.:

x/2 расход у Новгорода—28, Гостинополя—33, уровень—7,88
x/4 » » » —27, » —31, » —7,86
x/6 » » » —24, » —30 » —7,81
откуда на расход 30 и 30 вероятен у Новгорода уровень—7,88 ¹⁾

Летний подпорный уровень у Новгорода можно принять из аналога 15 октября 1926 г., с расходом 28 куб. саж./сек. вверху и 29 куб. саж./сек. внизу, давшего наблюдаемую отметку в Новгороде 8,12 с.; откуда на 30 куб. саж./сек. надо предположить 8,14 с., но при этом уровень на плотине был 7,77; кривая подпора, вычисленная для 30 куб. с./сек. по параметрам из наблюдаемых кривых подпора от той же отметки плотины 7,77 с.,—дает для Новгорода +8,15 с., а для исчисления аналогично от гребня плотины (7,39 с.), при полном пропуске расходе 30 куб. с./сек. через станцию,—дает для Новгорода =7,98 с.: можно допустить +8,00 с., имея в виду, что расчет кривых сделан по уровням на 27 и 31; 28 и 29 куб. саж./сек. расхода, а не для мгновенного уровня расхода 30 и 30 точно.

Наконец, для зимнего подпорного уровня соответственно принять из таблицы II для дня 16-е февраля 1927 г. с расходом 28 и 30 куб. саж./сек. (начало падения уровня) наблюдаемую отметку у Новгорода 8,21 с., с исправлением ее на 30 куб. саж./сек. до 8,23 с.

Таким образом, получаются уровни у Новгорода при расходе 30 куб. саж./сек. вверху и внизу реки, и нулевом переливе через плотину:

при бытовом летнем режиме	7,88 с.	
» » зимнем »	8,17 »	
» подпертом летнем »	8,00 »	(и работе станц. на весь расход)
» » зимнем »	8,23 »	

¹⁾ Приблизительно, при небольших интерполяциях, на 0,01 с. изменения уровня у Новгорода можно принимать изменение расхода в 1 куб. саж./сек.

Тогда, при полной работе станции и 30 куб. саж./сек. расходе, в Новгороде:

летний подпор составляет	+0,12 с.
зимний естественный подъем уровня.	+0,29 » 1)
» подпор дает	+0,06 »
» подъем подпертого уровня.	+0,23 »
суммарное теоретическое повышение уровня на зиму (наибольше)	+0,12 +0,29 = 0,41 »
и действит. зимнее повышение	8,23 — 7,88 = 0,35 »

Выведенные выше из таблиц соотношения элементов зимнего уровня несколько здесь видоизменяются, по весу порядок отношения величин остается тот же; соотношение зимнего и летнего подпора вместо 33%, составляет 50%; зимнего подъема уровня естественного и подпертого $0,23 : 0,29 = 80\%$ вместо 60%; и общее зимнее действительное повышение уровня составляет от максимального не 75%, а более:—85%, и превосходит летний подпор не в 1,5—2 раза, а даже в 3 раза.

В общем, из данных таблиц и выводов из них и приведенной проверки расчета, можно предположить, что зимний подпор от плотины достигающий Новгорода составляет от одной трети до половины летнего подпора от плотины.

Если применить этот вывод и ср. коэффициент табл. I гр. 13 к зимнему подпору у ст. Волхово, для полной работы станции, и за тот же средний зимний расход 30 куб. саж./сек., то подпор для лета составляет +0,16 с., а поэтому для зимы составит у ст. Волхово $\frac{1}{2} \times 0,16 = +0,08$ саж. и на Большой пойме Волхова соответственно +0,10 саж.

Наконец, могу отметить еще данную о зимнем подеме уровня, приведенную для Гостинополья (в нижнем части Волхова, выше плотины) в выпуске VI «Материалов исследования р. Волхова» — инж. В. Н. Вальмана (стр. 115): а именно, что стояние уровня Волхова у Гостинополья дает повышение с ноября по январь на +0,22 с. = 0,47 м., не сопровождаясь увеличением его расхода: для верхней части реки, как выше указано, это повышение дало +0,39 с. и +0,29 саж. 2).

1) Почти в пределах 0,30—0,50 с. этой же величины по таблицам I и II, где +0,30 встречается 5 раз (гр. 14 и 15).

2) См. также вып. XVIII Матер. по иссл. р. Волхова: стр. 187 и 188, п.п. 106 и 107, и стр. 203, п. 170—в моем „Своде гидрофизических данных по р. Волхову и т. д.“.

Заканчивая этим изложение материала по зимним повышениям уровня Волхова, как подпертой реки, я имею в виду про дальнейшие данные (зима 1927—28 г.), если они представят новые выводы и величины,—сообщить в Известиях Госуд. Гидрологического Института.

Инженер *Вс. Родевич.*

24-го декабря 1927 г.

Исследование подпора Волховской плотины у ст. Волхово в зимнее время.

1 ДАТА	2 Расход воды в куб. саж. в сек.		3 Уплотины	4 Уровень воды у плотины зимний наблюдаемый.	5 Уровень воды у ст. Волхово зимний:		7 Тоже по кривой зимних расх. до действ. плотины.	8 Зимний подпор у ст. Волхово (относительный).		10 Уровень у ст. Волхово летний:	
	У Новгорода.	У плотины.			Наблюдаемый подпертый.	Естественный не-подпертый по аналогам расхода воды.		«5»—«6».	«5»—«7».	Естественный без подпора, на расх. «2» и «3».	Подпертый, на расходы 2 и 3 и сообр. «4».
1926.											
xii/1	65,6	70,4	8,01	8,58	8,35	8,84	—	—	8,25	8,53	(Начало замерзания).
xii/4	60	61	7,96	8,46	8,28	8,66	—	—	8,14	8,43	(Замерзание).
xii/16	41	42	7,78	8,53	8,32	8,28	+ 0,21	+ 0,25	7,83	8,14	
xii/22	40	41	7,73	8,47	8,31	8,25	+ 0,16	+ 0,22	7,81	8,10	
xii/29	42	42	7,73	8,40	8,32	8,28	+ 0,08	+ 0,12	7,84	8,13	
1927.											
i/5	39	41	7,69	8,34	8,30	8,25	+ 0,04	+ 0,09	7,79	8,08	
i/12	37	38	7,68	8,27	8,23	8,18	+ 0,04	+ 0,09	7,76	8,04	
i/19	35	37	7,64	8,20	8,14	8,16	+ 0,06	+ 0,04	7,73	8,00	
i/26	32	32	7,64	8,15	7,99	8,04	+ 0,16	+ 0,12	7,67	7,96	
ii/2	30	31	7,64	8,12	7,98	8,02	+ 0,14	+ 0,10	7,64	7,94	
ii/9	30	30	7,60	8,09	7,98	8,00	+ 0,11	+ 0,09	7,64	7,92	
ii/16	28	30	7,58	8,01	7,95	8,00	+ 0,06	+ 0,01	7,60	7,88	
ii/23	25	25	7,54	7,95	7,84	7,88	+ 0,11	+ 0,07	7,54	7,82	
iii/2	24	24	7,52	7,93	7,82	7,77	+ 0,11	+ 0,16	7,52	7,80	
iii/9	25	25	7,49	7,95	7,84	7,88	+ 0,11	+ 0,07	7,54	7,80	
iii/16	26	34	7,56	8,10	7,86	8,09	+ 0,24	+ 0,01	7,56	7,86	
iii/23	32	37	7,63	8,22	8,09	8,16	+ 0,13	+ 0,06	7,67	7,95	
iii/30	44	48	7,63	8,37	8,34	8,40	+ 0,03	—	7,88	8,10	
iv/7	44	47	7,69	8,49	8,36	8,38	+ 0,13	+ 0,11	7,88	8,13	(Начало вскрытия).
iv/17	63	116	8,18	8,94	8,30	—	—	—	—	—	(Вверху чисто, внизу вскрытие).
Средн. велич. . . .	—	—	7,65	—	—	—	—	+ 0,13	—	—	

12 Летний подпор у ст. Волхово от плотины «11»—«10».	13 Соотношение зимн. и летн. подпоров «8» или «9»: «12».	14 Естеств. подъем зимн. уровня над летним от ледян. покрова.	15 По разности зимней и летн. кривых расхода.	16 Тот же подъем при первом плотины режиме «5»—«11».	17 Соотношение зимних подъемов ур. при и без подпора «16»: «14».	18 Полный теоретический подъем зимнего подпора от уровня над летним «12»+«14».	19 Тот же подъем действительно наблюдаемый «5»—«10».	20 Соотн. полн. зимних подъемов и подпоров ур. воды 18 и 19.	21 «19»: «18».	22 Отнош. зимн. подпора к зимн. ест. подъему ур. «8» и «9»: «14».	23 Отн. полн. зимн. подсема и подпора к летн. подпору «19»: «12».	24 Разность зимнего подсема и летнего подсема «14—12».
+ 0,28	—	—	—	(+ 0,08)	—	—	(+ 0,33)	—	—	—	—	—
+ 0,29	—	+ 0,52	+ 0,50	(+ 0,03)	—	+ 0,81	(+ 0,32)	(- 0,49)	—	—	—	0,23
+ 0,31	81	+ 0,45	+ 0,42	+ 0,39	87	+ 0,76	+ 0,70	- 0,06	92	56	2,26	0,14
+ 0,29	76	+ 0,44	+ 0,42	+ 0,37	84	+ 0,73	+ 0,66	- 0,07	90	50	2,28	0,15
+ 0,29	41	+ 0,44	+ 0,42	+ 0,27	61	+ 0,73	+ 0,56	- 0,17	77	27	1,93	0,15
+ 0,29	31	+ 0,46	+ 0,42	+ 0,26	57	+ 0,75	+ 0,55	- 0,20	73	20	1,90	0,17
+ 0,28	32	+ 0,42	+ 0,40	+ 0,23	55	+ 0,70	+ 0,51	- 0,19	73	21	1,82	0,14
+ 0,27	22	+ 0,41	+ 0,39	+ 0,20	49	+ 0,68	+ 0,47	- 0,21	69	15	1,74	0,14
+ 0,29	55	+ 0,32	+ 0,35	+ 0,19	59	+ 0,61	+ 0,48	- 0,13	79	50	1,66	0,03
+ 0,30	47	+ 0,34	+ 0,34	+ 0,18	53	+ 0,64	+ 0,48	- 0,16	75	41	1,60	0,04
+ 0,28	39	+ 0,34	+ 0,34	+ 0,17	50	+ 0,62	+ 0,45	- 0,17	73	32	1,61	0,06
+ 0,28	21	+ 0,35	+ 0,34	+ 0,13	37	+ 0,63	+ 0,41	- 0,22	65	17	1,46	0,07
+ 0,28	39	+ 0,30	+ 0,30	+ 0,13	43	+ 0,58	+ 0,41	- 0,17	71	37	1,46	0,02
+ 0,28	39	+ 0,30	+ 0,30	+ 0,13	43	+ 0,58	+ 0,41	- 0,17	71	37	1,46	0,02
+ 0,26	42	+ 0,30	+ 0,30	+ 0,15	50	+ 0,56	+ 0,41	- 0,15	73	37	1,58	0,04
+ 0,30	80	+ 0,30	+ 0,37	+ 0,24	80	+ 0,60	+ 0,54	- 0,06	90	80	1,80	0,00
+ 0,28	46	+ 0,42	+ 0,39	+ 0,27	64	+ 0,70	+ 0,55	- 0,15	79	31	1,96	0,14
+ 0,22	14	+ 0,46	+ 0,45	+ 0,27	59	+ 0,68	+ 0,49	- 0,19	72	6	2,23	0,24
+ 0,25	52	+ 0,48	+ 0,44	+ 0,36	75	+ 0,73	+ 0,61	- 0,12	84	27	2,44	0,23
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
+ 0,28	45% (46)	+ 0,39	(+ 0,38)	+ 0,23	59%	+ 0,67	+ 0,51 (0,52)	+ 0,15 (0,16)	77% (76%)	34% (33%)	1,83 (1,82)	0,11 (0,10)

Примечания: 1) Меры в сажених; цифры в кавычках означают соответствующие графы и их величины. 2) Ряды xii/1—1926 г. и iv/17—1927 г. в подсчет средних не входят, относясь к непокрытым величинам. 3) Отметка гребня Волховской плотины 7,38 с.; в течение зимы 1926—27 г. средний перелив 4) Цифры граф „6“ и „7“ достаточно между собою сходятся, взаимно подтверждаясь; для из графы „7“; также приняты подпоры „8“ и подчеркнутые из „9“; зимние аналоги взяты по графе „10“ летние уровни взяты по дням аналогов расхода воды, послужившим для графа „11“ взяты интерполяциями кривых подпора (на 14, 30, 60 и 75 куб. саж./сек.) и сообразно 6) В виду близкой сходимости граф „14“ и „15“ взяты данные „14“, как более отражающие 7) Возможно также установить по средним значениям рассмотренных величин отношения их подъем величин: летнего подпора—„12“ : „19“ = 0,28 : 0,51 = 55%, зимнего естественного подсема поднятия зимнего подпертого уровня над летним подпертым же—„16“ : „19“ = 0,23 : 0,51 = 45%.

