



Московский Государственный Университет

им. М.В. Ломоносова

---

Географический факультет

кафедра Гидрологии суши

**Комплексные гидрологические исследования водных объектов Калининградской области в зимний период**

Выполнили: А.М.Беляев, Т.Л.Головко, С.М.Головкова, Р.А.Дохов, Е.Р.Иванов, Р.А.Казюлин, Д.А.Макаров, К.В.Можаева, Н.О.Попова, К.А.Соколова, Т.В.Жмыхова, Е.А.Фингерт

Руководители экспедиции: н.с., к.г.н. Д.Н.Айбулатов, м.н.с., к.г.н. Н.М.Юмина

**Москва - 2011**

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
ГЛАВА 1 Общая физико-географическая характеристика.....	4
ГЛАВА 2 Результаты гидрологических работ на водных объектах Калининградской области	
2.1 Водомерные наблюдения на реке Анграпа.....	6
2.2 Гидрологические расчеты.....	10
2.3 Изучение ледового режима.....	17
2.4 Снегомерная съемка.....	19
2.5 Водный баланс комплекса Черняховских прудов.....	23
2.6 Гидрохимия Черняховских прудов.....	23
2.7 Состояние гидротехнических сооружений.....	28
2.8 Гидробиология рек.....	30
2.9 Гидрохимия рек.....	32
2.10. Русловые процессы.....	36
2.11 Зоны смешения.....	38
Заключение.....	41
Список используемой литературы.....	42

## **ВВЕДЕНИЕ**

Зимняя экспедиция НСО кафедры гидрологии суши проходила с 25 января по 4 февраля 2011 года в Калининградской области. Основное место базирования находилось в г. Черняховск. В состав экспедиции под руководством двух преподавателей кафедры гидрологии суши входили 2 студента 1 курса, 8 студентов различных курсов кафедры гидрологии, а также студенты кафедры РПП и картографии и геоинформатики.

Калининградская область является уникальным регионом Российской Федерации, в который поступает сток рек с прилегающих стран (Польша, Литва), а часть стока формируется непосредственно на территории района.

Основная цель экспедиции - изучение влияния трансграничных рек на водный, тепловой, гидрохимический и гидробиологический режимы Калининградской области. Другой целью являлся анализ характера проявлений опасных гидрологических процессов в черте города Черняховска: районов потенциального затопления при половодье и паводках, участков размыва берегов, а также исследование состояния прудов и гидротехнических сооружений города.

## ГЛАВА 1 Общая физико-географическая характеристика

Калининградская область расположена в умеренном климатическом поясе, на западе Русской равнины, на юго-восточном побережье Балтийского моря. Площадь области 15,1 тыс. км<sup>2</sup>. Общая протяженность побережья – около 149 км.

**Рельеф, геология и тектоника.** В тектоническом отношении территория Калининградской области располагается в пределах юго-восточной части Балтийской синеклизы – глубокого прогиба на западной окраине Русской платформы. Широко распространены ледниково-аккумулятивные, флювио-гляциальные формы рельефа, лимно-гляциальные равнины.

**Климат.** По генетической классификации климатов Б.П. Алисова климат Калининградской области относится к Южно-Балтийской подобласти Атлантико-континентальной области зоны умеренных широт. Под влиянием Атлантического океана наблюдается мягкая зима, часто без устойчивого снежного покрова, прохладное лето, теплая осень, сглаженный суточный и годовой ход температуры воздуха.

Вместе с тем, климат Калининградской области имеет ряд специфических черт, обусловленных: во-первых, относительной равнинностью рельефа с запада на восток; во-вторых, орографической незащищенностью области, ввиду особенностей которой формируется ветровой коридор; в-третьих, расположением полярного фронта в холодный период года над территорией области – раздел между арктическими и умеренными воздушными массами. По этому фронту в Калининградскую область приходит большое количество циклонов.

**Почвенный покров.** Почвы области в системе почвенного районирования относятся к суббореальному лесному сектору с буроземными и дерново-подзолистыми почвами. Почвообразующие породы области в основном имеют тяжелый гранулометрический состав (глины и суглинки валунные и безвалунные), меньшую часть составляют более легкие породы (пески и супеси).

**Растительный покров.** Калининградская область, согласно фитогеографическому районированию, находится в Прибалтийско-Белорусской подпровинции, входящей в состав Североевропейской таежной провинции Евразийской таежной области Голарктического доминиона. Современный облик растительность области приобрела лишь около 2500 лет назад. К настоящему времени в исследуемом районе леса (сосна, черная ольха, ель, береза, дуб, ясень, граб и др.), занимают около 17 % общей площади (самая низкая лесистость в Прибалтийском регионе), пашня – 25 %, пастбищные луга и сенокосы – 30 %, болота – 2 %.

## **Характеристика водного режима**

Калининградская область находится в зоне избыточного увлажнения и обладает разветвленной речной сетью, множеством озер и болот, а также антропогенных водных объектов – каналов и прудов. В регионе множество больших и малых каналов, выделяются два основных региона, где они сосредоточены: северо-западный район области, где находится крупный массив польдерных земель и Самбийский полуостров, где существует сложная система питьевых озер и каналов, которая до сих пор используется для водоснабжения областного центра.

Реки Калининградской области принадлежат в основном к бассейнам рр. Преголи и Немана, ряд мелких рек впадает непосредственно в Балтийское море и его заливы. Общее количество рек Калининградской области - 4610, их суммарная длина, включая мелиоративную сеть – 12720 км. Густота речной сети в области около 1 км/км<sup>2</sup>. В низовьях Немана, Преголи, в бассейнах Инструча и Прохладной густота речной сети возрастает до 1,5 км/км<sup>2</sup> и более за счет осушительных каналов. Реки Неман и Преголя судоходны на всем своем протяжении.

Реки Калининградской области имеют смешанное питание – снеговое и дождевое. Водный режим рек характеризуется весенним половодьем, летними, осенними и зимними паводками. Весеннее половодье, обусловленное стоком талых снеговых вод при сравнительно слабой проницаемости почвогрунтов вследствие увлажнения почвы осенью и оттаивания ее весной, начинается с марта и заканчивается в начале-середине апреля. Спад половодья нарушается первыми дождевыми паводками. Переход к летней межени происходит плавно. Она устанавливается в мае и длится до октября. Летняя межень прерывается паводками (1-4 за сезон), вызываемыми ливневыми дождями. Продолжительность паводков 4-10 дней, высота подъема уровня над уровнем межени достигает 1,5-3 м. Осенью из-за обложных дождей происходит плавное увеличение расходов и повышение уровней, что приводит к прохождению более продолжительных паводков (5-14 дней).

Из 700 мм осадков, выпадающих в области за год, на долю речного стока приходится 180-240 мм, т.е. коэффициент стока составляет около 30%. Внутригодовое распределение стока на реках довольно равномерное. Весной проходит ок. 50% стока. Зимний сток поддерживается паводками и превышает летний.

## ГЛАВА 2 Результаты гидрологических работ на водных объектах Калининградской области

### 2.1 Водомерные наблюдения на реке Анграпа

В ходе зимней экспедиции НСО кафедры гидрологии суши, проходившей в Калининградской области с 27 января по 4 февраля 2011 года, был организован гидрологический пост на р. Анграпа, с целью проведения водомерных наблюдений. Пост был расположен в черте г. Черняховска в 30 м выше по течению от моста Радужный, на левом берегу р. Анграпа (рис. 1.).

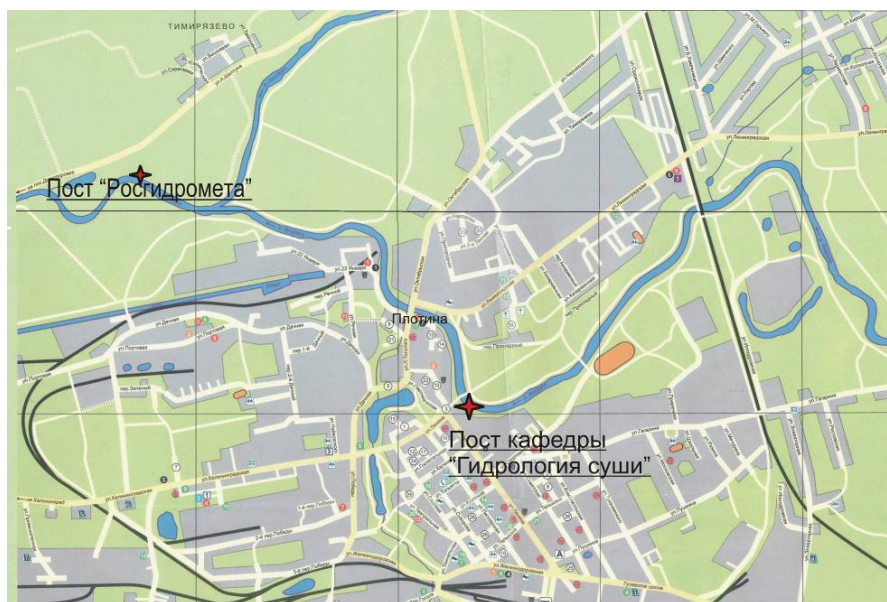


Рис. 1. Карта расположения гидрологических постов в г. Черняховске

Временный водомерный пост был оборудован двумя деревянными сваями, расположенными на расстоянии 0,5 м друг от друга, причем оголовок сваи №2 на 10 см ниже, оголовка сваи №1. На оборудованном посту измерялись следующие характеристики: уровень воды, температура воды и воздуха, проводились визуальные наблюдения за ледовыми явлениями.

Измерение уклонов водной поверхности (рис 2) был произведен на р. Анграпа в районе установленного поста и в районе плотины (ниже по течению). Общий измеренный уклон на участке р. Анграпа в районе установленного поста составил 0,195‰. Измеренный уклон водной поверхности ниже плотины (0,35‰) почти в два раза превышает уклон водной поверхности, измеренный на реке выше по течению.



Рис. 2. Процесс нивелировки водомерного поста

По данным нивелировки временного водомерного поста был построен поперечный профиль р. Анграпа (рис.3).

