

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт экологии и географии  
Кафедра географии

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Г.Ю. Ямских  
подпись инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

05.03.02 География

05.03.02.02 Физическая география и ландшафтоведение

**Долгосрочный прогноз бокового притока в Красноярское водохранилище  
на примере реки Туба**

Научный  
руководитель

\_\_\_\_\_   
подпись, дата

доц., канд. биол. наук  
должность, учёная степень

О. А. Кузнецова  
инициалы, фамилия

Выпускник

\_\_\_\_\_   
подпись, дата

Е. С. Сараева  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_   
подпись, дата

И. А. Вайсброт  
инициалы, фамилия

Красноярск 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 История развития службы гидрологических прогнозов в Красноярском крае .....	5
1.1 Становление и развитие отдела гидрологического прогнозирования Среднесибирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды .....	5
1.2 Современная организация службы гидрологических прогнозов .....	10
2 Теоретические основы прогнозирования .....	13
2.1 Наблюдения за состоянием водных объектов и их использование российской службой гидрологического прогнозирования .....	13
2.2 Физические основы гидрологического прогнозирования .....	17
2.3 Классификация и методы гидрологических прогнозов .....	18
2.4 Связь гидрологических прогнозов с прогнозами погодных условий и основные требования к ним .....	20
3 Характеристика исследуемых водных объектов .....	21
3.1 Физико-географическая характеристика бассейна Красноярского водохранилища .....	21
3.2 Физико-географическая характеристика реки Туба .....	29
3.3 Гидрометеорологическая изученность бассейнов .....	32
3.4 Условия формирования весенне-летнего половодья .....	40
3.4.1 Характеристика наводнений и их особенности на реке Туба .....	40
3.4.2 Зажорно-заторные явления на р. Туба .....	44
3.4.3 Анализ наблюдений за расходом воды реки в период половодья ...	44
4 Долгосрочный прогноз бокового притока в Красноярское водохранилище на примере реки Туба .....	47
4.1. Исходные данные .....	47
4.2 Применение метода множественной корреляции в гидрологических прогнозах .....	48
4.3 Методика прогноза бокового притока воды в Красноярское водохранилище за второй квартал .....	51
4.4 Анализ результатов расчетов .....	54
4.5 Оценка качества методики .....	64
4.6 Оценка качества методики на независимом материале .....	65
Заключение.....	67
Список использованных источников.....	68
Приложение А Характеристика крупных притоков Тубы .....	74
Приложение Б Результаты расчета бокового притока в Красноярское водохранилище по уравнению за 1972-2015 гг. ....	76
Приложение В Результаты расчета бокового притока в Красноярское водохранилище по уравнению за 2016-2021 гг. ....	78

## ВВЕДЕНИЕ

На территориях озерных и речных водосборов с различной неоднородностью географической среды, развиваются гидрологические явления как результат целого комплекса сложных процессов, протекающих в атмосфере, на поверхности суши, а также в толще литосферы. Проявляющаяся разнородность и многочисленные взаимосвязанные между собой факторы, оказывающие существенное влияние на условия формирования гидрологических явлений, определяя ключевую причину сложности предвидения будущего состояния водных объектов и характера его изменений.

Так как режим водных объектов обуславливается определенными погодными условиями, предсказание его изменений зависит от характера и степени развития, точности метеопрогнозов. Одно из важных направлений гидрологии суши – гидрологические прогнозы – использует научно обоснованные методы количественного предсказания размера, сроков, особенностей будущего состояния водоемов и водотоков. Очевидно, что гидрологические прогнозы включают в себя элементы определенной вероятности, и не всегда могут отличаться высокой степенью точности, из-за невозможности учета всех факторов, которые определяют изменения режима водных объектов. Несмотря на это, оценка состояния и прогнозы динамики водного режима рек под влиянием природных и антропогенных факторов являются одними из наиболее важных в области современной гидрологии. В настоящее время они играют существенную роль при проектировании водохозяйственных мероприятий, в процессе оценки оказываемого ими влияния на окружающую среду, для разработки целенаправленной долгосрочной политики в области развития водного хозяйства и управления крупными водохозяйственными системами с водохранилищами комплексного использования. Особенно они актуальны для целого ряда российских регионов, где наблюдается вероятность возникновения и развития опасных гидрологических явлений.