числа. той льдом поверхности реки; данные в скобках также в подсчет средних не входят; в „средних“ воды через нее был + 0,27 с., в пределах + 0,11 с. до + 0,40 с. расчета принята графа „6“ по аналогам, за исключением подчеркнутых (более низких) уровней мам: 1923 г.—ii/3; 1924 г.—iii; 1925 г.—ii и 1926 г.—i/iv. вычисления кривых подпора того же расхода при свободной реке, и по интерполяции их; высоте стояния уровня воды на гребне плотины: гр. „4“ (исходная точка кривых подпора). индивидуальность зимы. к полному зимнему повышению уровня при подпоре (гр. 19) всех следующих составляющих этот уровня—„14“ : „19“ = 0,39 : 0,51 = 75%, зимнего подпора—„9“ : „19“ = 0,13 : 0,51 = 25,5% и превы-

Исследование подпора Волховской плотины у Новгорода в зимнее время.

1 ДАТА	2 Расход воды в куб. саж. в сек.		3 Уровень воды у плотины зимний наблюдаемый.	4 Уровень воды у Новгорода зимний наблюдаемый подпертый.	5 Уровень воды у Новгорода зимний естественный неподпертый по аналогам расхода.	7 То же, по кривой зимних расходов до действия плотины.	8 Зимний подпор у Новгорода (относительный).		10 Уровень у Новгорода летний		11 Подпертый зимний расход «11-12».	13 Соотнош. зимних и летних подпоров «9:12».	14 Естественн. подъем зимн. ур. над летним от ледяного покрова. «7-10».	15 То же, по разности зимней и летней кривых расхода.	16 То же, по разнице зимнего и летнего подпертых плотиной уровней «5-11».	17 Соотнош. подъема ур. на зиму при подп. плот. и без него «16:14».	18 Полный теорет. подъем зимн. подпери. уровня над летн. «12+14».	19 Действ. наблюдаем. подъем зимнего ур. над летним «5-10».	20 Соотношения зимних подъемов и напорн. ур. воды «18-19».		22 Соотношен. зимн. подп. к зимн. естеств. подъему ур. «9:14».	23 Отн. общ. зимн. подъема и подпора к летн. подп. «19:12».	24 Разность зимнего подъема и летнего подпора «14-12».		
	У Новгорода.	У плотины.					«5-6».	«5-7».	Естественный без подпора на расходы «2 и 3».	«11-12».									«18-19».	«19:18».					
1926.																									
хп/1	65,4	70,4	8,01	8,76	8,66	9,19	+0,10	-	8,59	8,78	19	-	+0,60	-	-	-	+0,79	+0,17	-	-	-	-	-	-	(0,41)
(Начало замерзания).					(св. урв.)																				
хп/4	60	61	7,96	8,77	8,55	9,05	-	-	8,48	8,76	22	-	(+0,57)	(+0,59)	(+0,07)	-	(+0,79)	(+0,29)	(-0,50)	(37)	-	-	1,32	(0,35)	
(Замерзание).					(св. урв.)																				
хп/16	41	42	7,78	8,71	8,57	8,53	+0,14	+0,18	8,09	8,33	24	75	+0,44	+0,48	+0,38	86	+0,68	+0,62	+0,06	91	41	2,58	0,20		
хп/22	40	41	7,73	8,66	8,58	8,51	+0,08	+0,15	8,07	8,30	23	65	+0,44	+0,47	+0,36	32	+0,67	+0,59	-0,08	88	34	2,57	0,21		
хп/29	42	42	7,73	8,59	8,61	8,56	-	+0,03	8,11	8,33	22	14	+0,45	+0,48	+0,26	58	+0,67	+0,48	-0,19	72	7	2,18	0,23		
1927.																									
i/5	39	41	7,69	8,53	8,51	8,48	+0,02	+0,05	8,04	8,26	22	23	+0,44	+0,46	+0,27	61	+0,66	+0,49	-0,17	74	11	2,23	0,22		
i/12	37	38	7,68	8,47	8,43	8,42	+0,04	+0,05	8,00	8,22	22	23	+0,42	+0,46	+0,25	60	+0,64	+0,47	-0,17	73	12	2,14	0,20		
i/19	35	37	7,64	8,40	8,41	8,37	-	+0,03	7,96	8,17	21	14	+0,41	+0,45	+0,23	56	+0,62	+0,44	-0,18	71	7	2,10	0,20		
i/26	32	32	7,64	8,34	8,28	8,28	+0,06	+0,06	7,90	8,12	22	27	+0,38	+0,44	+0,22	58	+0,60	+0,44	-0,16	73	16	2,00	0,16		
ii/2	30	31	7,64	8,31	8,27	8,23	+0,04	+0,08	7,86	8,09	23	35	+0,37	+0,44	+0,22	59	+0,60	+0,45	-0,15	75	22	1,96	0,14		
ii/9	30	30	7,60	8,26	8,27	8,23	-	+0,03	7,86	8,07	21	14	+0,37	+0,44	+0,19	51	+0,59	+0,40	-0,18	69	8	1,90	0,16		
ii/16	28	30	7,58	8,21	8,20	8,17	+0,01	+0,04	7,82	8,04	22	18	+0,35	+0,44	+0,17	49	+0,57	+0,39	-0,18	68	11	1,77	0,13		
ii/23	25	25	7,54	8,15	8,06	8,08	+0,09	+0,07	7,76	7,98	22	32	+0,32	+0,43	+0,17	53	+0,54	+0,39	-0,15	72	22	1,77	0,10		
iii/2	24	24	7,52	8,12	8,05	8,05	+0,07	+0,07	7,75	7,95	20	35	+0,30	+0,43	+0,17	57	+0,50	+0,37	-0,13	74	23	1,85	0,10		
iii/9	25	25	7,49	8,10	8,06	8,08	+0,04	+0,02	7,76	7,95	19	11	+0,32	+0,43	+0,15	47	+0,51	+0,34	-0,17	67	6	1,79	0,13		
iii/16	26	34	7,56	8,23	8,11	8,11	+0,12	+0,12	7,78	7,96	21	57	+0,33	+0,44	+0,24	73	+0,54	+0,45	-0,09	83	36	2,14	0,12		
iii/23	32	37	7,63	8,36	8,28	8,28	-0,08	+0,08	7,90	8,12	22	36	+0,38	+0,44	+0,24	63	+0,60	+0,46	-0,14	77	21	2,09	0,16		
iii/30	44	48	7,63	8,56	8,62	8,61	-	-	8,15	8,32	17	-	+0,46	+0,48	+0,24	52	+0,63	+0,41	-0,22	67	-	2,41	0,29		
iv/7	44	47	7,69	8,59	8,62	8,61	-	-	8,15	8,34	19	-	+0,46	+0,48	+0,25	54	+0,65	+0,44	-0,21	68	-	2,32	0,27		
(Начало вскрытия).					(лед.)																				
iv/17	63	116	8,18	9,05	8,64	(9,13)	-	-	8,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
(Вскрытие, ледоход, чисто, подъем воды).					(св. урв.)																				
Средн. велич. . .	-	-	7,65	-	-	-	-	+0,07	-	-	32%	32%	+0,44	(+0,45)	+0,24	60%	+0,60	+0,45	-0,15	74%	18%	2,11	0,18		
											(33%)					(61%)		(0,46)	(0,14)	(75%)				(0,17)	

Примечания: 1) Меры в саженьях; цифры в кавычках „6“ означают соответствующие графы числа.
 2) Ряды хп/1—1926 г. и iv/17—1927 г. в подсчет средних не входят, относясь к непокрытой поверхности реки; цифры в скобках—также в средние не входят; в „средних величинах“ цифры в скобках дают соотношение по горизонтальному ряду средних, цифры без скобок—сред по вертикальным рядам.
 3) Отметка гребня Волховской плотины 7,38 с.; в течение зимы средний перелив через бень +0,27 с., с пределами от +0,11 с. до +0,58.
 4) Графы 6 и 7, 8 и 9 показывают достаточную между собою сходимостью и взаимно подтверждаются; поэтому в дальнейшем ходе таблицы принимаются за расчетные данные более плавные графы 7 и 9.
 5) Летний уровень у Новгорода до плотины принят для данных расходов в графе 10 полагам расходов, послуживших для расчета кривых подпора.
 6) Естественный зимний подъем уровня для состояния реки в ледяном покрове, по отношению к летнему ее уровню, по графам „14“ и „15“, принимается по графе „14“, как более индивидуальной для данной зимы.
 7) Возможно также установить по средним значениям рассмотренных величин отношение полного зимнему повышению уровня при подпоре (графа 19) следующих составляющих этот подъем величин: летнего подпора—„12“ : „19“ = 0,21 : 0,45 = 0,47 = 47%, зимнего естеств. подъема—„14“ : „19“ = 0,39 : 0,45 = 0,87 = 87%, зимнего подпора—„9“ : „19“ = 0,07 : 0,45 = 0,16 = 16% и превышения зимнего подпертого уровня над летним тоже подпертым—„16“ : „19“ = 0,24 : 0,45 = 0,53 = 53%.

Продольный сокращенный профиль реки ВОЛХОВА

От версты 0 до версты 214 по исследованию в 1922-23 г.
1-ой 2-ой партии и 3-го зимнего отряда.

Отдела Изысканий Волховского Строительства

МАСШТАБЫ:

вертикальный в 0.01-5,00 саж

горизонтальный в 0.01-10 верст.

Обозначения:

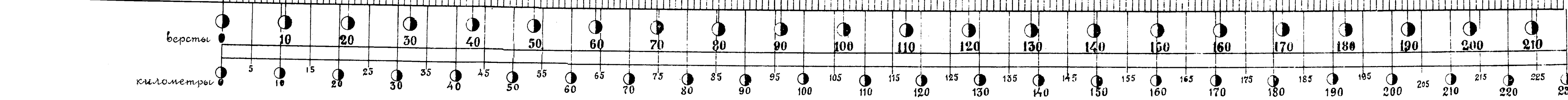
----- правый берег в 50 саж. от уреза воды.

----- левый берег в 50 саж. от уреза воды.