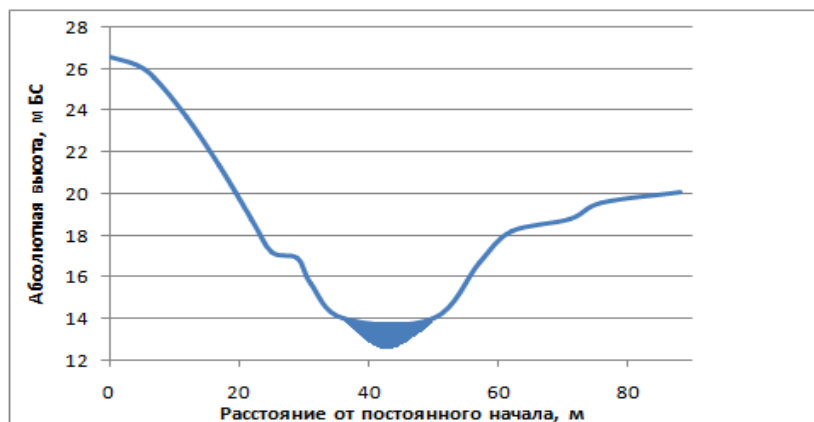


Рис. 3. Поперечный профиль установленного на р. Анграпа в районе г. Черняховска водомерного поста

Результаты проведенных на посту наблюдений приведены на рис. 4.

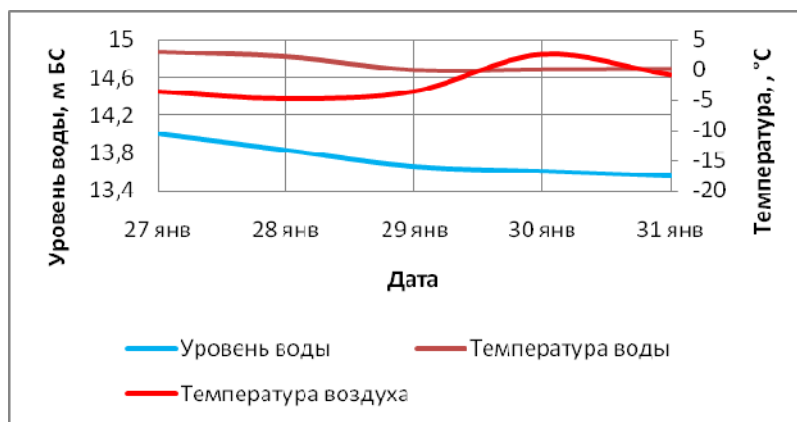


Рис. 4. График колебаний уровня и температуры воды и воздуха на р. Анграпа в районе г. Черняховска

*Визуальные наблюдения за ледовыми явлениями на реке Анграпа в районе водомерного поста.* Для реки Анграпа характерны следующие ледовые явления: забереги, внутриводный лед, шуга, сало. В период наших наблюдений с 27 января по 4 февраля было отмечены такие ледовые явления: 28 января наблюдался внутриводный лед и забереги, начиная с 29 января – неполный ледостав, а 2 февраля, было отмечено сало (рис 5).



Рис.5. Ледовые явления на реке Анграпа

В городе Черняховске в непосредственной близости от установленного нами на реке Анграпа водомерного поста располагается гидрологический пост сети «Росгидромет» на реке Преголя (ниже узла слияния рек Инструч и Анграпа), на котором проводятся наблюдения за режимом реки (рис. 6.).



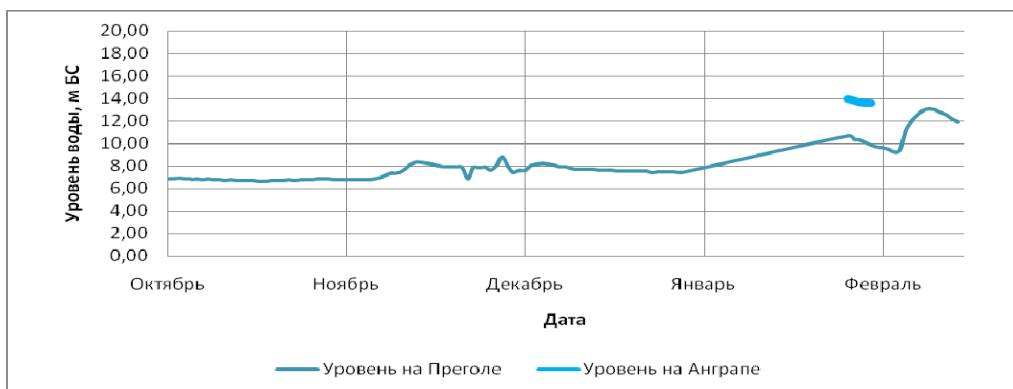


Рис. 6. График колебания уровня воды на гидрологическом посту «Росгидромет» на реке Преголя в районе города Черняховска, совмещенный с графиком наших измерений на Анграпе



Рис. 7. График температуры на гидрологическом посту «Росгидромет» на реке Преголя в районе города Черняховска

Данные водомерных наблюдений на указанном гидрологическом посту, предоставленные ФГУП "Центр Регистра и Кадастра" в целях информационного обеспечения оперативного управления водными ресурсами и противопаводковыми мероприятиями для бассейнов рек России, приведены на рисунках 6,7.

В период наших наблюдений уровень воды потерпел некоторое падение, однако, основная его тенденция – повышение (рис. 6.). Последнее объясняется тем, что наша экспедиция проводилась в конце зимы, т.е. в завершении межени. О том, что в целом уровень воды в реках растет, хотя и видны отдельные локальные понижения, свидетельствовал высокий паводок сразу же после окончания экспедиции. При рассмотрении данных с других постов Калининградской области за период январь-февраль также прослеживается общая тенденция к росту уровня воды.

## 2.2 Гидрологические расчеты

Гидрологические расчеты – это раздел инженерной гидрологии, занимающийся разработкой методов, позволяющих рассчитать величины, характеризующие гидрологический режим. Наряду с дисциплиной речной сток, гидрологические расчеты имеют преимущественно прикладной аспект и направление изучения конкретных характеристик стока, применяющихся в практике строительного проектирования и предупреждении неблагоприятных чрезвычайных ситуаций – наводнений. Последнее наиболее актуально для Калининградской области в водохозяйственном году 2011-2012, так как уже в начале весеннего половодья жители области испытали на себе все последствия зимы с обильным количеством твердых осадков.

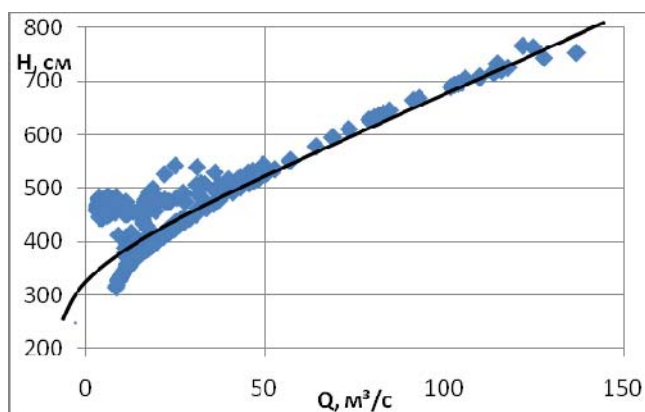


Рис. 8.  $Q=f(H)$  за 1964 г. р. Преголя

В ходе НСО в Калининградской области были получены расчеты гидрологических характеристик по данным полевых исследований. Основные гидрологические расчеты водных объектов Калининградской области в данной работе направлены на изучение стока воды, максимальных расходов воды и минимальных расходов воды рек Калининградской области.

Значение максимальных и минимальных расходов воды в период с 2001 по 2010 год для реки Преголя в районе постов Гвардейск и Черняховск были сняты с кривой  $Q=f(H)$  за 1964 год для каждого из постов (Рис.8).

### **Максимальный сток воды весеннего половодья.**

Расчет максимальных расходов воды весеннего половодья производился на реках Инстроч, Анграпа и Преголя, так как это наиболее крупные реки города Черняховска. Определение максимальных расходов воды для рек Калининградской области производилось по двум методам – при наличии наблюдений на изучаемом гидрометрическом посту и при их отсутствии. Так как на реке Преголя в районе города Гвардейска и города Черняховска расположены гидрологические посты с продолжительным периодом

наблюдений, расчет максимальных расходов воды для этих постов производился по методике вычисления при наличии гидрометрических наблюдений. Также по данной методике расчетов были вычислены максимальные расходы половодья для реки Инструч в районе села Ульяново и для реки Анграпа в районе деревни Берестово.

Методика вычисления максимальных расходов воды весеннего половодья для рек с наличием продолжительного периода наблюдений за гидрологическими характеристиками опирается на применение аналитических функций распределения вероятностей превышения – кривых обеспеченностей.

После вычисления всех оценок строится аналитическая кривую гамма-распределения Крицкого-Менкеля при  $C_s/C_v=2,5$  по параметрам  $Q_0$  и  $C_v$  (таблица 1). Точки аналитической кривой обеспеченности ложатся плотно на эмпирические точки. С аналитической кривой обеспеченности снимаются значения квантилей обеспеченности от 0,01 до 99%.

#### **Минимальный сток воды весеннего половодья.**

Расчет минимального стока воды за летне-осенний и зимний периоды производился для бассейнов рек тех же постов, что и при расчете максимального стока весеннего половодья. Исключениями являются р. Инструч – с. Ульяново и р. Анграпа – д. Берестово. Ряд данных не прошел по критериям однородности, а также не может считаться репрезентативным, поэтому данные реки не были исследованы.

Расчет минимального стока воды производится по аналогичной с максимальным стоком методике. Исключением является только значительное расхождение аналитической кривой и фактических данных в нижней части. Поэтому для вычислений применяем эмпирические кривые обеспеченности. Для расчетов использовались минимальные среднесуточные расходы воды. Также оценки всех параметров были вычислены с помощью графоаналитического метода. Результаты вычислений представлены в таблице 2 и таблице 3.