**Цель работы** – составление долгосрочного прогноза бокового притока в Красноярское водохранилище и оценка вклада реки Туба

**Задачи:**

- рассмотреть общую характеристику водных объектов, включая основные характеристики и типы режимов;
- выполнить прогноз бокового притока Красноярского водохранилища на основе составленной методики и проанализировать результаты;
- дать оценку вклада реки Туба в боковой приток Красноярского водохранилища.

**Объект исследования:** река Туба бассейна Красноярского водохранилища.

**Предмет исследования:** динамика бокового притока в Красноярское водохранилище.

Работа выполнялась по материалам, полученным во время прохождения производственной практики в летний период 2021 года в отделе гидрологических прогнозов на базе ФГБУ «Среднесибирское УГМС», а также непосредственно в процессе наблюдений на Красноярском водохранилище и участке р. Туба.

**Методы исследования:** работа была выполнена с использованием теоретического, статистического, аналитического и графического методов.

**Апробация работы.** По теме работы опубликована статья, материалы которой представлены на XXIII Международном научно-практическом форуме студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и наука XXI века» (г. Красноярск, 2022 г.).

# **1 История развития службы гидрологических прогнозов в Красноярском крае**

## **1.1 Становление и развитие отдела гидрологического прогнозирования Среднесибирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды**

В 1940 г. на базе созданного еще в 1934 г. Красноярского управления Единой гидрометеорологической службы (с 1949 г. – Красноярское управление гидрометслужбы, с 1979 г. – Красноярское территориальное управления по гидрометеорологии и контролю природной среды, с 1998 г. – Среднесибирское межрегиональное территориальное управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды) был организован сектор гидрологического прогнозирования под руководством прибывшего в г. Красноярск после окончания ХГИ первого инженера-гидропрогнозиста Нежиховского Рувима Афроимовича (рисунок 1). Ученый возглавил создание гидрометеорологического фонда материалов наблюдений, выполнение шести первых оперативно-методических работ по прогнозированию, обеспечил контакт с заинтересованными организациями [33].



Рисунок 1 – Нежиховский Р. А. [33]

В течение 1940-1944 гг. были выполнены первые оперативные методические работы по прогнозированию основных элементов весеннего половодья, вскрытия и замерзания р. Енисей. Деятельность Нежиховского сыграла важную роль в развитии оперативной и исследовательской работы в области гидрологических прогнозов в Красноярском крае. Получив степень д. т.н., он работал ведущим специалистом ГГИ, успешно осуществляя научные исследования в различных направлениях гидрометеорологии.

В период 1946-1950 гг. было создано Бюро погоды, в которое включили сектор гидрологических прогнозов. С 1945 года по 1959 год последним руководил Лисер И. Я. (рисунок 2).



Рисунок 2 – Лисер И. Я. [33]

Свою трудовую деятельность он начал в Красноярском УГКС еще в 1944 г. после завершения учебы в высшем военном гидрометеорологическом институте. За период его руководства сектор гидрологического прогнозирования был преобразован в оперативное подразделение, сотрудниками которого было разработано 32 метода прогнозов водного и ледового режимов рек, налажено деловое сотрудничество с главными организациями («Красноярсклес», «Енисейское речное пароходство», экспедиция Ленгидропроекта и др.). Особый акцент делался на всестороннее изучение и анализ наиболее сложных и опасных гидрологических явлений, в т. ч. процессов образования заторов льда на реках [41].

В течение 1949-1966 гг. в данном отделе осуществляла работу по прогнозированию водного режима Енисея и его притоков (рек Туба, Кан, Подкаменная Тунгуска и др.) Кицан Вера Трофимовна (рисунок 3).

Благодаря ее активному участию был создан общий каталог опасных уровней воды по рекам бассейна р. Енисей на всей территории двух регионов (Красноярского края и Тувинской АССР). В 1960-1970 годах шло интенсивное освоение гидрологических ресурсов Сибири, в этот период была построена и введена в эксплуатацию одна из крупнейших гидроэлектростанций на реке Енисей – Красноярская ГЭС, начато создание Усть-Хантайской и Саяно-Шушенской ГЭС. Это определило основное направление деятельности отдела гидропрогнозов с целью обеспечения высококачественного обслуживания народного хозяйства, было разработано около 10 оперативно-методических работ по замерзанию, 3 по вскрытию, большое количество методик по расчету и прогнозированию притока воды к створам гидроэлектростанций.