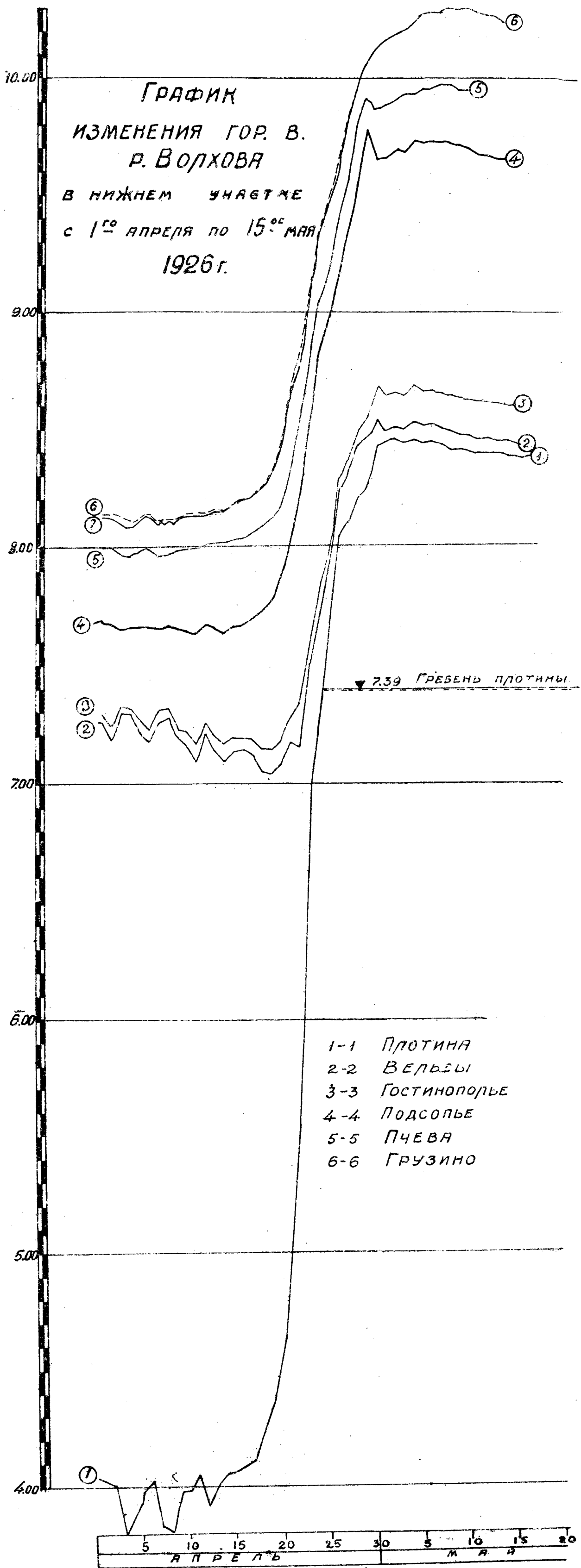
----- высокий горизонт воды.

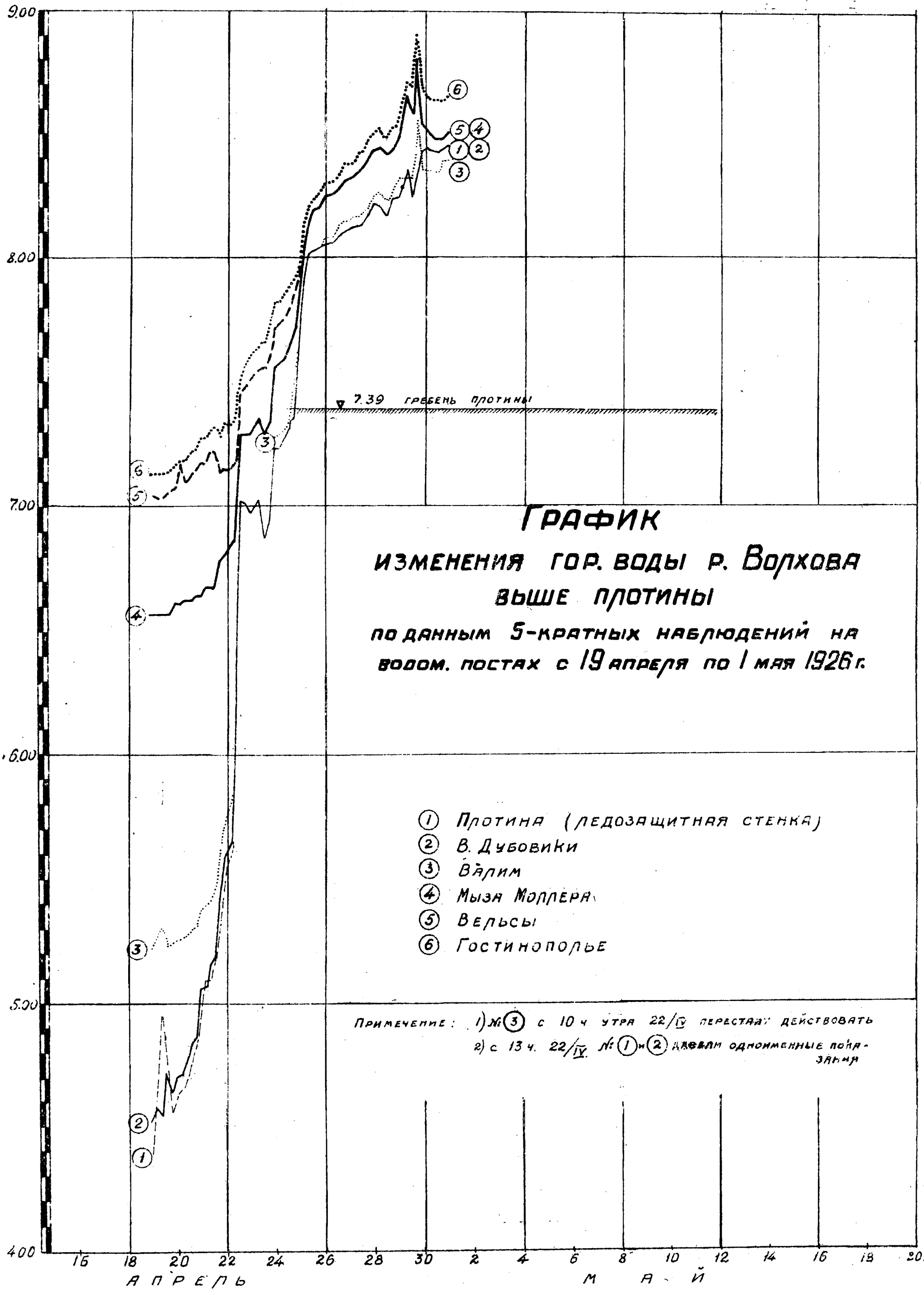
----- условный горизонт воды.

Падение на версту.	Отметки левого берега.	Отметки правого берега.	Отметки реперов.	Отметки высок. гориз. воды.	Отметки низк. гориз. воды (ср.)	Отметки условн. гориз. воды горизонта средин. Ноября 1922 г.	Отметки дна по фарватеру.
0.0015	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0016	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0017	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0018	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0019	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0020	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0021	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0022	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0023	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0024	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0025	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0026	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0027	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0028	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0029	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0030	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0031	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0032	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0033	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0034	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0035	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0036	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0037	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0038	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0039	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0040	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0041	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0042	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0043	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0044	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0045	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0046	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0047	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0048	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0049	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0050	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0051	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0052	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0053	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0054	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0055	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0056	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0057	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0058	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0059	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0060	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0061	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0062	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0063	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0064	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0065	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0066	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0067	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0068	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0069	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0070	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0071	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0072	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0073	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0074	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0075	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0076	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0077	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0078	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0079	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0080	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0081	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0082	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0083	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0084	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0085	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0086	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0087	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0088	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0089	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0090	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0091	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0092	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0093	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0094	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0095	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0096	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0097	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0098	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0099	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00
0.0100	8.20	8.50	12.204	10.82	7.73	8.164	7.00



На главном Отделе Изысканий
Инженер В. РОДЕВИЧ
На главном техн. От-нии
Инженер Г. ЛОТТЕР
Старший Инженер В. ШРЕЙБЕР



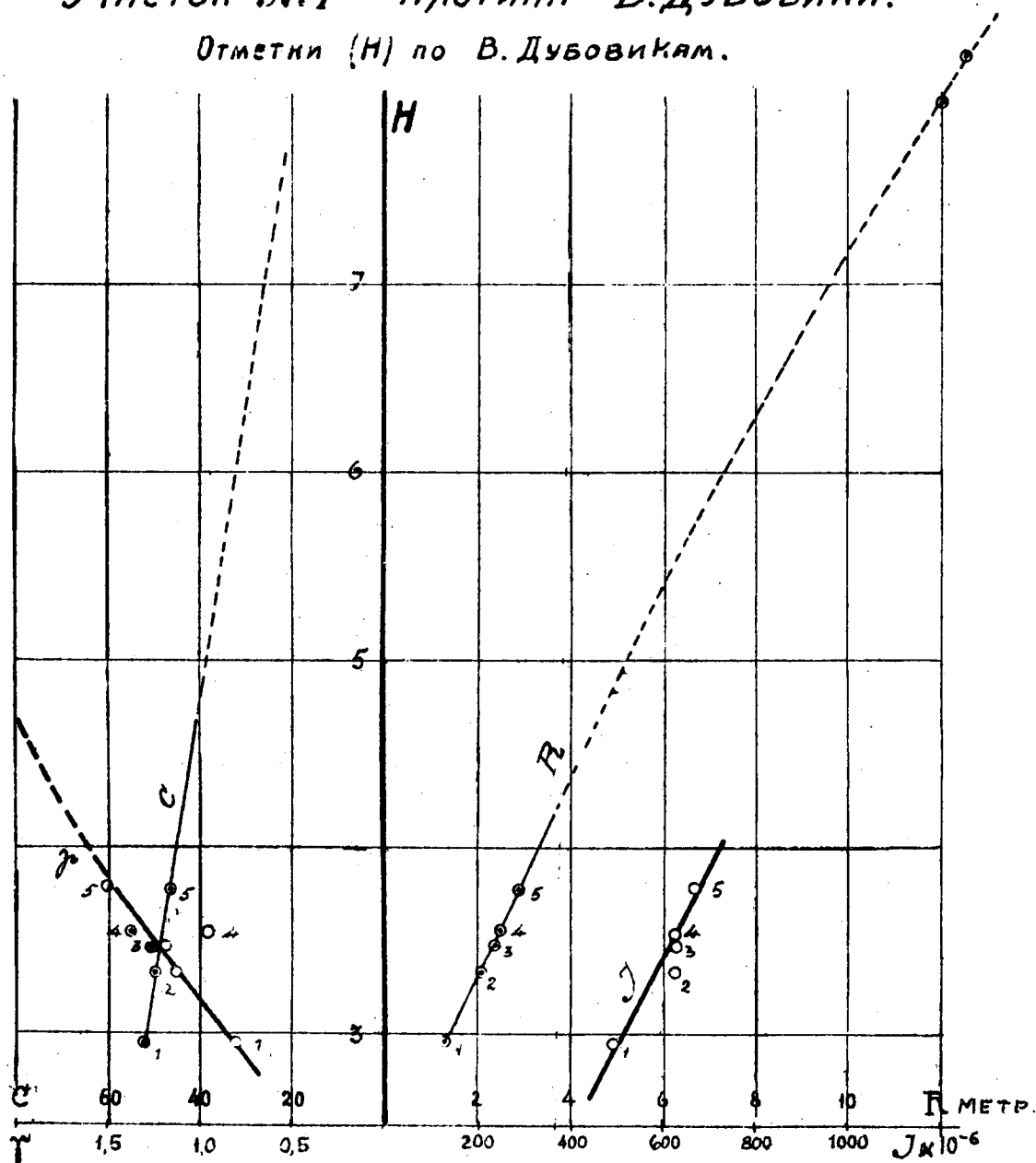


ГРАФИКИ ИЗМЕНЕНИЙ

С, γ ; R и \mathcal{J} ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ РЕКИ ВОЛХОВА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТЫ УРОВНЯ ВОДЫ