Таблица 1. Параметры для расчета максимальных расходов воды Qp весеннего половодья

р. Преголя - Гвардейск			р. Преголя - Черняховск			р. Инструч - с. Ульяново			р. Анграппа - д. Берестово		
P%	Kp	Qp	P%	Kp	Qp	P%	Kp	Qp	P%	Kp	Qp
0,01	3,41	1392	0,01	2,75	495	0,01	3,59	13,3	0,01	2,96	202
0,1	2,79	1141	0,1	2,33	419	0,1	2,92	10,8	0,1	2,60	178
1	2,18	889	1	1,90	341	1	2,25	8,36	1	1,83	125
5	1,72	703	5	1,57	282	5	1,76	6,55	5	1,53	104
10	1,52	620	10	1,41	254	10	1,54	5,74	10	1,39	94,6
20	1,29	528	20	1,24	223	20	1,31	4,86	20	1,22	83,5
30	1,15	469	30	1,13	204	30	1,15	4,28	30	1,13	76,9
50	0,94	384	50	0,96	173	50	0,93	3,48	50	0,97	65,9
70	0,76	312	70	0,82	147	70	0,75	2,79	70	0,83	56,5
75	0,72	294	75	0,78	140	75	0,70	2,62	75	0,79	54,1
80	0,67	274	80	0,74	133	80	0,66	2,44	80	0,75	51,4
90	0,56	228	90	0,64	115	90	0,54	2,01	90	0,66	45,0
95	0,48	195	95	0,57	102	95	0,46	1,70	95	0,59	40,2
99	0,35	144	99	0,45	80,5	99	0,33	1,23	99	0,47	32,3

Таблица 2. Значения минимальных расходов воды, снятые с эмпирических кривых обеспеченностей

(1.-р. Преголя – г. Черняховск; 2.р. Преголя – г. Гвардейск)

1. Минимальные расходы воды обеспеченностью 75,80,85,90,95%			2. Минимальные расходы воды обеспеченностью 75,80,85,90,95%		
P, %	Летние расходы	Зимние расходы	P, %	Летние расходы	Зимние расходы
	Q, м³/с	Q, м³/с		Q, м³/с	Q, м³/с
75	5	4,9	75	10,50	19
80	4,5	4,1	80	9,20	17,50
85	4	3	85	7,9	16,90
90	3,6	2,2	90	6,30	14,90
95	3,1	1,9	95	4,3	14,2
97	3	1,6	97	3,00	12,10

Анализируя полученные результаты стоит добавить, что среднеквадратическое отклонение минимальных зимних расходов воды немного превышает допустимую погрешность (20,7%). Остальные расчеты соответствуют нормам СП 33-101-2003.

Таблица 3. Определение среднего расхода воды, коэффициентов вариации и асимметрии по эмпирическим кривым обеспеченностей графоаналитическим методом

р. Преголя - г. Черняховск			р. Преголя - г. Гвардейск		
Хар-ки	Минимальные расходы		Хар-ки	Минимальные расходы	
	Летние расходы	Зимние расходы		Летние расходы	Зимние расходы
	Среднесут. Q, м <sup>3</sup> /с	Среднесут. Q, м <sup>3</sup> /с		Среднесут. Q, м <sup>3</sup> /с	Среднесут. Q, м <sup>3</sup> /с
Q5%	17,4	28,2	Q5%	27,9	75,3
Q50%	6,60	11,0	Q50%	15,4	27,2
Q95%	3,10	1,90	Q95%	4,30	14,2
S	0,51	0,31	S	0,06	0,57
Cs	1,80	1,10	Cs	0,20	2,00
Ф5-Ф95	3,01	3,17	Ф5-Ф95	3,28	2,95
Ф50	-0,28	-0,18	Ф50	-0,03	-0,31
σ	4,75	8,30	σ	7,20	20,7
Q <sub>0</sub>	7,93	12,5	Q <sub>0</sub>	15,6	33,6
C <sub>v</sub>	0,60	0,66	C <sub>v</sub>	0,46	0,62

#### **Измеренные расходы воды.**

В рамках зимней экспедиции были проведены промерные работы и подсчитаны расходы воды на нескольких реках: на р. Красной, р. Писса, р. Дейма, р. Лава, р. Инструк, и р. Чернупа. Если говорить конкретнее, то расход на р. Красной работы проводились в районе г. Гусев выше узла слияния с р. Писсой, на р. Писсе в том же городе выше узла слияния с р. Красной, на р. Дейме в районе г. Гвардейск приблизительно на расстоянии 100 метров от ее впадения в р. Преголя, на р. Лава - в районе г. Знаменск в 100 метрах выше впадения р. Лава

в р. Преголя, на р. Инструч в г. Черняховск в районе автомобильного моста и на р. Чернупа – сбросном канале из озера вблизи замка Инстербург до входа в коллектор и после выхода из коллектора перед впадением канала в р. Анграпа. ,

Измеренные расходы воды представлены в таблице 4.

Таблица 4. Измеренные расходы воды.

Река	Красная	Писса	Дейма	Лава	Инструч	Чернупа
Расход воды, м <sup>3</sup> /с	3,35	9,35	58,2	56,2	12,9	0,65

Как видно из таблицы, наибольший сток воды наблюдался на реках Дейма и Лава, более спокойные воды у р. Инструч и р. Писса.

На рисунках 9-13 представлены поперечные профили вышеназванных рек, позволяющие получить представление о глубинах рек и формах их русел. Черными линиями отмечены вертикали, на которых измерялись скорости течения.



Рис. 9. Поперечный профиль р. Красная в районе г. Гусев выше слияния с р. Писсой



Рис. 10. Поперечный профиль р. Писса в районе г. Гусев выше слияния с р. Красной



Рис. 11. Поперечный профиль р. Дейма в районе г. Гвардейск на расстоянии 100 метров выше ее впадения в р. Преголя



Рис. 12. Поперечный профиль р. Лава в районе г. Знаменск на расстоянии 100 метров выше ее впадения в р. Преголя

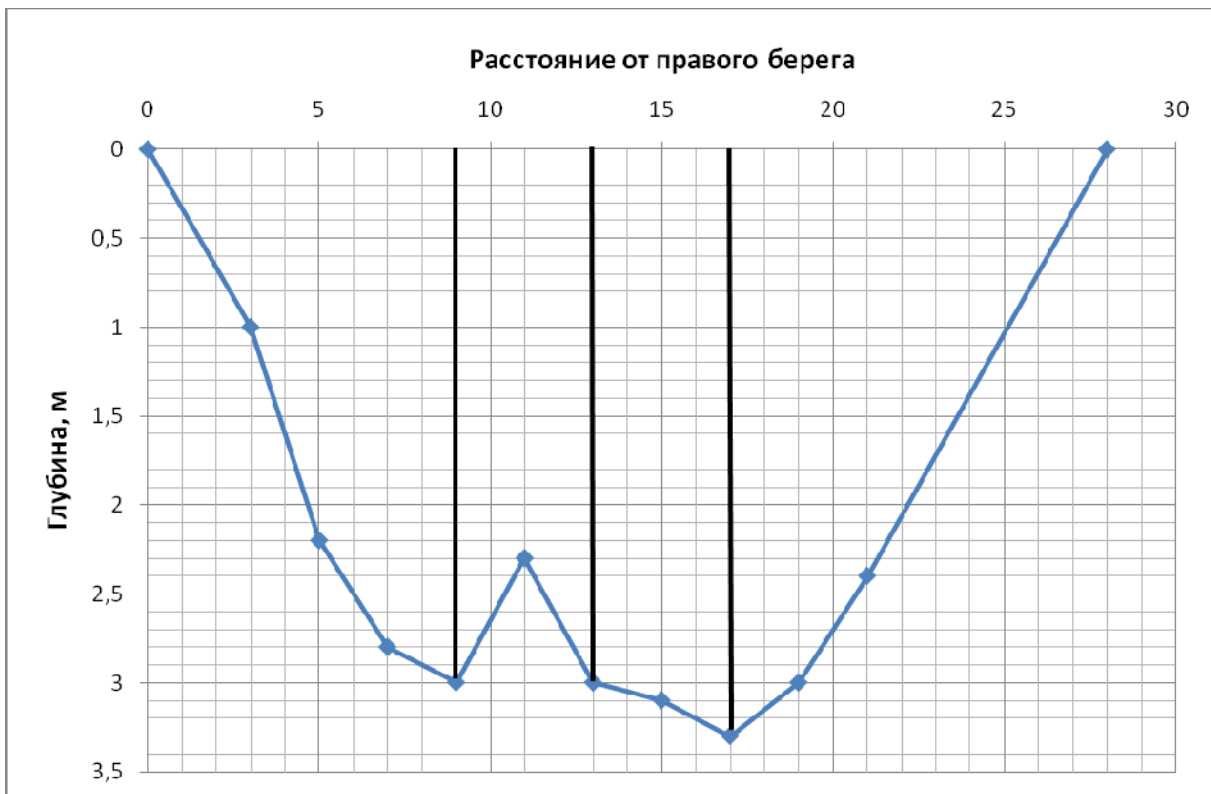


Рис.13. Поперечный профиль р. Инструч в районе г. Черняховск около автомобильного моста.



### 2.3 Изучение ледового режима

Для р. Преголя (г. Гвардейск) на ледовый режим реки оказывают влияние стонно-нагонные и подпорные явления со стороны Куршского и Васи́линского заливов.

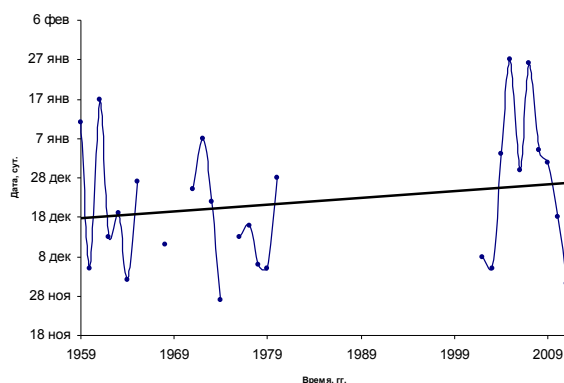


Рис. 14. Изменение сроков начала ледовых явлений на р. Преголя – г. Гвардейск

В ходе нашей экспедиции нам не раз доводилось наблюдать забереги (см. рис. 10.).