Рисунок 3 – Кицан В. Т. [33]

В 1954-1974 годов в отделе гидропрогнозов работал Чернов Иван Михайлович (рисунок 4). В течение 15 лет, начиная с 1959 г., он руководил отделом, а в 1975-1991 гг. возглавлял бюро погоды.



Рисунок 4 – Чернов И. М. [33]

За период своей деятельности Чернов И. М. осуществил значительный объем исследований в области прогнозов водного и ледового режимов рек, притока воды в сибирские водохранилища ГЭС, впервые привлек к расчетам данные высотной барической топографии, которые позволили существенно увеличить заблаговременность и точность составляемых прогнозов. По результатам работы им было опубликовано свыше 30 научных статей в трудах НИИ [33].

В 1971-1990 годах одним из основных направлений развития народного хозяйства стало создание территориально-промышленных комплексов. В этот

период вся исследовательская деятельность отдела была направлена на обеспечение точными прогнозами крупнейшие новостройки гидроэнергетики Сибири, судоходство на реке Енисей, лесосплав и др. С 1974 г. по 1986 г. отделом гидрологического прогнозирования руководила Поляковская Инна Дмитриевна (рисунок 5).



Рисунок 5 – Поляковская И. Д. [33]

Как ведущий специалист по проведению оперативного прогнозирования водного и ледового режимов водных объектов, она внесла огромный вклад в разработку методов прогноза притока воды в такие крупные водохранилища края (Саяно-Шушенское и Красноярское), а также в прогнозирование уровней воды на реках в период весеннего половодья и дождевых паводков, уделила большое внимание актуальной проблеме замерзания р. Енисей в условиях зарегулирования стока. Большая часть ее работ была издана в Трудах НИИ.

С 1987 г. по 1990 г. возглавляла отдел Кривошеева Валентина Павловна (рисунок 6). В число ее обязанностей входило оперативное обслуживание организаций народнохозяйственного значения, разработка методик краткосрочного прогнозирования водности в период весеннего половодья с учетом водоотдачи для рек Большой Пит, Подкаменная Тунгуска с ограниченным периодом навигации, а также для реки Кача. Она внесла большой вклад в анализ снегомерных наблюдений в горах Восточного и Западного Саяна с целью учета в долгосрочных прогнозах притока воды в водохранилища Енисейских ГЭС. Все основные результаты ее исследовательской работы были представлены в трудах НИИ [41].





Рисунок 6 – Кривошеева В. П. [33]

В течение 1991-1998 гг. руководство отделом осуществляла Киселева Нина Николаевна (рисунок 7). К числу основных вопросов, которые она успешно решала, относятся: улучшение обслуживания народного хозяйства, разработка приемов и методов прогнозирования ледового режима на р. Енисей и его притоках, а также квартального и месячного притоков в водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС.



Рисунок 7 – Киселева Н. Н. [33]

В течение двух последующих десятилетий благодаря деятельности сотрудников отдела гидрологического прогнозирования в 2 раза увеличилось число выпускаемых гидрологических прогнозов, значительно повысилась их оправдываемость и заблаговременность для решения задач по улучшению обслуживания различных отраслей народного хозяйства [52]. Усилиями ведущих гидрологов были успешно выполнены изучение и математический анализ гидрологических процессов, определение важнейших параметров гидрологических моделей с целью повышения надежности прогнозов. Важным достижением данного периода стали разработка и широкое применение в

оперативной практике целого ряда математических моделей для прогнозирования уровней и расходов воды в бассейне реки Енисей.

Большой вклад в работу отдела гидрологических прогнозов внес профессор, д. г. н. Бураков Дмитрий Анатольевич (рисунок 8). Являясь сотрудником научного отдела Росгидромета, он разрабатывал различные методики, которые в дальнейшем нашли свое применение в отделе гидрологических прогнозов [51].



Рисунок 8 – Бураков Д. А. [51]

Он широко известен своими научными трудами в направлении гидрологического прогнозирования Приенисейской Сибири. В течение последнего десятилетия Бураков Д. А. успешно выполняет функции консультанта паводочной комиссии ЮНЕСКО. В целом ряде управлений Росгидромета в СФО и ДВО РФ внедрены разработанные им и под его научным руководством методики прогнозирования максимального стока рек, прогнозов ледовых явлений на водных объектах, прогноза притока в крупные сибирские водохранилища.