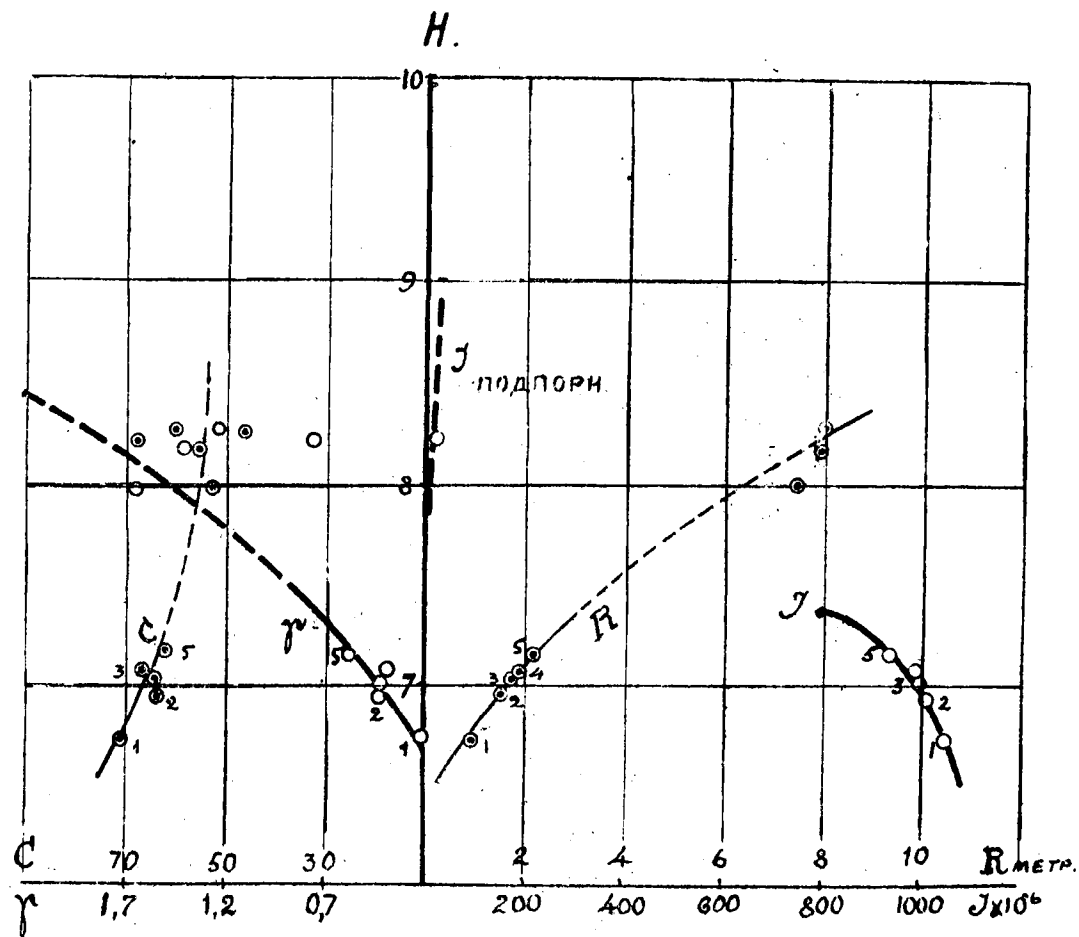
Участок №1 - Плотина - В.Дубовики.

Отметки (Н) по В.Дубовикам.



Участок №2 - В.Дубовики - Вельсы.

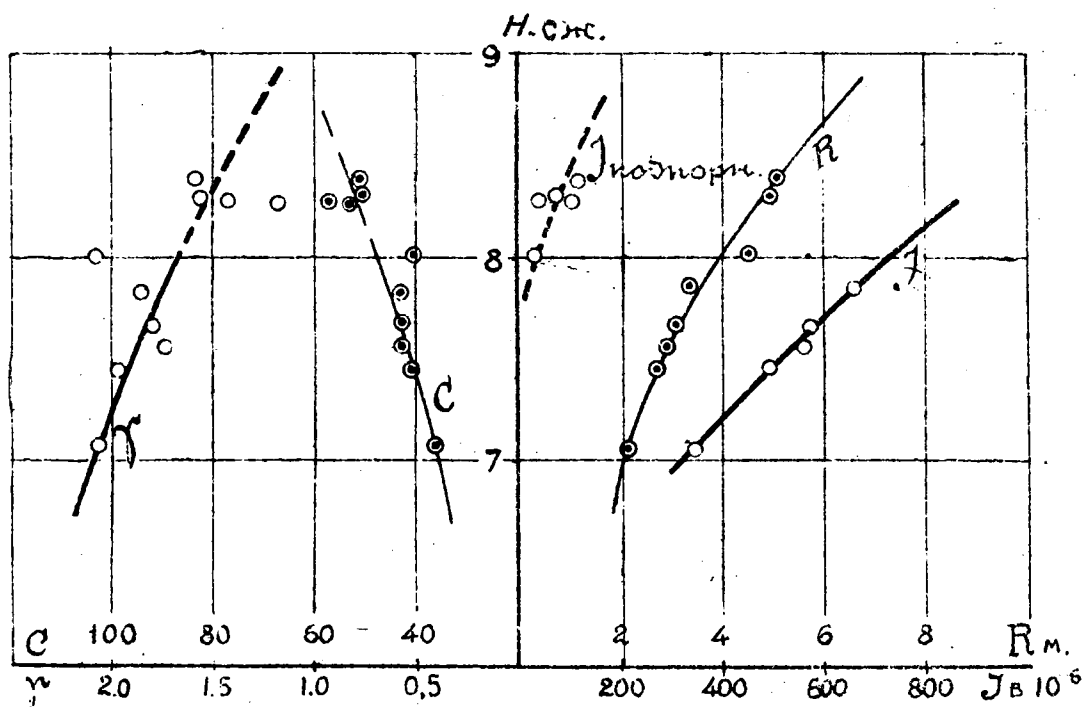
Отметки (Н) по Вельсам.



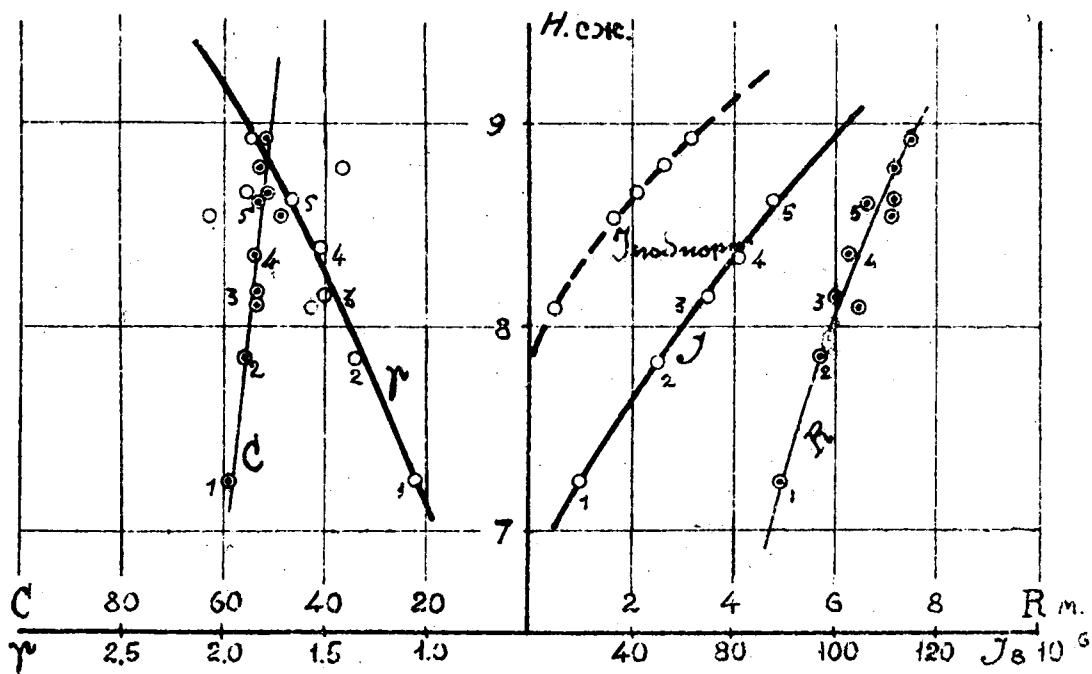
ГРАФИКИ ИЗМЕНЕНИЙ

C, γ, R и J для ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ РЕКИ ВОЛХОВА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТЫ УРОВНЯ ВОДЫ

Участок №3 Вельсы - Гостинополье
отмет. Н по Гостинополью.



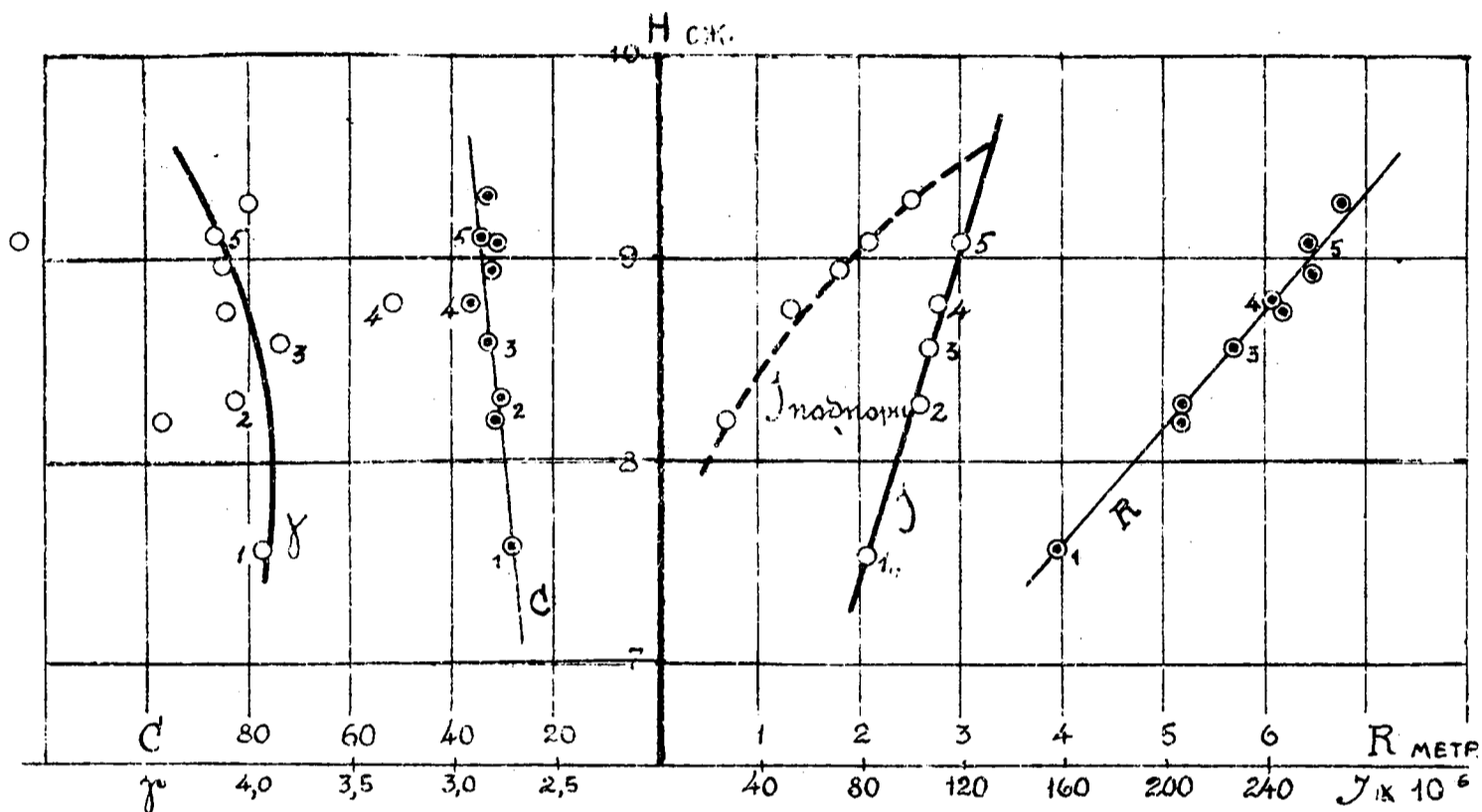
Участок №4 Гостинополье - Черенцово
Отмет. Н по Черенцову