Когда температура воды снижается до  $0^{\circ}\text{C}$ , начинаются ледовые явления. Эти сроки сильно меняются из года в год. Для рек Калининградской обл. в целом было отмечено более позднее наступление начала ледовых явлений, в основном, из-за сильно превышающих норму сроков 2005 и 2007 гг. (см. рис.14.).



Рис. 15. Забереги на р. Писса в г. Гусев

В период осеннего ледохода русло реки может оказаться забитым шугой и битым льдом. Закупорка русла этой ледяной массой называется зажором. Образование зазора сопровождается подъемом уровня воды на вышерасположенном участке реки. Иногда осенний ледоход сопровождается затором, т.е. закупоркой русла плывущими льдинами. Для многих участков рек Калининградской обл. нередко образуются заторы и зазоры льда (например, в районе поста р. Неман – г. Советск, см. рис. 16.).

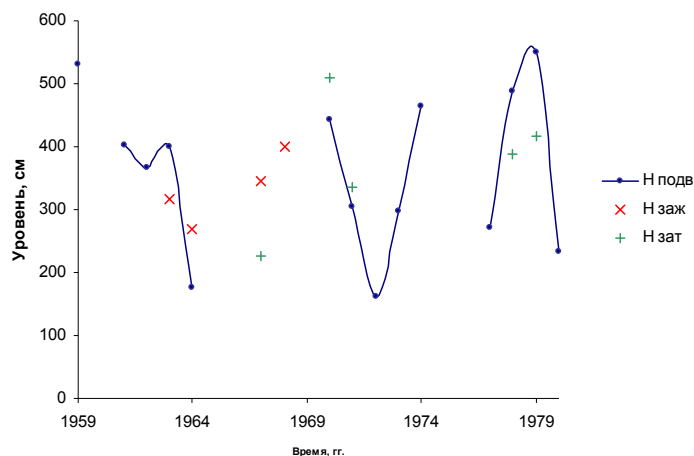


Рис. 16. Изменение уровней зазора, затора и подвижки на р. Неман – г. Советск

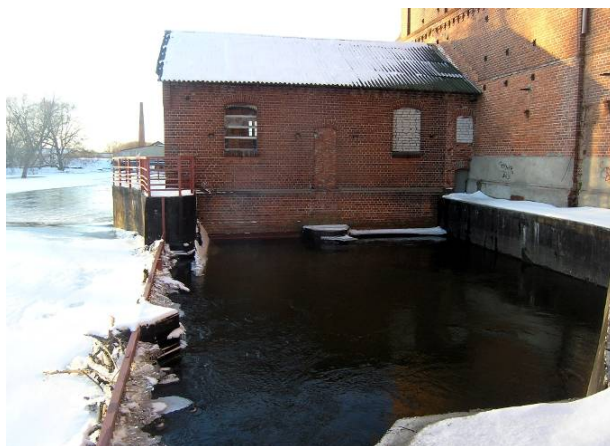


Рис. 17. Плотина на р. Писса в г. Гусев

Некоторые участки реки могут в течение долгого времени, иногда в течение всей зимы, не замерзать. Такими участки называют полыньями (см. рис. 17); они часто бывают в местах с повышенными скоростями течения, например, на порогах и быстринах, в нижних бьефах гидроузлов, в местах выхода в реку относительно теплых промышленных и коммунальных стоков. Таким образом, происхождение полыньи может быть как динамическим, так и термическим.

Используя формулу Быдина, была рассчитана толщина льда к 1 февраля 2011 г., которая составила 32 см. В этот же день, например, для оз. Выштенец измеренная толщина льда была равна 30 см. Для остальных прудов, исследуемых во время экспедиции, толщина льда варьировалась в диапазоне от 25 до 50 см. А среднемноголетняя февральская толщина льда на р. Неман – г. Советск как раз составляет 32 см.

С наступлением весны ледяной покров на реках начинает разрушаться. На этот процесс влияют солнечная радиация, поступление теплоты из воздуха и с теплыми водами, механическое воздействие текущей талой воды.

Продолжающийся подъем уровня воды в реке вследствие поступления в русло талых вод приводит лед в движение. Сначала это лишь небольшие (в несколько метров) смещения ледяных полей – подвижки (рис. 17.), а затем ослабленный ледяной покров разбивается на отдельные льдины и начинается весенний ледоход (рис. 18).

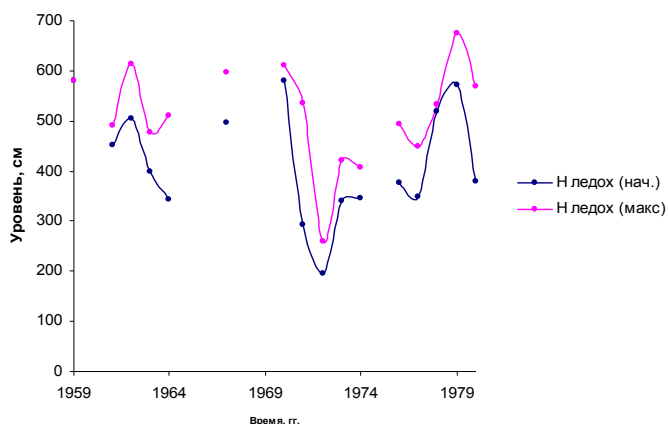


Рис. 18. Уровни начала и наибольший уровень весеннего ледохода на р. Неман – г. Советск

На малых реках ледяной покров часто тает на месте и весеннего ледохода не происходит.

#### 2.4 Снегомерная съемка

В ходе экспедиции были проведены снегомерные работы в бассейне реки Анграпа. В ходе исследований снегомерная съемка осуществлялась ландшафтно–маршрутным методом. Съемка производилась в характерных местах, что позволило за сравнительно небольшой временной промежуток провести достаточно подробное исследование. Было пройдено несколько маршрутов, приуроченных к разным ландшафтам, исследованы как лесные территории, так и территории, не покрытые древесной растительностью.

В итоге, снегомерными маршрутами были охвачены характерные участки на всем протяжении бассейна Анграпы (от верхнего течения реки и притоков, до самого места слияния), что позволяет с достаточной степенью точности говорить о запасе воды в снеге для всей территории бассейна. По полученным результатам были построены карта и таблица (табл. 5, рис.19).

На основании собранных данных можно сделать следующие выводы:

- В верховьях бассейна запасы воды в снеге в целом меньше, чем в низовьях, что обусловлено возвышенным всхолмленным характером рельефа и удаленностью от моря.
- В лесах запас снега больше, чем в поле – это вызвано накоплением переносимого ветром снега в покрытых густой растительностью лесных зонах.
- На склонах холмов снега меньше, чем у подножия или на вершине, а на вершине – больше чем у подножия. Это обусловлено тем, что под действием ветрового переноса менее активнее всего сносится с сильно наклонных поверхностей, менее активно – с пологих вершинных поверхностей, а аккумулируется в относительно спокойных зонах ветровой тени у подножия склонов.
- Запас воды в снеге, как правило, пропорционален мощности снежного покрова.
- Мощность снега изменяется от 9 до 46 см, в среднем составляет 25,6 см (29,8 в лесу, 24 см в поле).

Необходимо учитывать, что полученные параметры снежного покрова характеризуют лишь часть периода снегонакопления.



Рис. 19. Районы проведения снегомерных работ в бассейне реки Анграпа

Таблица 5. Результаты снегомерных работ в бассейне реки Анграпа

	Характер растительности	Характер местности	Запас воды в слое снега, мм	Высота снежного покрова, см	Плотность снега в слое, г/см <sup>3</sup>
<b>Окрестности г. Озерск, маршрут №1</b>		<i>в среднем</i>	<b>65,7</b>	<b>26</b>	<b>0,17</b>
Точка №1	поле	вершина склона	28	23	0,21
Точка №2	поле	склон	12	9	0,13
Точка №3	пролесок	подошва склона	77	46	0,17
<b>Окрестности г. Озерск, маршрут №2</b>		<i>в среднем</i>	<b>45,5</b>	<b>24</b>	<b>0,19</b>
Точка №1	поле	вдоль реки	55	28	0,2
Точка №2	поле	вдоль реки на высоком берегу	46	25	0,18
Точка №3	поле	вдоль реки	40	24	0,16
Точка №4	поле	окраина города	41	19	0,22
<b>Окрестности г. Озерск, маршрут №3</b>		<i>в среднем</i>	<b>49</b>	<b>29</b>	<b>0,18</b>
Точка №1	лес		62	26	0,24
Точка №2	пролесок	около впадения притока в Анграпу	36	32	0,11
<b>Окрестности г. Черняховск, маршрут №1</b>		<i>в среднем</i>	<b>88,5</b>	<b>32</b>	<b>0,28</b>
Точка №1	лес	парк в городе	72	32	0,23
Точка №2	лес	парк в городе	105	32	0,33
<b>Окрестности г. Черняховск, маршрут №2</b>		<i>в среднем</i>	<b>57</b>	<b>17</b>	<b>0,34</b>
Точка №3	поле	у реки Инструч	57	17	0,34
<b>Окрестности г. Гусев</b>		<i>в среднем</i>	<b>66,3</b>	<b>19</b>	<b>0,34</b>

Точка №1	поле		28	11	0,25
Точка №2	поле		35	11	0,32
Точка №3	поле		90	24	0,38
Точка №4	поле		82	21	0,39
Точка №5	поле		120	32	0,38
Точка №6	поле		115	34	0,34
Точка №7	поле		50	14	0,36
Точка №8	поле		40	14	0,29
<b>Берега Виштынецкого озера</b>		<i>в среднем</i>	<b>87,5</b>	<b>31</b>	<b>0,19</b>
Точка №1	лес	склон	83	27	0,31
Точка №2	лес	вершина склона	90	34	0,27
Точка №3	лес	вершина склона	87	30	0,29
Точка №4	лес	склон	118	39	0,3
<b>Склон долины реки Синей</b>		<i>в среднем</i>	<b>55,3</b>	<b>27</b>	<b>0,21</b>
Точка №1	лес	склон	55	21	0,26
Точка №2	лес	склон	53	30	0,18
Точка №3	лес	склон	33	17	0,19

## **2.5 Водный баланс комплекса Черняховских прудов**

Водный баланс озера – это соотношение в нем прихода и расхода воды с учетом изменения ее запаса за некоторый интервал времени, называемый расчетным периодом.