## **1.2 Современная организация службы гидрологических прогнозов**

С 2004 г. в соответствии с постановлением Правительства РФ № 372 «О Федеральной службе по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» и согласно вышедшему в 2008 г. постановлению Правительства РФ № 404 Росгидромет – федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по оказанию государственных услуг в гидрометеорологии и смежных с ней областях, а также мониторинга качества окружающей среды в установленном Правительством РФ порядке [43]. Данная служба находится во ведении Министерства природных ресурсов и экологии России. В ее состав включены семь территориальных органов (департаментов по федеральным округам), также 23 региональных управления гидрометеослужбы (Управления по гидрометеорологии и мониторингу

окружающей среды или УГСМ) как показано на рисунке 9. Разветвленная наблюдательная сеть службы включает более 4290 постов и 2615 действующих станций. По состоянию на май 2022 г. гидрологические наблюдения проводились на 2990 гидрологических постах, в т. ч. 2654 речных, 336 – на озерах и водохранилищах.

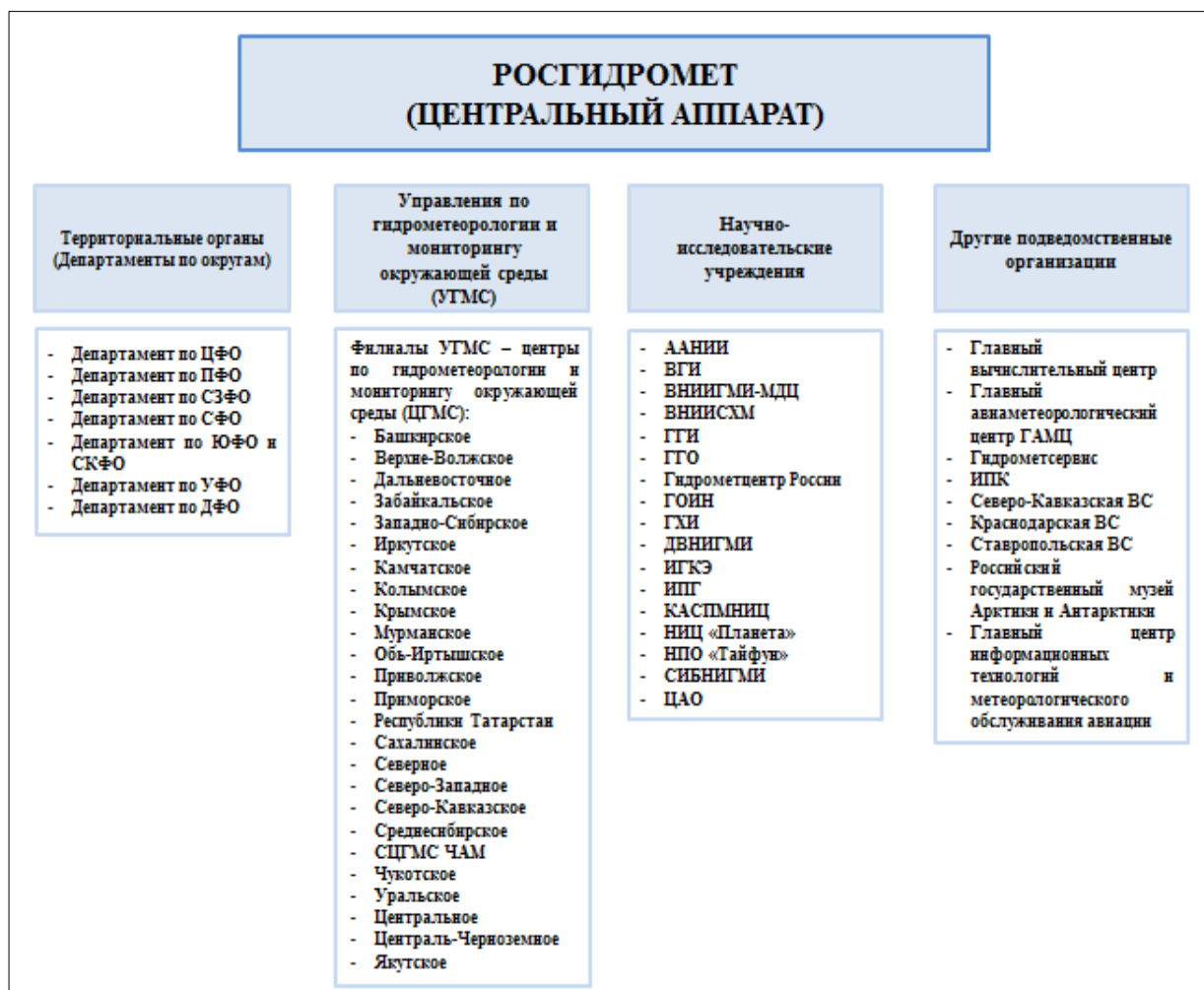


Рисунок 9 – Структура Росгидромета, центральный аппарат (составлено автором по данным <http://www.meteorf.ru/>)

Действующее на территории Красноярского края Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (в настоящее время – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» или ФГБУ «Среднесибирское УГМС») выполняет работы, оказание услуг в сфере гидрометеорологии и в смежных с ней областях для обеспечения реализации предусмотренных российским законодательством полномочий Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды на территории ряда регионов Сибири (Республика Тыва, Республика Хакасия, Красноярский край, за исключением гп. Диксон и п. Хатанга Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района). В последние годы руководителем управления является Костогладов К. Ю. [52].

Современный отдел гидрологических прогнозов, действующий в составе Росгидромета ФГБУ «Среднесибирское УГМС» и возглавляемый Путинцевым Львом Александровичем, успешно осуществляет составление оперативных гидропрогнозов по всем водным объектам территорий вышеуказанных регионов.

На стадиях подготовки и осуществления анализа оперативной информации о текущем и будущем состоянии и режимах исследуемых водных объектов успешно используются материалы наблюдений гидропостов, информационные сведения об изменениях показателей температуры и влажности воздуха и воды, объеме атмосферных осадков, общих водных запасах в снежном покрове и др. Многолетний и очень продуктивный опыт ведущих сотрудников отдела (Космаков В.Ф., Гордеев И.Н., Младенцева Л.А.) свидетельствует об эффективности и надежности заблаговременных предупреждений о подтоплениях и наводнениях прибрежных населенных пунктов.