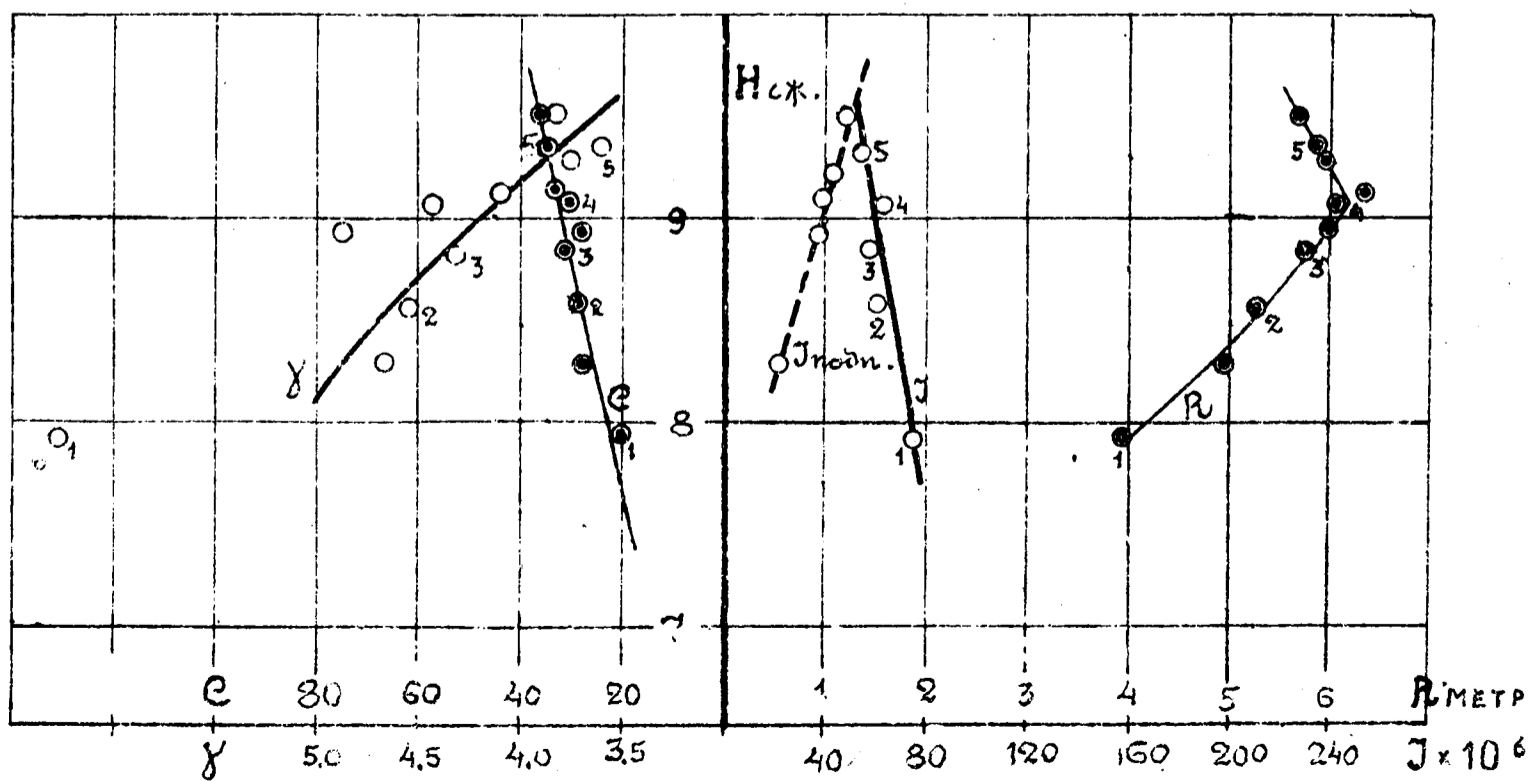
ГРАФИКИ ИЗМЕНЕНИЙ

C , γ , R и J ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ РЕКИ ВОЛХОВА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТЫ УРОВНЯ ВОДЫ

Участок №5 Черемцово-Подсонье
отметки Н относительно Подсонья.



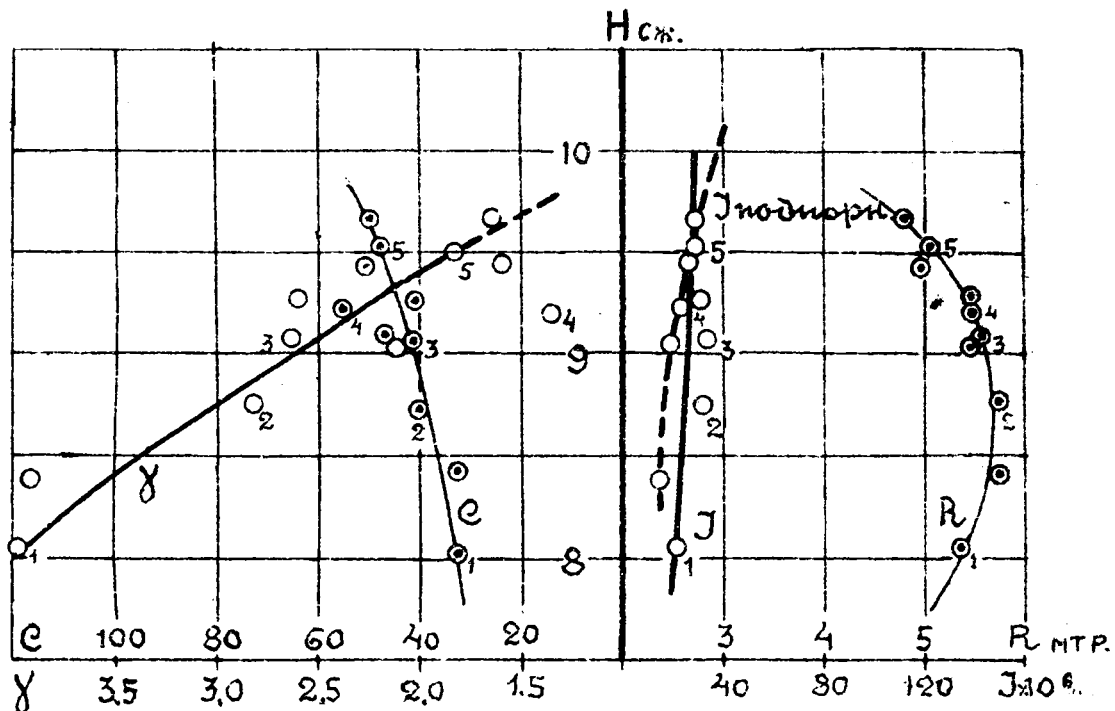
Участок №6 Подсонье-Трева
отметки по Трева (Н)



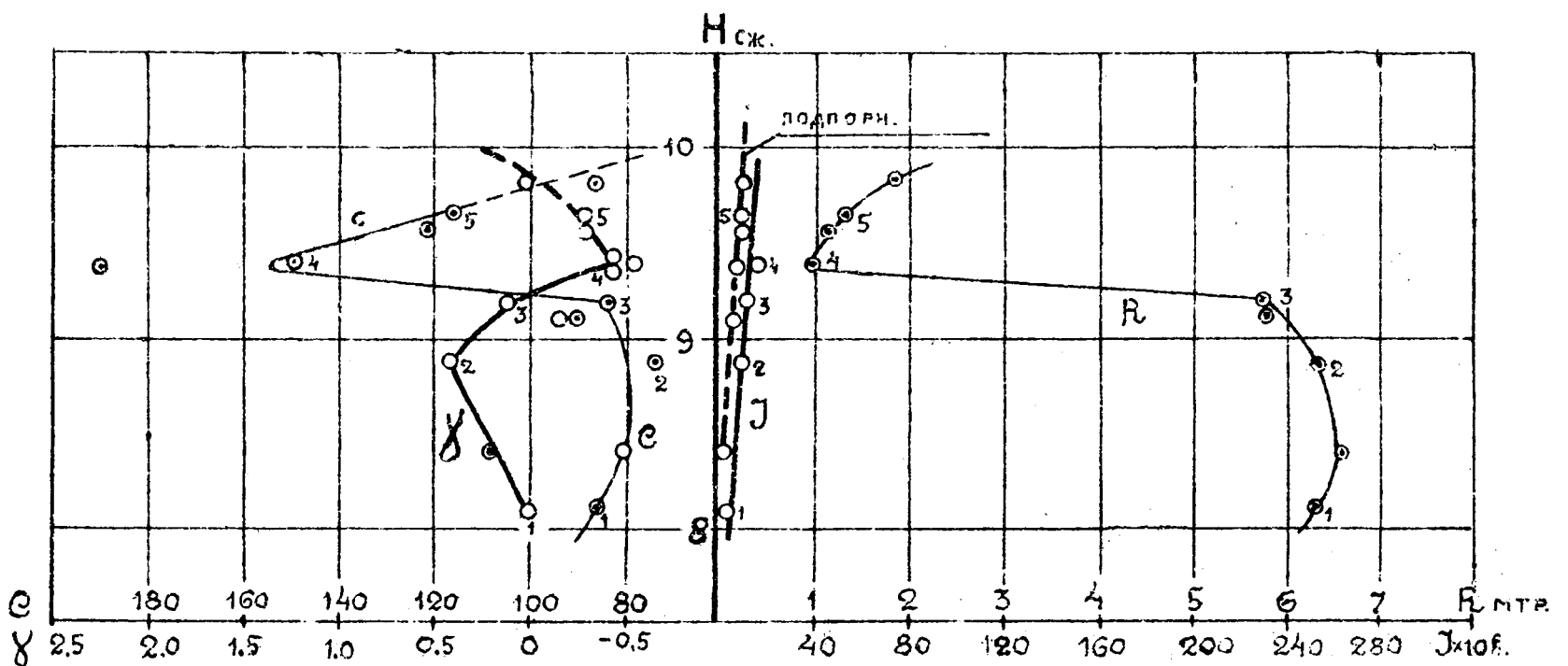
ГРАФИКИ ИЗМЕНЕНИЙ

С, γ , R и J. ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ РЕКИ ВОЛХОВА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТЫ УРОВНЯ ВОДЫ

Участок №7 Пльва-Солыца
отметки по Солыцам. (Н)



Участок №8 Солыца-Слезно
отметки по Слезно. (Н)

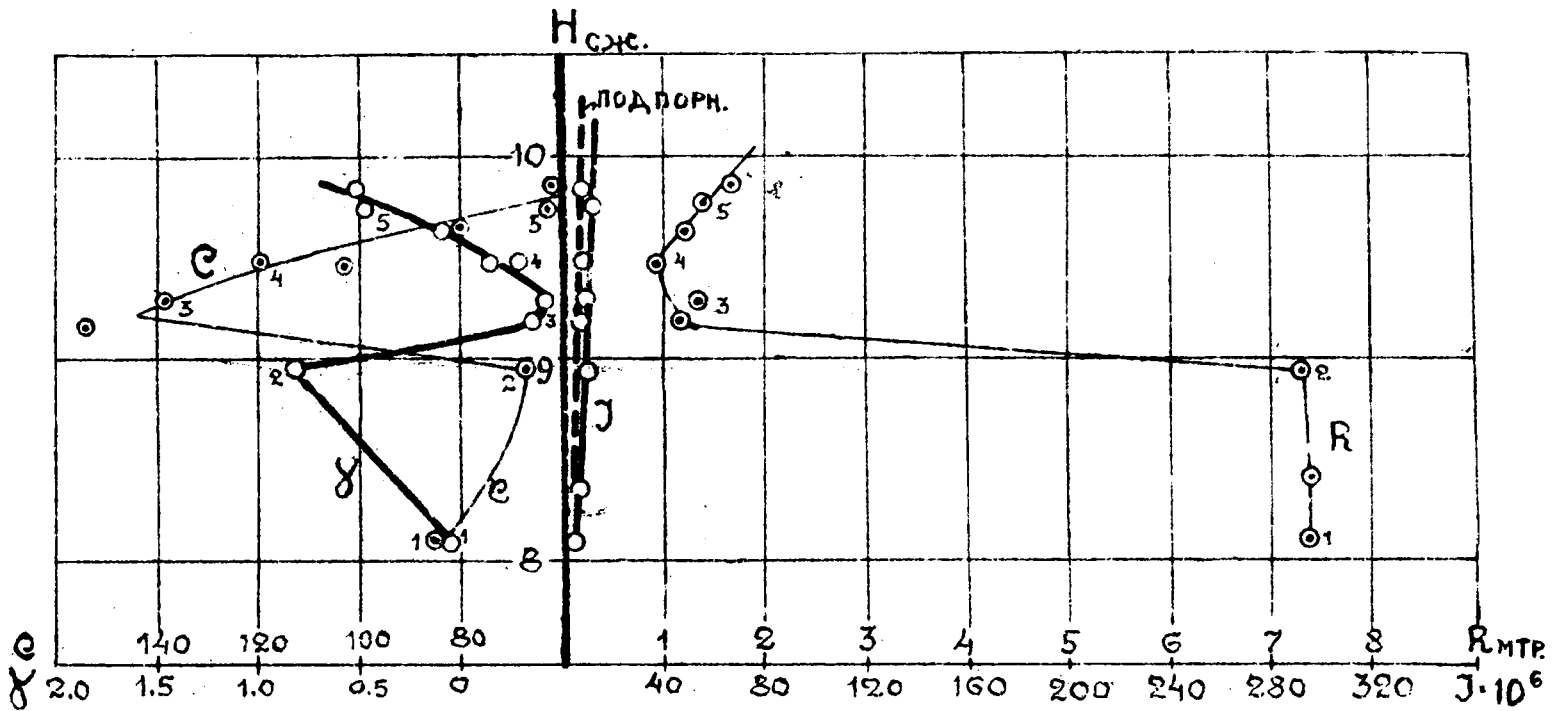


ГРАФИКИ ИЗМЕНЕНИЙ

C, γ, R и η . ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ РЕКИ ВОЛХОВА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТЫ УРОВНЯ ВОДЫ