### **Приходные составляющие.**

Осредненное значение осадков на территории интересующего нас района равно 775 мм/год. Следовательно, для каждого озера, зная их площади, мы можем определить приход осадков непосредственно на поверхность водоемов. Сток с водосбора опять же определяется количеством осадков, но уже выпадающих на всю водосборную поверхность.

### **Расходные составляющие.**

Осредненное значение испарения на территории интересующего нас района равно 575 мм/год. Поэтому, мы можем определить суммарное испарение с поверхности каждого пруда, так как знаем их площади.

### **Соотношение между составляющими водного баланса для всех озер.**

На долю основных приходных и расходных составляющих приходится примерно по 49,8% для всех озер. Составляющие осадков на поверхность и испарения с нее для всех озер крайне малы в процентном соотношении, по причине крайне высокой величины удельного водосбора (отношения площади водосбора к площади озера). Следовательно, все озера имеют индекс СП1 (стоково-приточные озера к крайне малыми значениями осадков и испарения в структуре водного баланса).

### **Расчет среднемесячной (февраль) аккумуляции воды в Нижнем Замковом пруду.**

Измеренный в феврале расход реки Чернупы на выходе из Нижнего Замкового пруда составил 0,67 м<sup>3</sup>/с. Переводя объем рассчитанного стока за год из этого пруда в м<sup>3</sup>/с, мы получаем величину 0,657 м<sup>3</sup>/с. Следовательно, если положить, что погода в феврале была относительно постоянной, объем пруда уменьшился на 0,013 м<sup>3</sup>/с. Но не стоит забывать, что промер был произведен в снежную зиму, потому эту величину стока нельзя переносить на все февраль. Безусловно, в локальном масштабе прудам необходимо уделить гораздо большее внимание, потому что в снежные зимы их разлив часто становится причинами наводнений в городе.

## **2.6 Гидрохимия Черняховских прудов**

В рамках зимней экспедиции в Калининградскую область, были отобраны пробы для гидрохимического анализа из Замковых прудов. Впоследствии эти пробы были обработаны в гидрохимической лаборатории. На основе полученных в результате анализа данных был установлен тип вод Замковых озер и составлена таблица данных (табл. 6.).

Экспедиционный состав отобрал по одной пробе из Нижнего Замкового пруда, Верхнего Замкового пруда, прудов №8, №7 и №3. Местоположение этих водоемов показано на карте города Черняховка, приведенной ниже:

Нижний и Верхний Замковые пруды имеют следующее распределение главных ионов (рисунок 20).

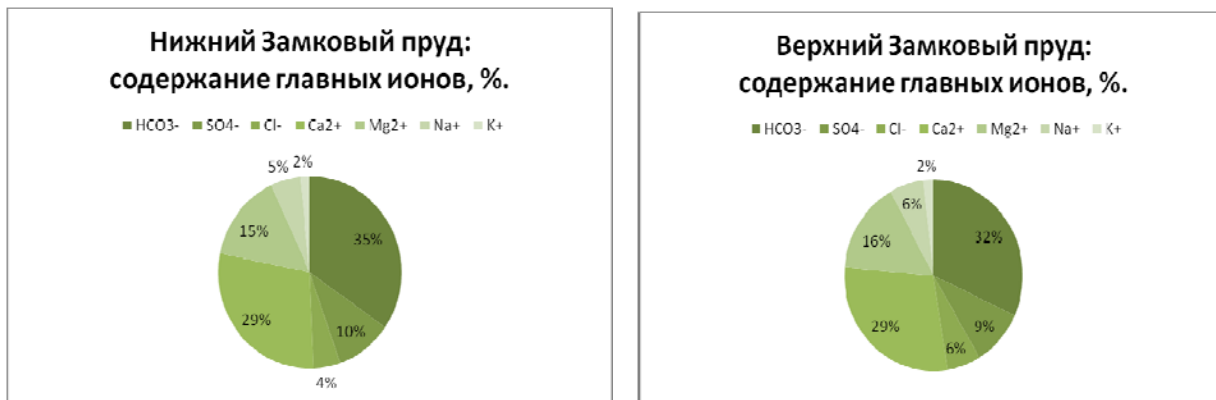


Рис.20. Содержание главных ионов Нижнего и Верхнего Замковых прудов

Для Нижнего Замкового пруда общая минерализация составляет 400,68 мг/л. Обнаружено наличие нитритов, нитратов, фторидов.

Для Верхнего Замкового пруда общая минерализация составляет 456,27 мг/л. Обнаружено наличие нитритов, нитратов, фторидов.



Рис.21. Содержание главных ионов в пруду №7 и №8

Прудам №8 и №7 соответствовала следующая структура распределения главных ионов (рисунок 15). В пруду №8 общая минерализация – 328,1 мг/л. Обнаружено наличие нитритов, нитратов, фторидов, фосфатов.

В пруду №7 общая минерализация – 339,77 мг/л. Обнаружено наличие фосфатов, нитратов, фторидов.



Анализируя вышеприведенные графики можно сделать следующие выводы. По классификации Алекина все воды гидрокарбонатно-кальцевые, потому что во всех случаях максимум содержания, выраженной в %экв, приходится на  $\text{HCO}_3^-$  среди анионов и  $\text{Ca}^{2+}$  среди катионов. Причем в этой классификации В Нижнем Замковом пруду вода II типа ( $\text{HCO}_3 < \text{Ca} + \text{Mg} < \text{HCO}_3 + \text{SO}_4$ ), в пруду №3 – III типа ( $\text{HCO}_3 + \text{SO}_4 < \text{Ca} + \text{Mg}$ ), а в остальных – переходного между II и III типом. По классификации Зайцева, основанной на массовом содержании всех растворенных веществ, все воды являются нормально-пресными (минерализация – 0,1-0,5 мг/л). Высокое содержание ионов  $\text{HCO}_3^-$  согласовывается с рН вод прудов, который колеблется в пределах 7,8-8,0.

Что касается кислорода, тот его содержание полностью удовлетворяет закономерности изменений внутри годового хода. Из-за ледового покрытия, державшегося уже два месяца на момент взятия проб, содержание  $\text{O}_2$  уменьшилось, израсходовавшись на минерализацию органических веществ при отсутствии поступления извне. График содержания кислорода в воде прудов, на которых были взяты соответствующие пробы, изображен на рисунке 22.

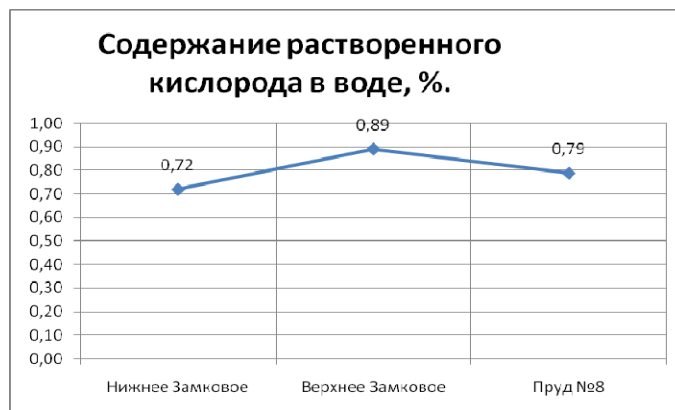


Рис. 22. Содержание растворенного кислорода в воде

Таблица 6. Результаты гидрохимического анализа проб воды из озер и прудов Калининградской области

		НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Сl <sup>-</sup>	сумма анион ов	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	сумма катион ов	сумма ионов	примечания	Электропроводность
№20, озеро у Замка (Нижний Замковый пруд)	мл	3,90				2,90	4,40					нитраты=20,18 нитриты=8,279 фториды=0,204	332,00
	мг/л	228,8	51,6	17,9	298,4	62,49	19,6	12,9	7,15	102,2	400,6		
	мг- экв/л	3,75	1,08	0,51	5,33	3,12	1,61	0,56	0,18	5,48	10,81		
	%-экв	34,69	9,95	4,68	49,32	28,85	14,9	5,22	1,69	50,68	100,0		
№51, т. 231 (Верхний Замковый пруд)	мл	4,20				3,4	5,25					нитраты=26,48 нитриты=26,83 фториды=0,157	400,00
	мг/л	246,4	58,1	27,3	331,8	73,26	24,1	17,7	9,20	124,40	456,2		
	мг- экв/л	4,04	1,21	0,77	6,02	3,66	1,99	0,77	0,24	6,65	12,67		
	%-экв	31,87	9,55	6,08	47,50	28,85	15,7	6,09	1,86	52,50	100,0		
№9, пруд №8	мл	3,20				2,6	3,8					нитраты=12,57 нитриты=5,189 фториды=0,155 фосфаты=0,453	310,00
	мг/л	187,7	34,8	16,0	238,7	56,03	15,6	11,3	6,30	89,40	328,1		
	мг- экв/л	3,08	0,73	0,45	4,26	2,80	1,29	0,49	0,16	4,74	9,00		
	%-экв	34,20	8,06	5,04	47,30	31,07	14,3	5,50	1,79	52,70	100,0		
№15, т. 244, пруд №7	мл	3,30				2,5	4					нитраты=28,62 8	332,00
	мг/л	193,6	37,7	17,5	248,8	53,87	19,6	11,6	5,80	90,90	339,7		