Гидрологические прогнозы и предупреждения составляются для решения многих актуальных задач: от предсказаний кратковременных событий (подобных мгновенным паводкам) до прогностических оценок возможных сезонных водных запасов для целей энергетики, водообеспечения, орошения, судоходства и др. Для прогнозирования широко применяются разнообразные методы, начиная от эмпирических формул и корреляционных связей и заканчивая сложными математическими моделями, которые представляют и описывают все фазы водного баланса бассейнов рек. В отделе гидрологических прогнозов ФГБУ «Среднесибирское УГМС» осуществляется прогнозирование основных элементов водного и ледового режимов рек (рисунок 10).

Водный режим	Ледовый режим
<ul style="list-style-type: none"> <li>- прогноз максимальных уровней воды весеннего половодья;</li> <li>- декадный, месячный, квартальный прогноз притока воды в водохранилища Саяно-Шушенской и Красноярской ГЭС;</li> <li>- краткосрочные прогнозы уровней воды на временно судоходных реках;</li> <li>- краткосрочные прогнозы уровней воды на реках территории;</li> <li>- прогнозы наступления проектных уровней воды</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- долгосрочные и краткосрочные прогнозы сроков ледообразования на реках;</li> <li>- долгосрочные и краткосрочные прогнозы сроков вскрытия рек;</li> <li>- прогнозы нарастания толщины льда на реках</li> </ul>

Рисунок 10 – Основные элементы водного и ледового режимов рек в прогностических расчетах отдела гидрологических прогнозов ФГБУ «Среднесибирское УГМС» (составлено автором по данным <http://www.meteorf.ru/>)

Помимо составления гидрологических прогнозов отдел располагает всеми оперативными данными наблюдений на гидрологических постах территории ответственности ФГБУ «Среднесибирское УГМС».

## 2 Теоретические и методические основы гидрологического прогнозирования

### 2.1 Наблюдения за состоянием водных объектов и их использование российской службой гидрологического прогнозирования

Наблюдения, осуществляемые на гидрометеостанциях и постах, являются основой систематичных и точных сведений о состоянии водотоков и водоемов. Расположение наблюдательных станций и постов, сроки наблюдений и программа действий определяются с учетом возможности обеспечить всестороннее исследование режимов водных объектов для удовлетворения текущих запросов службы гидропрогнозов и различных заинтересованных организаций.