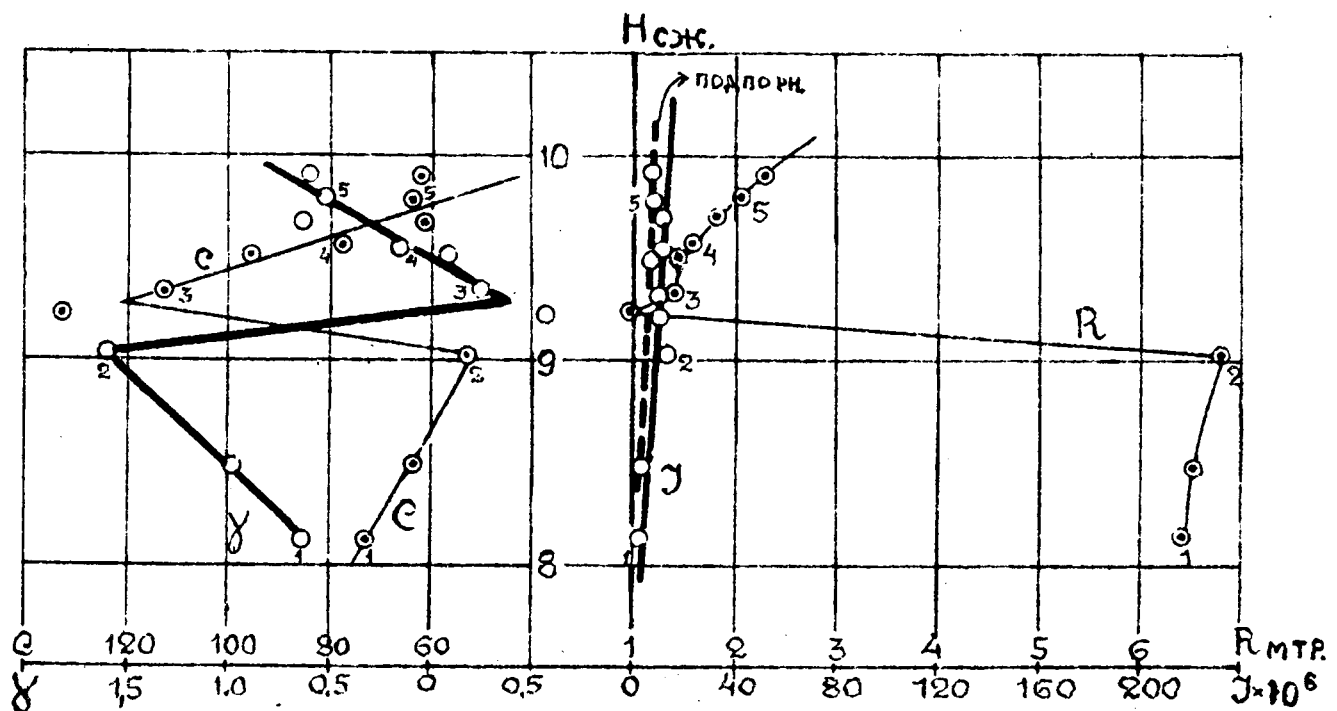
Участок №9 Слезно-Грузино (Н)

отметки по Грузино



Участок №10 Грузино-Волхово

отметки по Волхову (Н)

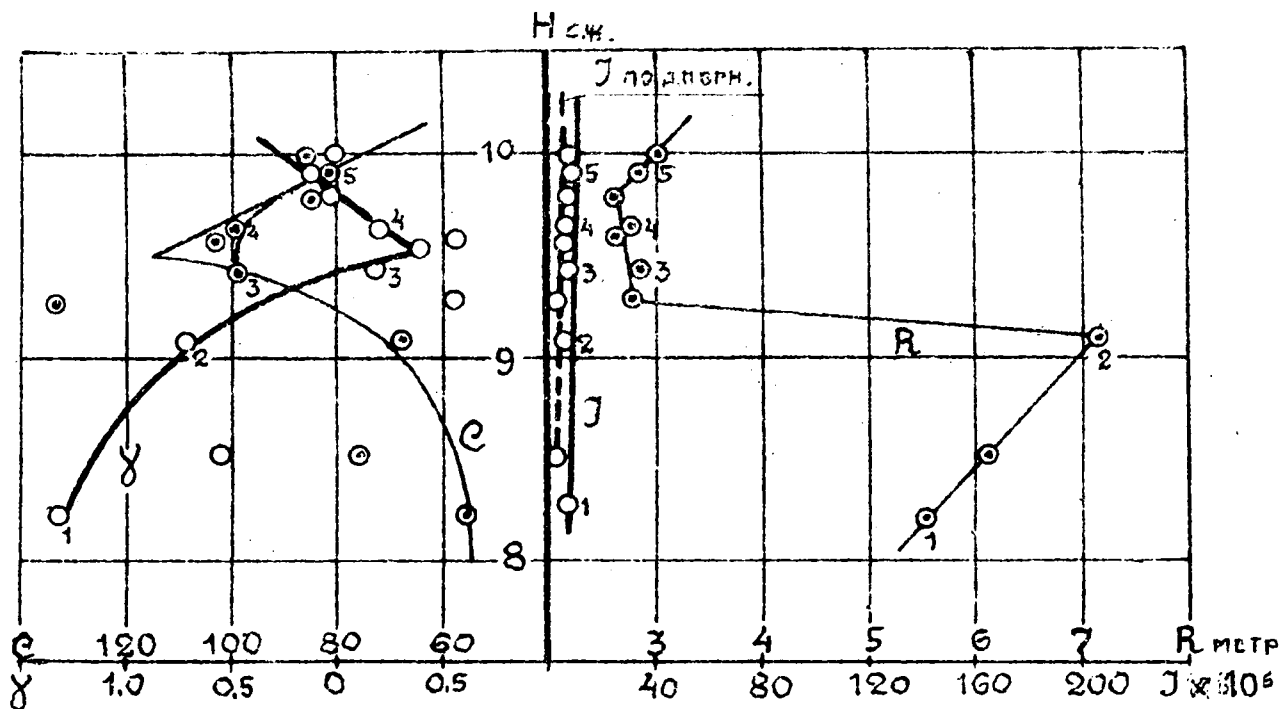


ГРАФИКИ ИЗМЕНЕНИЙ

С, γ R и \mathcal{J} . ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ РЕКИ ВОЛХОВА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТЫ УРОВНЯ ВОДЫ

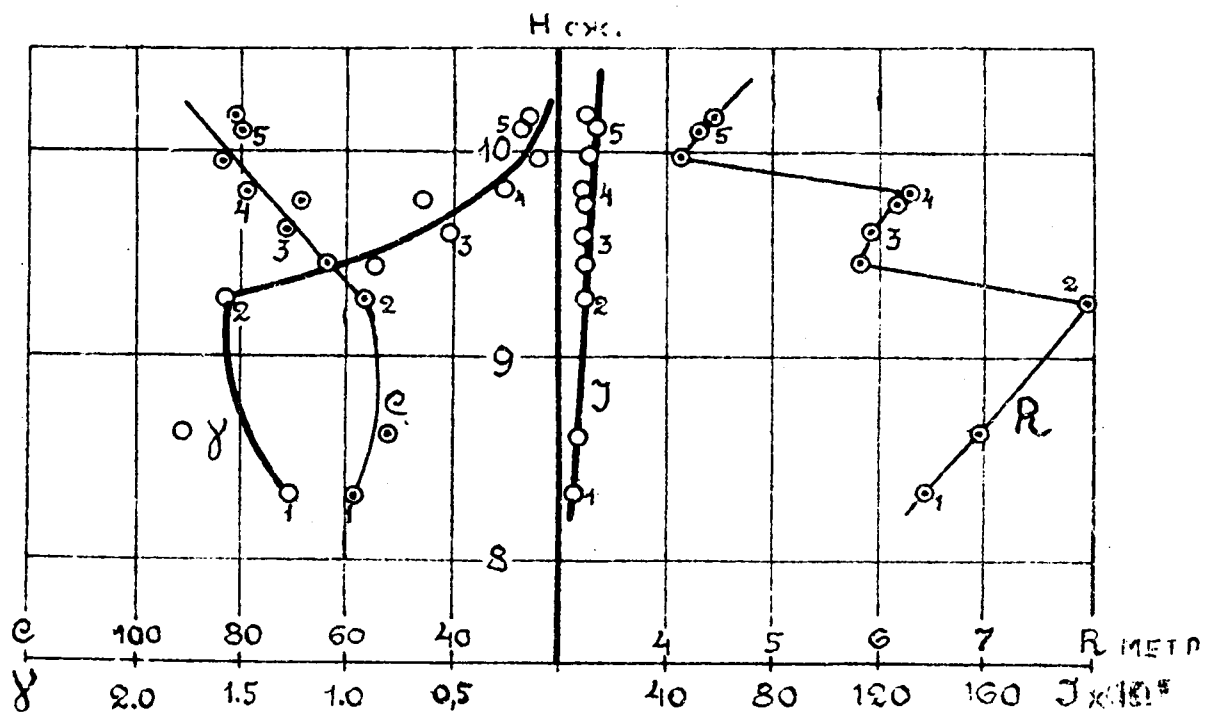
Участок №11 Волхово-Селмь-Казарма

отметки по Селмь, Казармам. (Н)



Участок №12 Селмь, Казарма-Завод

отметки по Заводу. (Н)

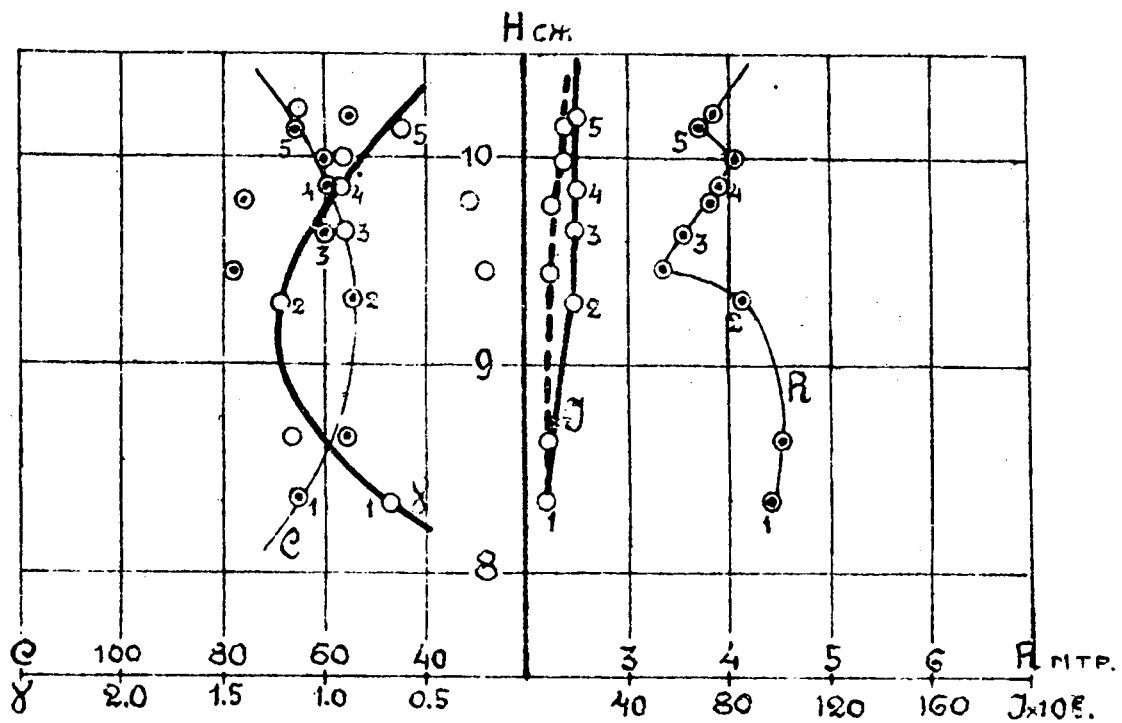


ГРАФИКИ ИЗМЕНЕНИЙ

С, γ , R и J. ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ РЕКИ ВОЛХОВА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТЫ УРОВНЯ ВОДЫ