	мг- экв/л	3,17	0,79	0,49	4,45	2,69	1,61	0,51	0,15	4,95	9,41	фториды=0,176 фосфаты=0,646	
	%-экв	33,73	8,35	5,25	47,33	28,58	17,1	5,37	1,58	52,67	100,0		
№2, пруд №3	мл	3,80				2,9	4,2					нитраты=23,35 фториды=0,172 фосфаты=1,365	54,00
	мг/л	222,9	34,4	11,2	268,6	62,49	17,0	12,1	6,28	97,95	366,6		
	мг- экв/л	3,65	0,72	0,32	4,69	3,12	1,40	0,53	0,16	5,21	9,90		
	%-экв	36,93	7,25	3,21	47,38	31,51	14,1	5,35	1,62	52,62	100,0		
№10, Виштынец кое озеро, бухта Тихая	мл	2,10				4,9	6					нитраты=6,877 фториды=0,112 фосфаты=0,675	210,00
	мг/л	123,2	12,0		142,1	45,46	6,19	3,42	2,62	57,69	199,8		
	мг- экв/л	2,02	0,25	0,19	2,46	2,27	0,51	0,15	0,07	2,99	5,46		
	%-экв	37,00	4,60	3,56	45,15	41,56	9,33	2,72	1,23	54,85	100,0		

## 2.7 Состояние гидротехнических сооружений

Каскад прудов, расположенных южнее г. Черняховска (бывший Инстербург), сооружен в довоенный период. Для устройства этих прудов использованы естественные понижения рельефа местности, расположенные вдоль русла ручья Стрелкового, и его левого рукава, принимающих поверхностный сток и грунтовые воды, собираемые мелиоративно-осушительной сетью с обширной территории водосборной площади этих ручьев.

Каскад прудов с комплексом гидротехнических сооружений на них и водосбросной тракт, по которому вода из прудов сбрасывается в р. Анграпу, представляют собой сложную инженерную систему, все сооружения которой тесно взаимодействуют друг с другом. Основой каскада являются 10 рыбоводных прудов, которые находятся на балансе ООО «Черняховское объединенное охотничье-рыболовное хозяйство». В парковой зоне г. Черняховска расположены 2 Замковых пруда, используемых населением города для отдыха и рыбной ловли. Создание рыбоводных прудов, расположенных выше г. Черняховска предполагало комплексный характер их использования. В состав этого комплекса могло входить: рыборазведение, создание запаса воды для питьевого и технического водоснабжения, возможность аварийной промывки канализационной системы.



Рис. 23. Закрытый водовод, проложенный от левого берега Нижнего паркового пруда

В настоящее время пруды используются для целей рыборазведения с последующей реализацией в интересах Общества рыболовства и охотников г. Черняховска. Это общество занимается и эксплуатацией прудов, состоящей в осуществлении аварийного и

мелкого текущего ремонтов гидротехнических сооружений и плотин соизмеримо имеющимся у Общества финансовым и техническим возможностям.

На каскаде прудов использованы следующие гидротехнические сооружения: водопропускные сооружения различных типов, в том числе водосбросы, каналы.

В ходе зимней экспедиции проводились рекогносцировочные и промерные работы на каскаде прудов в черте и выше г. Черняховска с целью установки состояния гидротехнических сооружений. Наиболее распространенными гидротехническими сооружениями является шахтный водосброс, совмещенный с трубчатым донным водовыпуском (рис. 23). Конструкция шахты трехстенная. Фасадная стена образует при установке шандор. Затвор, подъемник и служебный мостик как правило отсутствуют.

За длительный период использования прудов аварийные ситуации случались часто и практически на каждом пруду. В основном это были прорывы плотин, либо переливы воды через их гребень.

Наличие выше по течению г. Черняховска каскада прудов с общим запасом воды ориентировочно в обычном режиме 1,5 млн. куб м., в паводковый период около 3млн.куб.м, создает угрозу возникновения аварийной ситуации, в случае аварии на сооружениях какого-либо пруда. Так быстрое опорожнение одного из прудов в процессе аварии может привести к аварии гидротехнических сооружений пруда, расположенного ниже по течению. Такой несанкционированный, залповый сброс воды из рыбоводных прудов резко увеличит мгновенный расход воды в прудах. Открытое русло водосбросного тракта и закрытые водоводы, по которым проходит это русло на отдельных участках, не в состоянии вместить в себя такой катастрофический расход. Это приведет к размыву русла и подъему уровня воды, к затоплению поймы городского парка и другим разрушениям, масштабы и последствия которых трудно предугадать.

Вероятность возникновения катастрофы становится выше с каждым годом, так как износ гидротехнических сооружений прудов все возрастает. Возникла острая необходимость их ремонта, организации службы эксплуатации, выделение финансовых средств на содержание этой службы и проведение текущих ремонтов.

Рекомендации по использованию каскада прудов:

1. Поддерживать уровень воды в рыболовных прудах на минимально возможных отметках, позволяющих разводить и нагуливать рыбу, так как пропускная способность отдельных участков водосбросного тракта меньше чем пропускная способность водопропускных сооружений отдельных рыболовных прудов каскада;

2. По мере опорожнения рыболовных прудов при облове рыб произвести текущий ремонт плотин и водопропускных сооружений плотин;

3. Полное восстановление всех гидротехнических сооружений и плотин;

4. Установить правильный режим эксплуатации прудов и водопропускных сооружений по наполнению, перепуску из пруда в пруд и выпуску воды в систему водосбросного тракта;

5. Выполнить комплекс организационных мероприятий по недопущению возникновения аварийных ситуаций на прудах и наметить возможные пути их ликвидации.

Кроме того, необходимы:

- Расчистка и дноуглубление прудов средним слоем 0,5м;
- Планировка и заложение береговых откосов 1:3, с креплением их засеваем трав по слою растительного грунта;
- Восстановление каналов, соединяющих пруды между собой (профилирование русла с приданием ему трапецеидального сечения и крепление откосов железобетонными плитами по песчано-гравийной подготовке, дно выстилается песчано-гравийной смесью для создания необходимых уклонов).
- Реконструкция существующих водосбросов для поддержания уровня в прудах, обеспечивающих средние глубины 1,5 м на территории парка и в рыбоводных прудах на минимально возможных отметках, позволяющих разводить и нагуливать рыбу.

## **2.8 Гидробиология рек**

Во время зимней экспедиции были отобраны пробы бентоса (организмы, живущие на дне водоема) из двух рек: река Красная и реки Анграпа. Отбор пробы из реки Красная производился в пределах города Гусева, из Анграпы – в г. Черняховске. Бентос из реки Красная был отобран на расстоянии 80 метров выше ее слияния с рекой Писсой. Из реки Анграпы – уже после ее слияния с рекой Писсой в районе водомерного поста,

установленного во время экспедиции вблизи моста Радужный. Проба в реке Анграпа была отобрана из ила. Из реки Красной были отобраны две пробы: из ила и из гравия.

Производилось определение индекса Вудивиса, по которому определялся соответствующий класс качества воды.

Результаты анализа качества воды в реках Красная и Анграпа и перечень обнаруженных там организмов приводятся в таблице 7.

Таблица 7. Результаты гидробиологической оценки качества

Река	Название организмов	Кол-во в пробе	Класс качества воды
р. Анграпа	поденка	2	Умеренно загрязненная река
	двукрылые 1	1	
	двукрылые 2	2	
	хинономиды 1	7	
	олигохеты	3	
	хинономиды 2	1	
	индекс Вудивиса	6	
р. Красная (гравий)	ручейник (бездомиковый)	1	Загрязненная река
	поденка	1	
	двукрылые	1	
	хинономиды 1	12	
	хинономиды 2	3	
	индекс Вудивиса	5	
р. Красная (ил)	олигохеты	8	Очень грязная река
	личинка стрекозы	1	
	моллюск горошина	1	
	индекс Вудивиса	2	



Рис. 24. Водяной скорпион, обнаруженный в толще льда озера

По результатам гидробиологического анализа, р. Анграпа имеет довольно высокое качество воды для реки, протекающей на территории города, в отличие от реки Красной, которая ближе к берегам (ил) имеет чрезвычайно низкое качество воды, слегка улучшающееся к середине реки (гравий). К сожалению, данные о качестве воды, полученные при помощи гидробиологической оценки можно рассматривать только в качестве дополнения к гидрохимической оценке, поскольку бентосные пробы получились не репрезентативными.

## 2.9 Гидрохимия рек

Во время зимней студенческой экспедиции в Калининградскую область, проходившей в период с 26.01 по 4.02, на изучаемой территории проводились гидрохимические исследования. Они включали в себя измерение электропроводности и рН, отбор проб для дальнейшего определения концентраций главных ионов в лабораторных условиях, отбор проб на содержания растворенного в воде кислорода.

В общем, было отобрано 28 проб на химический анализ и 24 пробы на кислород из 5 прудов, 1 озера и 15 водотоков.

Рассмотрим химический состав вод рек и ручьев Калининградской области.

Для речных вод характерна малая минерализация. Воды водотоков Калининградской области относятся к гидрокарбонатному классу, кальциевой группе, II или III типа. Максимальное значение минерализации обнаружено в пробе №5 взятой из



ручья из 7 пруда в 8, оно составляет 877 мг/л. В пробе № 7, взятой из истока реки Писса, обнаружена минимальная для водотоков минерализация, она составляет 233 мг/л.

Анализ воды в пробах выявил три типа вод этой территории.

Первый тип вод можно охарактеризовать как фоновый, в большинстве рек и ручьев преобладает именно этот тип вод (в 17 из 22). В данном типе вод преобладают ионы кальция и гидрокарбонатов (36 и 37% соответственно). Ионы хлора не превышают 6,5 %. Содержание ионов натрия и калия в пределах от 3,5 1,5 % соответственно. Фоновый тип вод характеризует геологические, метеорологические и антропогенные условия данного региона, влияющие на химический состав вод, причем стоит заметить, что данная территория давно подвержена человеческому влиянию.