Современная сеть пунктов гидрологических наблюдений в России ежегодно расширяется, в настоящее время на всех водных объектах регулярно осуществляются исследования целого важнейших основных элементов режимов рек, озер и водохранилищ (рисунок 11).

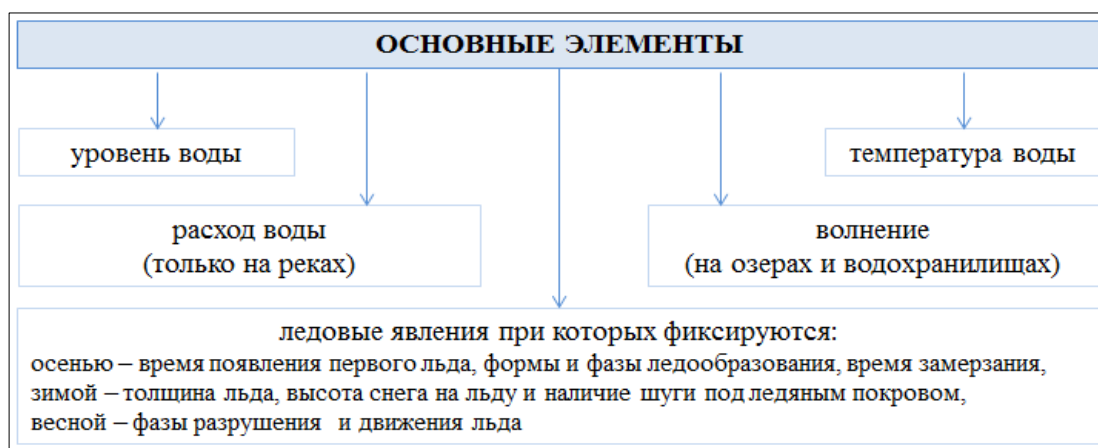


Рисунок 11 – Основных элементы наблюдений  
(составлено автором по данным Аполлова Б. А., 1974)

Измерение показателей температуры воды в водных объектах, в том числе искусственных, осуществляется с целью характеристики их теплового режима, выявления особенностей и закономерностей остывания и прогрева водных масс. Такие сведения наиболее важны в осенний период, который предшествует процессу образования ледяного покрова. Все указанные типы наблюдений относятся к инструментальным, позволяющим количественно охарактеризовать особенности состояния водотоков и водоемов [1].

Наблюдения за ледовыми явлениями выполняются визуально, и их результаты чрезвычайно важны в конце навигационного периода (завершения путей следования единичных судов или караванов). Данные снегомерных съемок, получаемые на всех станциях и постах регулярно (в определенные зимние календарные сроки), широко используются гидрологами в прогнозировании весеннего стока.

*Материалы наблюдений.* В качестве основных материалов, полученных в результате гидрологических наблюдений, определяющих водные режимы водотоков и водоемов, рассматривают ежедневные данные о расходах и уровнях воды на каждом пункте, объединенные в годовые таблицы гидрологических ежегодников (рисунок 12). Они в свою очередь включают информацию об особенностях и характере ледовых явлениях, толщине льда и изменении температурного режима водных объектов [42]. Эти данные необходимы для проведения оперативной оценки водности текущего года, длительности периода навигации, условий выработки электроэнергии и др.

<b>ЭЛЕМЕНТЫ ТАБЛИЦ ГОДОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УРОВНЕЙ И РАСХОДОВ ВОДЫ</b>
- средние за год уровни и расходы воды;
- наибольшие за год уровни и расходы воды и даты, когда они наблюдались;
- наименьшие за год уровни и расходы воды и даты их наступления;
- длительность периода открытого русла в днях и даты начала и конца этого периода уровни и расходы воды, обеспеченные в период открытого русла в течение 30, 60, 90, 120 и 180 дней;
- уровни и расходы воды, обеспеченные в течение 30, 60, 90 и 120 дней в период ледостава

Рисунок 12 – Элементы таблиц годовых характеристик уровней и расходов воды рек (составлено автором по данным Аполлова Б. А., 1974)

Элементы весеннего половодья регистрируются на всех пунктах наблюдений, для которых делаются прогнозы половодья (в т. ч. пункты, расположенные выше по течению реки, и на впадающих в нее притоках). Пример таблиц представлен на рисунке 13. Указываются среднемноголетние и крайние значения величины. Оформляются характеристики дождевых паводков. Для рек, на которых созданы каскады водохранилищ, составляются таблицы со значениями бокового притока со всей водосборной площади (между плотинами водохранилищ).