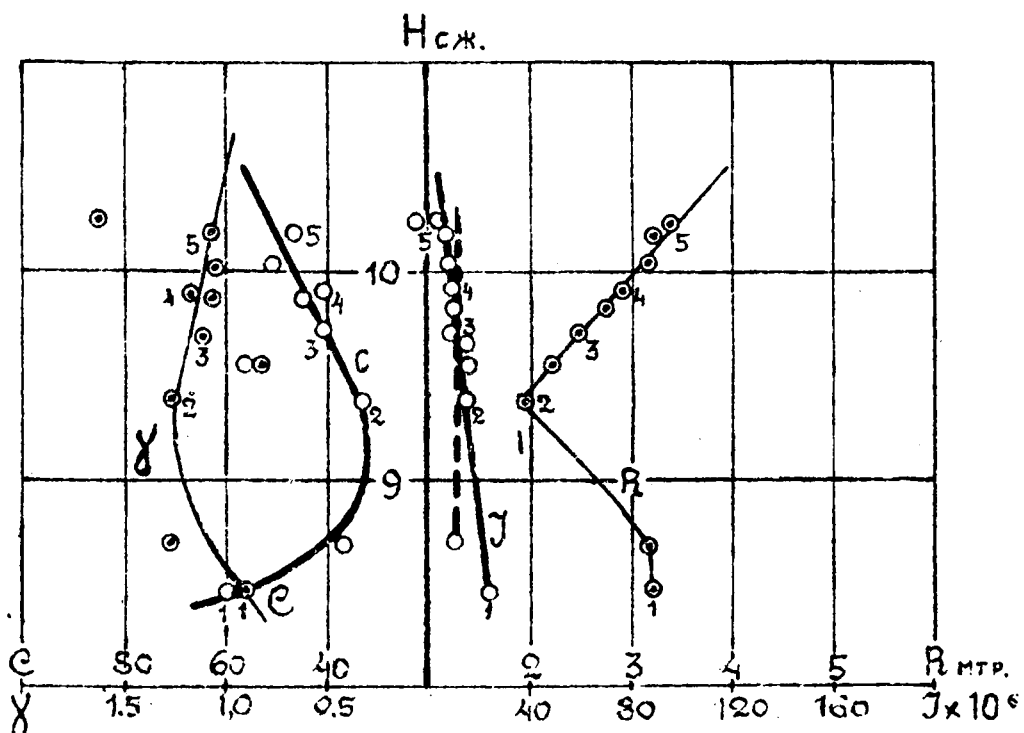
Участок №13 Завод-Хутыны

отметки по Хутыни. (Н)



Участок №14 Хутыны-Новгород

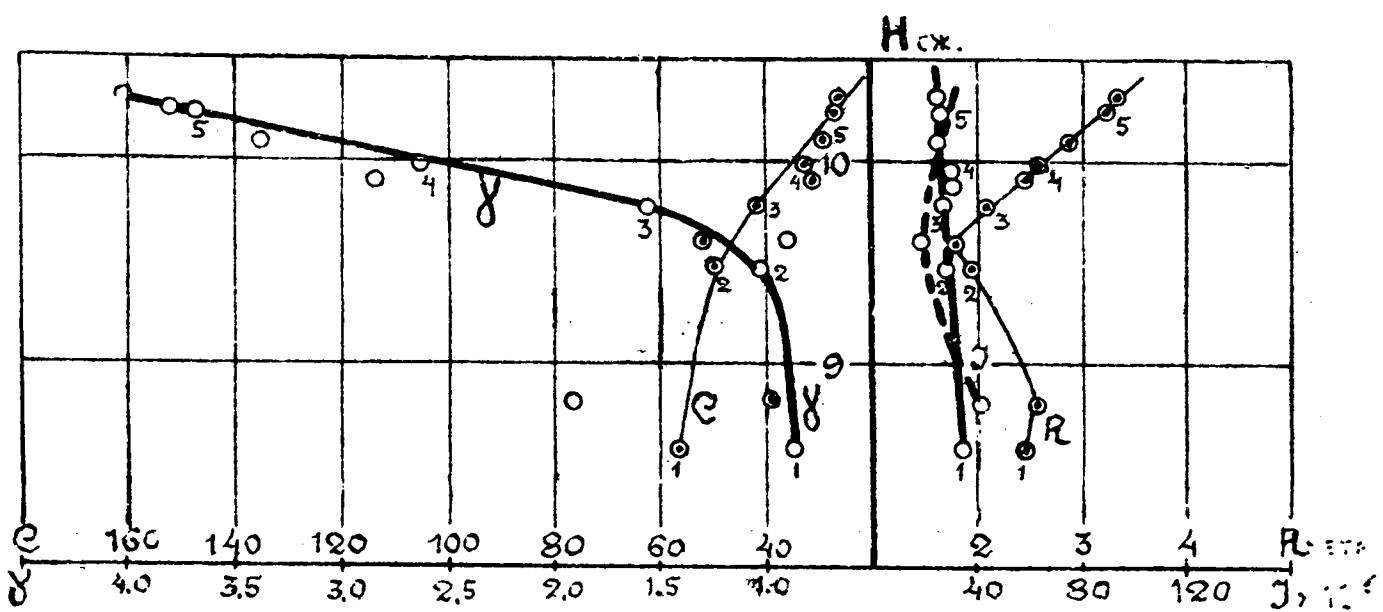
отметки по Новгороду (Н)



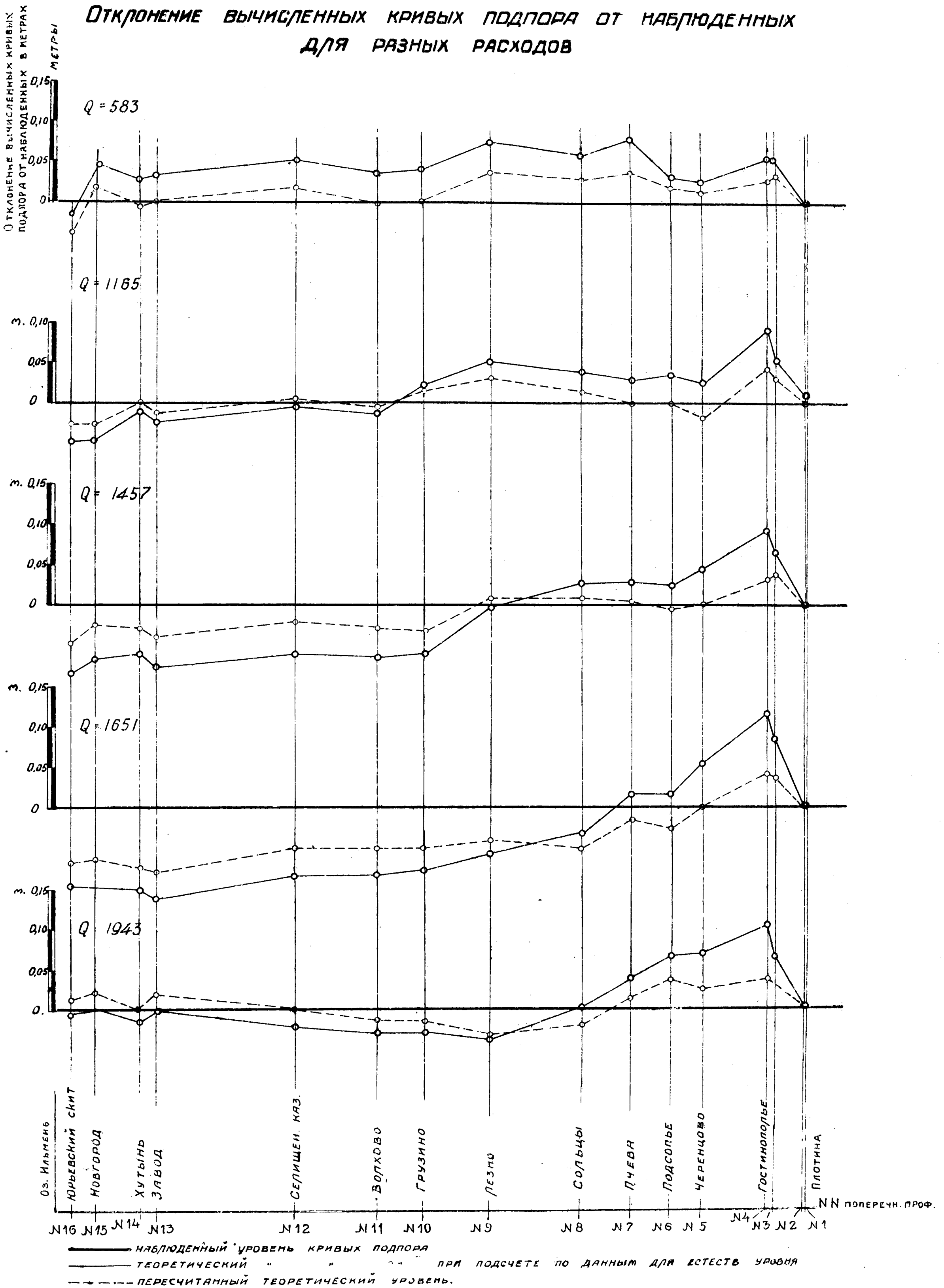
ГРАФИКИ ИЗМЕНЕНИЙ

σ , γ , R и J ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ РЕКИ ВОЛХОВА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТЫ УРОВНЯ ВОДЫ

Участок №15 Новгород-Юржевский скит
отметки по Юржевскому скиту (Н)