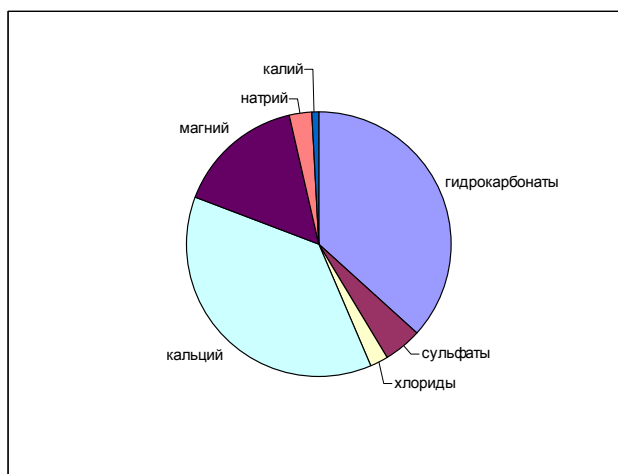


Рис. 25. Процентное содержание ионов в пробе №25. (р. Анграпа, Радужный мост)

Второй тип вод обнаружен в пробе № 50, взятой из родника в пос. Боровиково. По химическому составу данные воды являются типичными подземными. Их характеризует преобладающее содержание гидрокарбонатов и кальция, причиной чего могут быть карбонатно-кальциевые породы данной территории, которые ими дренируются. Значение минерализации в данной пробе составляет 471 мг/л. Так же стоит заметить, что родник является питьевым. Содержание фторидов и фосфатов в данной пробе минимально.

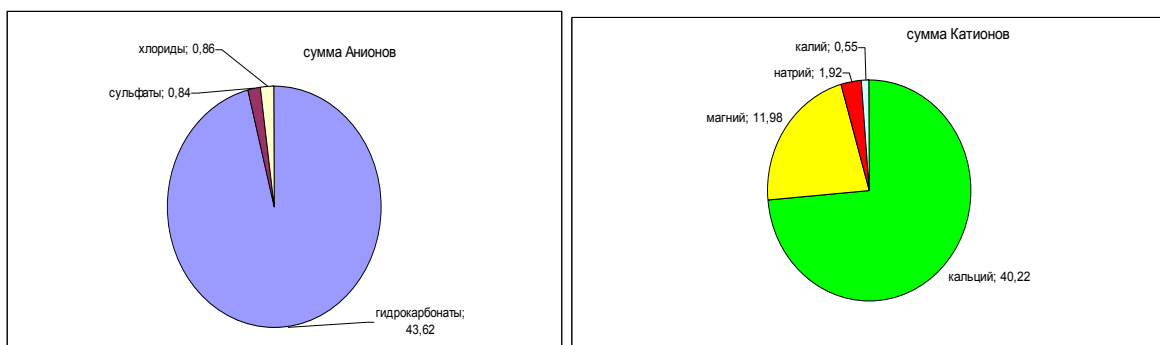


Рис. 26. Процентное содержание катионов и анионов в пробе №50 (родник в пос. Боровиково)

Третий тип вод был обнаружен в трех водотоках: р. Чернупе и ручьях соединяющих пруды. Они характеризуются повышенным содержанием сульфатов и хлоридов, а также некоторым превышением содержания натрия. Причину подобного точно определить по имеющимся данным невозможно. Это может быть влияние интразональных пород, которые эти воды дренируют, влияние осадков морского происхождения или антропогенное загрязнение. Так как все пробы отобраны в пределах г. Черняховска, последняя причина является наиболее вероятной. Также в пользу этого говорит минерализация данных проб, она выше фоновой. В пробах отмечено повышенное содержание нитратов, нитритов, фосфатов и фторидов. Вода из этих ручьев обладает специфическим неприятным запахом. Значение рН во всех водах данного региона колеблется от 7,7 до 7,9.

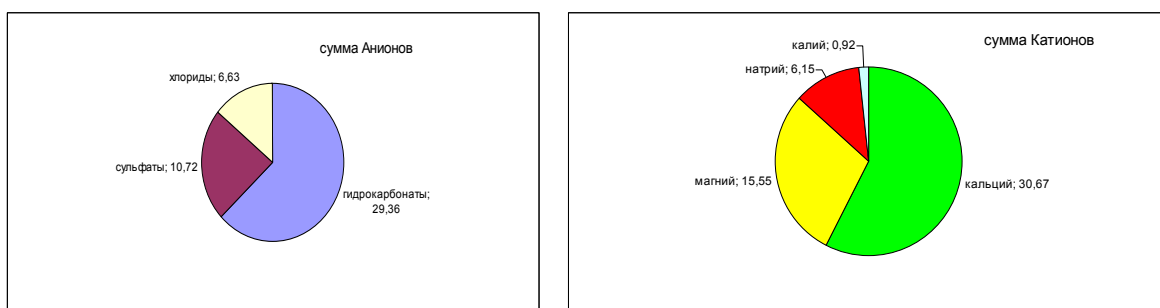


Рис.27. Процентное содержание анионов и катионов в пробе №5(ручей из 7пруда в 8)

#### Распределение кислорода в реках

Для определения кислорода существует множество методов, основанных на различных принципах. Мы использовали метод Винклера.

Главными источниками поступления кислорода в поверхностные воды являются процессы абсорбции его из атмосферы и продуцирование в результате фотосинтетической деятельности водных организмов. Абсорбция кислорода из атмосферы происходит на

поверхности водоема. Скорость этого процесса повышается понижением температуры, степени насыщения воды кислородом и повышением атмосферного давления.

Потребление кислорода в воде связано с химическими и био- химическими процессами окисления органических и некоторых неорганических веществ ( $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $NH^+$ ,  $H_2S$ ,  $CH_4$ ,  $H_2$  и др.), а также с дыханием водных организмов. Скорость потребления кислорода увеличивается с повышением температуры, количества бактерий и других водных организмов и веществ, подвергающихся химическому и биохимическому окислению.

Используемый в описываемой экспедиции метод Винклера приобрел некоторую неточность в связи с тем, что в ряде случаев температура воды не определялась принималась за 0 градусов. Также полученные погрешности объясняются отбором проб у поверхности воды, в совокупности с человеческим фактором. Результаты измерений представлены в табл. 8 **Error! Reference source not found.**

Таблица 8. Результаты гидрохимического анализ в водотоках Калининградской области

Место отбора	Содержание кислорода	Температура	Процентное насыщение кислорода
приток Анграпы(низ), г. Озерск	13,69	0,00	0,93
приток Анграпы(верх) г. Озерск	10,83	0,00	0,74
р. Анграпа, узел слияния	13,37	0,00	0,91
р.Анграпа, мост Радужный	13,61	6,00	1,09
ручей в озеро 8	9,23	-0,50	0,63
р. Инструч, автост	5,33	0,00	0,36
р. Красная	14,65	0,00	1,00
р. Чернупа, при впадении в Анграпу	15,52	0,00	1,06
р. Чернупа, выход из озера	12,66	0,00	0,86
р. Преголь, выше впадения р. Лавы	8,52	0,00	0,58
р. Писса, выше слияния с Красной	8,28	0,00	0,57
р.Нерпа	11,30	0,00	0,77

р. Преголь, после впадения Лавы	14,41	0,00	0,98
р. Лава	15,68	0,00	1,07
р. Дейма	15,12	0,00	1,03
р. Синяя	15,52	-0,30	1,06
р. Красное верховье	14,65	-0,30	1,00
исток реки Писса, озеро Виштинецкое	14,65	1,00	1,03

Минимальное процентное содержание кислорода отмечается в пробе №1. отобранной на реке Инструч: 0.36%. Это можно объяснить наличием ледового покрова, который препятствует поступлению кислорода из атмосферы, а также активным потреблением его живыми организмами. Также это может свидетельствовать о загрязнении водотока.

Максимальное процентное содержание превышает 100%, что свидетельствует об ошибках определения температуры. Это говорит о малом содержании органики (так как кислород не используется для ее окисления в условиях ледостава). Также это может объясняться поступлением тающей от снега воды на поверхность реки, откуда отбирались пробы. Максимальное значение было достигнуто у моста Радужного, где был организован гидропост, в пробе №6. В момент отбора этой пробы поверхность воды имела еще не затрудненный льдом контакт с воздухом, а также обладала высокой температурой. (6°C)

Стоит отметить, что среднее содержание кислорода в реках, покрытых льдом, составляет около 80%, тогда как в большинстве изучаемых реках это значение увеличено.

## 2.10 Русловые процессы

Направленность русловых процессов рек Калининградской области в настоящее время определяется особенностями водного режима рек, кинематикой потока, крупностью и величиной стока руслообразующих наносов.

Крупнейшей рекой в калининградской области является р. Преголь. Бассейн Преголи располагается в пределах озерно-ледниковой и морской низменной равнины, сложенной песками и торфами. Это определяет свободное развитие русловых деформаций на всех реках бассейна и песчаный состав руслообразующих наносов. Берега Преголи сложены глинами либо торфами. В среднем и нижнем течении Преголя судоходна, на значительном протяжении (175-119 км) шлюзована. На перекатах выполняются

дноуглубительные работы; на участке 37-73 км от устья проведено сплошное выправление русла двусторонними каменными полузапрудами.

Русло Преголи свободно меандрирующее, с большими количеством песчаных перекатов. Горизонтальные деформации местами полностью отсутствуют из-за шлюзованности и выправительных сооружений. В нижнем течении выделяется большой пойменный рукав Старая Преголя длиной более 10 км.

Также в г. Черняховске были изучены русловые процессы на р. Анграпа. Участок обследования реки составил около 6 км. Русло реки, врезанное прямолинейное на участке реки 5-4,5 км и 3,5-2,7 км от устья. На остальном участке реки врезанные микроизлучины. Русловые деформации на р. Анграпе горизонтальные (горизонтальные связанные с размывами или наращиванием берегов). На расстоянии 10 км от слияния с Инстручем, расположена сегментативная излучина. Горизонтальные деформации развиваются как вследствие гидравлической структуры потока, так и вследствие местных изменений его живой силы и транспортирующей способности. Горизонтальные деформации по времени относятся к направленным, в пространстве относятся к локальным.