<b>ДАННЫЕ ТАБЛИЦ ХАРАКТЕРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ</b>
- характерные элементы весеннего половодья;
- характерные фазы подъема половодья – дата начала, общий подъем над предвесенним уровнем или расходом, продолжительность в днях, средняя и наибольшая интенсивность подъема и сток за этот период;
- наивысший уровень и наибольший расход половодья;
- время наступления наивысшего уровня и наибольшего расхода половодья;
- характеристики спада половодья – средняя и наибольшая интенсивность, дата окончания половодья, длительность спада, сток за период спада половодья;
- общая продолжительность половодья;
- грунтовый сток за период половодья;
- поверхностный сток за период половодья;
- общий сток половодья

Рисунок 13 – Данные таблиц с элементами весеннего половодья рек (составлено автором по данным Аполлова Б. А., 1974)

Для характеристики весеннего и осеннего периодов формируются фондовые таблицы ледового режима водных объектов (рисунок 14). Сведения о толщине льда и высоте снега на ледяном покрове реки, наличии шуги, заторов и зажоров на всех пунктах наблюдений, данные ледемерных съемок оформляют в таблицах, содержащих ежегодную информацию за период ледостава в конкретные сроки измерений (5, 10, 15, 20, 25 числа и последний день месяца).

<b>ДАННЫЕ ТАБЛИЦ ХАРАКТЕРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- время наступления разных ледовых явлений: заберегов, сала, ледохода и ледостава в осенний период, первых закраин, подвижек, вскрытия и очищения ото льда весной;</li><li>- уровни при ледоходе;</li><li>- длительность осеннего и весеннего ледохода;</li><li>- характеристики заторов и зажоров льда: продолжительность, максимальный подъем уровня, максимальная интенсивность подъема уровня, место образования затора или зажора и степень его опасности</li></ul>

Рисунок 14 – Данные таблиц с элементами ледового режима  
(составлено автором по данным Аполлова Б. А., 1974)

На всех пунктах наблюдений ежедневно измеряются показатели, температуры на базе, которых высчитывают средние величины (для каждой декады и среднемесячные), определяются их максимальные и минимальные значения, высчитываются средние многолетние за каждую декаду и крайние показатели температуры за полный период наблюдений [1].

Важный акцент делается на получение информации о снежном покрове (фактор, определяющий водный режим водных объектов). Результаты снегосъемок по снегомерным пунктам за полный период наблюдений сводятся в таблицы покрова снега (рисунок 15). Из данных (фондовых) по снегу составляются таблицы максимальных запасов воды в снеге в речных бассейнах и данные многолетних наибольших запасов воды в снежном покрове.

<b>ДАННЫЕ ТАБЛИЦ СНЕЖНОГО ПОКРОВА</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- дата установления снежного покрова;</li><li>- характеристика почвы, на которую выпал снег (сухая, влажная, мерзлая, талая);</li><li>- данные о высоте и плотности снега и запасе воды в нем для каждой снегосъемки;</li><li>- дата начала снеготаяния весной;</li><li>- дата схода снега в поле и в лесу;</li><li>- длительность периода снеготаяния в поле и в лесу;</li><li>- наибольший запас воды в снеге и время его наступления</li></ul>

Рисунок 15 – Данные таблиц снежного покрова  
(составлено автором по данным Аполлова Б. А., 1974)

К числу важных метеорологических элементов, которые характеризуют режим водных объектов, относят атмосферные осадки, температуру и влажность воздуха, облачность и скорость ветра, обуславливающие особенности процессов испарения и теплообмена (учитываются при анализе различных явлений - снеготаяние, образование и разрушение льда на водоемах и водотоках). Информация по атмосферным осадкам подается в годовых таблицах суточных осадков, суммируемых декадных и месячных осадков и их объема за период весенне-летнего половодья. Составляются таблицы осенних осадков на базе полученных сведений об объеме осенних осадков (выпавших перед заморозками) для определения степени водопроницаемости почвенного покрова в течение весеннего снеготаяния. По опорным станциям создаются табличные материалы с информацией о температуре и влажности атмосферного воздуха, скорости ветра и облачности (регистрируются 4 раза в сутки). Данные о глубине промерзания и влажности почвы зимой характеризуют степень водопроницаемости почвенного покрова в период снеготаяния, и относятся к отдельным речным бассейнам [6].