ОТКЛОНЕНИЕ ВЫЧИСЛЕННЫХ КРИВЫХ ПОДПОРА ОТ НАБЛЮДЕННЫХ ДЛЯ РАЗНЫХ РАСХОДОВ

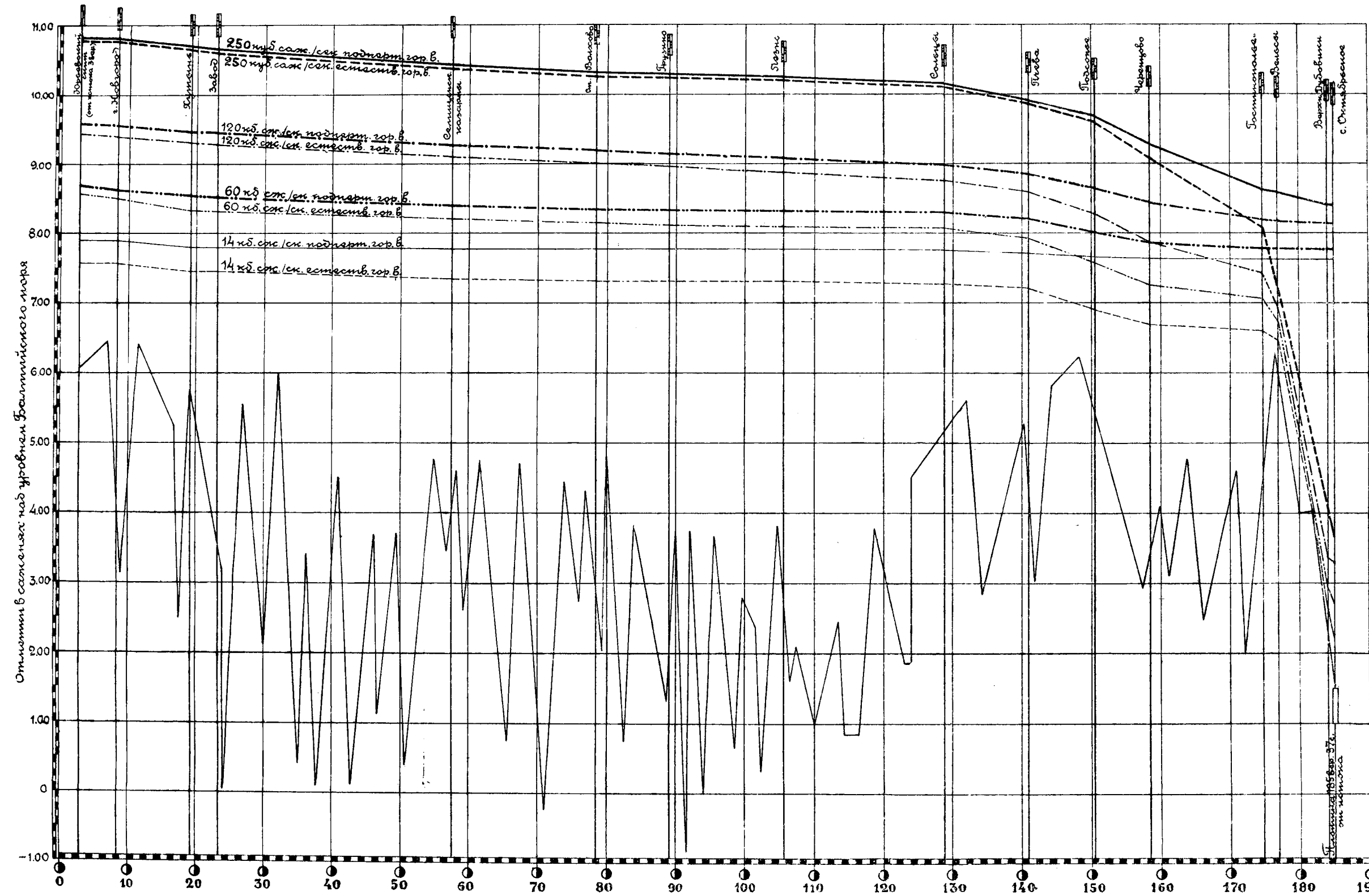


Продольный сокращенный профиль
русла р. Волхова
с показанием кривых подпора
при разных расходах,
по окончательному подсчету в 1926 г.

Масштабы:
Горизонтальный в 0,01 саж - 10 вер.
Вертикальный в 0,01 саж - 1,00 саж.

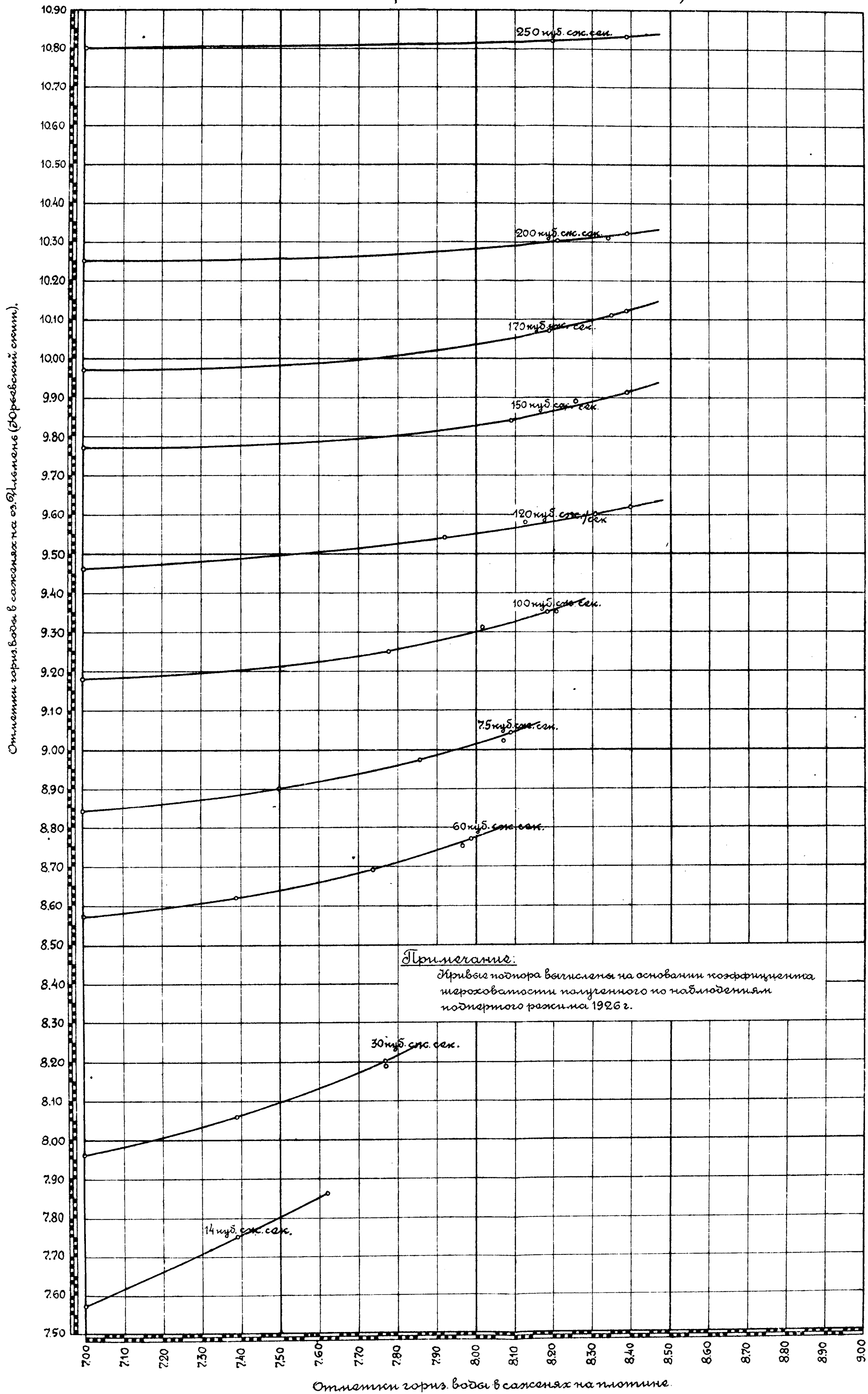
Обозначения.

—	кривая подпертого гор. воды при расходе 250 куб. саж/сек.
- - -	" естественного " " " " 250 " " "
- · - · -	" подпертого " " " " 120 " " "
- · - · -	" естественного " " " " 120 " " "
- · - · -	" подпертого " " " " 60 " " "
- · - · -	" естественного " " " " 60 " " "
- · - · -	" подпертого " " " " 14 " " "
- · - · -	" естественного " " " " 14 " " "



Кривые зависимости горизонтов воды на оз. Цлбмень от горизонтов воды на плотине.

(для реки свободной от льда).



- Выпуск VI. Инженер *Вальман, В. Н.*—Гидролого-Гидрометрические исследования р. Волхова. 290 стр. с 45 графич. приложениями в виде атласа. 1926 г. Цена (без пересылки) 10 р. — к.
- Выпуск VII. *Соколов, Н. Н.* под редакцией проф. *Прасолова, Л. И.*—Геоморфологический очерк района р. Волхова и оз. Ильмень. 360 стр. с картами и 29 рис. и чертежами. Цена (без пересылки) 9 р. — к.
- Выпуск VIII. Инженер *Лоттер, Г. К.*—Исследования поймы оз. Ильмень (работы 1923 г.). *Никифоров, Н. М.* и инженер *Глаголев.*—Триангуляция на пойме оз. Ильмень. Инженер *Иванов, П. В.*—Исследования истока р. Волхова. 210 стр. с 18 таблицами и графическими приложениями. Цена (без пересылки). 6 р. — к.
- Выпуск IX. *Алабышев, В. В., Овчинников, П. Н. и Степанов, Е. С.*—Геоботаническое описание поймы р. Волхова под редакцией проф. *Ганешина, С. С.* Около 552 стр. с картой и 10 графич. приложений. 15 р. — к.
- Выпуск X. *Домрачев, П. Ф., Правдин, И. Ф.*—Исследование рыбных промыслов оз. ~~Ильмень~~ Волхова. Ок. 460 стр. с 18 табл. и 2 рис. 9 р. — к.
- Выпуск XI. *Эльстер, А. Ю.*—Речной бассейн Волховском бассейне. 209 стр. с 7 рис. в т. ч. 1 графич. приложений. Цена (без пересылки) 4 р. 50 к.
- Выпуск XII. Инженер *Лоттер, Г. К.*—Отделки Отдела Изысканий и ведомость 4 р. 10 к.
- Выпуск XIII. Инженер *Калинович, В.*—Грические работы на реках Ильменского бассейна за 1923—1925 г.г. 253 стр. с 11 рис. в т. ч. 1 графич. приложениями в виде атласа. Цена (без пересылки) 9 р. — к.
- Выпуск XIV. Инженер *Иогансон, Е.*—Исследования р. Волхова и оз. Ильмень. 1925 г. 100 стр. с 10 рис. в тексте, 10 фотографиями и 15 графич. приложениями. Цена (без пересылки) 7 р. 50 к.
- Выпуск XV. Инженер *Вальман, В.*—Исследования об уровнях воды Волхово-Ильменского бассейна за 1921—1926 г.г. Около 290 стр. с 10 рис. и 10 графич. приложений. 8 р. 50 к.
- Выпуск XVI. *Л. И. Прасолов и Н. И. Соколов.*—Исследования пойм в районе р. Волхова и оз. Ильмень. 100 стр. текста, 56 стр. таблиц, 4 граф. приложениями с картами. 10 р. — к.

Цена 4 р.

- Выпуск XVII. Инженер *Бернадский, Н. М.*—Теория и расчет речного паводка и их применение к суточному регулированию реки Волхова. 50 стр. с 6 черт. в тексте и 7 графич. прилож. 2 р. — к.
- Выпуск XVIII. **Общий технический отчет Отдела Изысканий Волховского Строительства.** 420 стр. с 19 графич. приложениями 10 р. — к.
- Выпуск XIX. *Степанов, Е. С.* Хозяйственная характеристика лугов Волхово-Ильменского бассейна и общие соображения о затопляемости пойменных угодий р. Волхова. 150 стр. с 20 графич. приложениями . . 6 р. — к.
- Выпуск XX. Инженер *Порывкин, Н. Н.* **Режим грунтовых вод поймы р. Волхова.** 120 стр. и 8 графич. приложениями 4 р. 50 к.
- Выпуск XXI. Инженер *Родевич, В. М., Иогансон, Е. И. и Лоттер, Г. К.* **Кривые подпора по р. Волхову.** 96 стр. с графич. приложениями. 3 р. — к.
- Выпуск XXII. Проф. *Ануфриев, Г. И.* **Стационарные ботанические наблюдения в пойме р. Волхова и заключения из них.** Инж. *В. М. Родевич.* **Конечные данные наблюдений от Волховской плотины.** Около 200 стр. с графич. прилож. (печатается).
- Выпуск XXIII. *В. Н.* **Методы и результаты гидрологического исследования указаний на Волховстрое.** *Эльстер, А.* **Методы прогноза расходов реки Волхова по данным корреляции.** 182 стр. с 12 графич. прилож. 6 р. — к.
- Атлас карты р. Волхова и его поймы,** 56 листов. 30 р. — к.
- Атлас карты озера Ильмень и его поймы,** 29 листов . . . 25 р. — к.
- Атлас почвенной карты Волховской карты поймы р. Волхова и оз. Ильмень.** 25 р. — к.