Начиная от слияния рек Аграпа и Инструч, были проведены исследования русловых процессов на тех частях рек, которые находятся в пределах города Черняховска. Исследования проводились с целью выделения опасных для хозяйственной деятельности участков долины реки. Наблюдения производились визуальными методами. Во время наблюдений измерялись различные параметры размывов берегов. По результатам построена карта размываемых берегов на р. Анграпа.



с. 28. Карта размываемых берегов на р. Анграпа

### 2.11 Зоны смешения

Характерной особенностью водных объектов является неоднородность их гидрофизических характеристик. Температура, минерализация, мутность, скорость течения обычно неодинаковы по длине, ширине и глубине рек, озер и водохранилищ. Особый случай их изменения связан с взаимодействием соединяющихся водных потоков.

Сливаясь, реки образуют новый водоток, расход воды в котором равен расходам воды взаимодействующих потоков. Более сложно изменяются их физические, химические, биологические, гидравлические и морфометрические характеристики. Процесс их изменения называется смешением. Смешение природных вод – процесс, связанный с изменением гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических характеристик двух или более сливающихся водных масс под влиянием процессов перемешивания, разбавления и самоочистения.

В ходе экспедиции было подробно изучено два узла смешения: впадение реки Красной в реку Писса и слияние рек Инструч и Анграпа в районе Черняховска. Рассмотрим их детально.

Расход воды и величина минерализации в Писсе и Красной значительно различаются ( $3,34 \text{ м}^3/\text{с}$  и  $260 \text{ мг/л}$  для Красной и  $9,35 \text{ м}^3/\text{с}$  и  $342 \text{ мг/л}$  для Писсы). На основании этих данных можно получить расчетную величину минерализации в р. Писса после впадения в нее р. Красной, которая определяет створ достаточного перемешивания. Она равна  $320 \text{ мг/л}$ . При сравнении этого значения с натурными данными оказывается,

что этот створ находится на расстоянии 30 метров от места соединения водотоков (рис. 23).

Зона смешения частично заходит в русло реки Красной вследствие подпора водами р. Писсы. Это видно по изменению минерализации по мере приближения к месту соединения рек (рис. 30).

В зоне активного перемешивания можно выделить участок с минерализацией, которая выше, чем в Писсе и Красной (387 мг/л). Это может быть связано либо со сбросом сточных вод, либо с выходом подземных более минерализованных вод, что более вероятно, так как в этой части речной долины отсутствуют какие-либо постройки и предприятия. На расстоянии 10 м от места соединения водотоков минерализация возвращается к значению минерализации р. Писса, а далее происходит снижение минерализации до створа достаточного перемешивания.

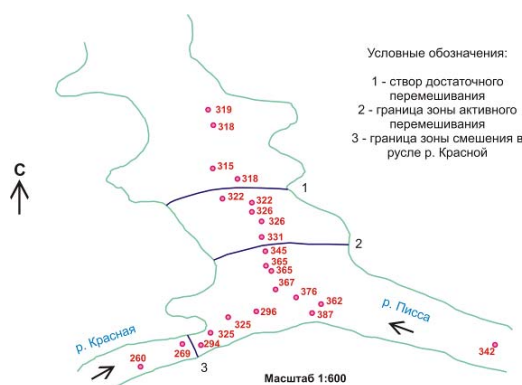


Рис. 29. Выделение зоны смешения при впадении р. Красная в р. Писса (город Гусев)

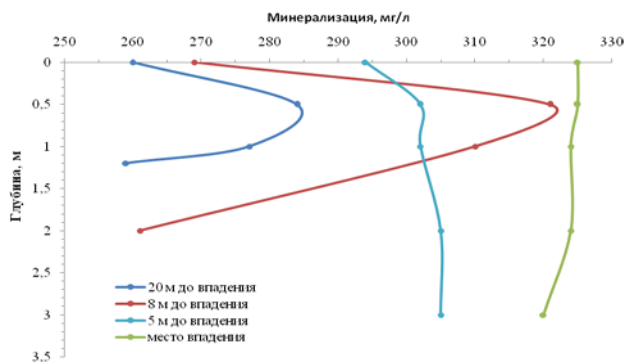


Рис. 30. Распределение минерализации р. Красная по глубине и длине

При слиянии Анграпы и Инструча зона смешения имеет более сложное строение. На протяжении всего изученного участка (около 240 м) воды этих рек почти не смешиваются. Часть более минерализованных вод Анграпы (281 мг/л) идет вдоль левого берега Преголи, а воды Инструча с пониженной по сравнению с другой рекой

минерализацией (215 мг/л) – вдоль правого, и лишь небольшая часть поперечного сечения Преголи участвует в перемешивании. Это зона стрежня с повышенными глубинами и скоростями течения. В связи с тем, что в устье Инструча в период наблюдений был ледостав, часть его вод проникло в русло Анграпы, тем самым расширяя границу зоны смешения.

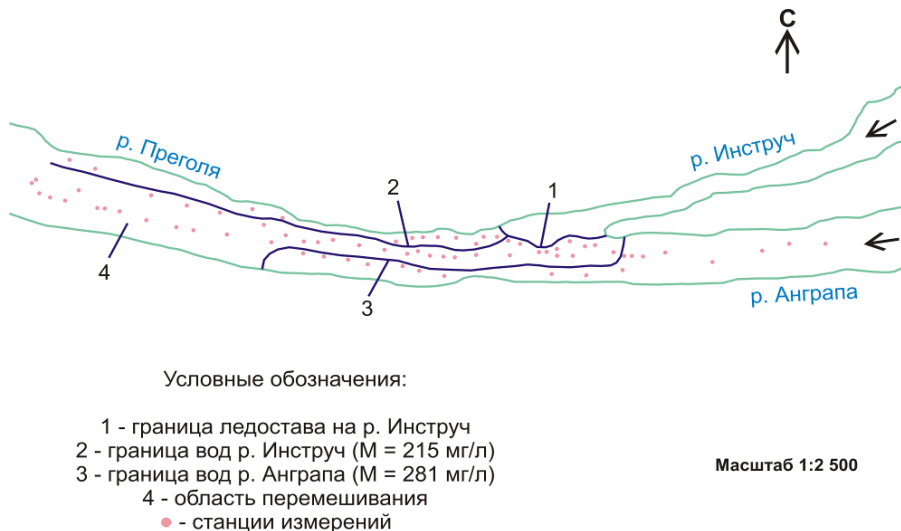


Рис. 31. Выделение зоны смешения при слиянии рек Анграпа и Инструч (район города Черняховск)



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Для исследования влияния трансграничных рек изучены реки, текущие с территории Польши и Литвы (рр. Лава, Анграппа, Красная, и др.) и для сравнения обследованы водотоки внутренних водосборов (р. Инструч, Писса, Чернупа, Синяя и др.).

На водотоках измерялись глубины, расходы воды, скоростные характеристики потока, температура воды, электропроводность, содержание кислорода.

В пределах города Черняховска изучены русловые процессы на реках и составлена карта опасных горизонтальных деформаций.

На прудах города Черняховска и озере Виштынецком изучалось распределение основных характеристик по глубине водоемов. На прудах также оценено их заиливание, которое достигает 30-50 см.

В узлах слияния рр. Инструч и Анграппа, Писса и Красная, Лава и Преголя изучен характер зон смешения и установлена его зависимость от гидравлических и морфометрических характеристик потока и русла.

Исследования показали, что реки, формирующиеся на территории Польши и Литвы, отличаются чистотой, тогда как после прохождения крупных населенных пунктов на территории Калининградской области их качество значительно ухудшается. Снегомерная съемка, проведенная в различных ландшафтах области, установила повышенную высоту снега и запасов воды в нем, что может привести к катастрофическому половодью.

Работы проводились при поддержке администрации г. Черняховска и сотрудников НКО «Фонд «Дом-Замок» Инстербург.

### Список литературы:

1. Алексеевский Н. И. Гидрофизика, М.: Издательский центр "Академия", 2006. - 176 с.
2. Важнов А. Н. Гидрология рек. М. Изд-во Моск. ун-та, 1976. 239.с.
3. Вудивис Ф. Биотический индекс р.Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование //Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Труды советско-английского семинара. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 132-161.
4. Гидрология и гидротехнические сооружения / Г. Н. Смирнов [и др.]. - М.: Высш.шк., 1988. - 471 с. : ил. - 1.40 р.
5. Гидротехнические сооружения : учеб. для вузов: в 2 ч. / Л. Н. Рассказов [и др.] ; под ред. Л. Н. Рассказова. - М.: Стройиздат, 1996.
6. Евстигнеев В. М. Речной сток и гидрологические расчеты, М.: Изд-во МГУ, 1990. - 304 с.
7. Костомаров В., Балтийский регион и параметры безопасности. Янтарный край. - М.: Лань, 1993 г.
8. Маккавеев Н. И., Чалов Р. С. Русловые процессы. М., МГУ, 1986, 264 с.
9. Михайлов В.Н. Гидрология устьев рек: Учебник, М.: Изд-во МГУ, 1998. - 176 с.
10. Никитина Н.А., Чалов Р.С. Узлы слияния рек и их морфологические типы// Геоморфология. 1988. - №4, с. 64-70.
11. Никитина Н.А. Русловые процессы в узлах слияния рек. Автореф. дисс.,МГУ, Геогр. Фак., 11.00.07. М.:4989. 20 с.
12. Никаноров А.М. Гидрохимия. Учебник. Издание 2е. - С-Пб. Гидрометеиздат, 2001
13. Определение основных расчетных гидрологических характеристик: СП 33-101-2003. Гос.Ком. РФ по строительству и жилищно-коммунальному комплексу (Госстрой России). М.:2004.70 с.
14. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В.А Абакумова Л. Гидрометеиздат, 1983. 239с.