*Графические и картографические материалы.* Большая часть гидрологических процессов и явлений, которые развиваются на речных водосборах, невозможно оценить и охарактеризовать без картографических материалов. Общая классификация графических и картографических материалов, необходимых для составления прогнозов, показана на рисунке 16.



Рисунок 16 – Графические и картографические материалы  
(составлено автором по данным Попова Е.Г., 1979)



*Материалы специальных исследований и литература.* Справочные материалы по гидро- и метеорологическому режимам, описания и анализ параметров и особенностей режимов водотоков и водоемов обязательно включаются в фондовые научно-оперативные материалы по гидропрогнозам. В постоянном пользовании организаций службы гидропрогнозирования все разработанные методические рекомендации и указания, практические руководства и методпособия по гидропрогнозам, а также авторские научные материалы исследований, выполненные в ходе исследовательской работы [50].

*Каталог опасных уровней и расходов воды и карты затоплений.* Особенное значение для предупреждения о возникновении угроз имеет наличие полных и объективных данных об опасных значениях расходов и уровней воды для населенных пунктов, сельхозугодий, ирригационных систем, различных предприятий и сооружений. Данная информация, систематизированная в форме каталогов, позволяет конкретизировать предупреждения о потенциальных угрозах, увеличивая ее эффективность.

## **2.2 Физические основы гидрологического прогнозирования**

Гидрологический прогноз представляет собой предвычисление во времени какого-либо элемента режима или явления, основанное на знании особенностей и закономерностей протекания процессов, которые определяют рассматриваемый элемент режима (явление) в определенных физико-географических условиях. Гидрологический прогноз характеризуется определенной заблаговременностью, под которой подразумевается временной отрезок от даты составления прогноза до даты наступления (или окончания) предсказываемого явления [56, 57].

Гидрологические явления как все и природные явления в своем развитии подчиняются общим физическим законам. Формирование гидрологических явлений происходит в разнообразных и неодинаковых условиях геоэкологической среды, как результат целого комплекса сложных взаимосвязанных и взаимозависимых процессов, проистекающих в атмосфере, на поверхности и в толще литосферы, в разветвленной русловой сети. Важнейшая база разработки методов гидропрогнозирования - физический анализ рассматриваемых процессов с целью поиска количественных зависимостей для вычисления основных элементов режимов применительно к конкретным участкам водотоков или в целом к бассейнам рек.

Под методом прогноза принято понимать общий подход к решению задач, вытекающих из физической сущности процессов, которые определяют какое-либо явление. В отличие от более общего понятия метода, методика прогноза – это совокупность расчетных приемов (формулы, графики), которые рассчитываются и разрабатываются для определенных водотоков и водоемов исходя и способа обработки и определения исходных данных [1].

Существующие методы гидрологического прогнозирования являются приближенными, и разработка определенной методики включает кроме получения расчетных способов также и определение на основе статистического и (или) физического анализов соответствующих характеристик с целью оценки точности методик и расчетов ошибок разной степени вероятности.

### 2.3 Классификация и методы гидрологических прогнозов

Потребность в проведении гидрологических прогнозах обуславливается характером режимов водных объектов, а также заинтересованностью многих организаций и структур. В основе общепринятой классификации гидропрогнозов лежит ряд важных признаков (заблаговременность прогнозов, методы предвычислений, предсказываемые явления и элементы режимов водных объектов, целевое назначение выполняемых прогнозов). С учетом каждого из них выделяют несколько типов прогнозов.

В зависимости от предсказываемых элементов режимов и явлений гидрологические прогнозы делят на прогнозы элементов водного режима и элементов ледового режима (рисунок 17).

По признаку заблаговременности выделяют долгосрочные, краткосрочные и экстренные предупреждения об опасных явлениях. К категории краткосрочных прогнозов принято относить прогнозы с заблаговременностью не более 10-15 суток, в то время как заблаговременность долгосрочных может составлять от одного до нескольких месяцев [42].

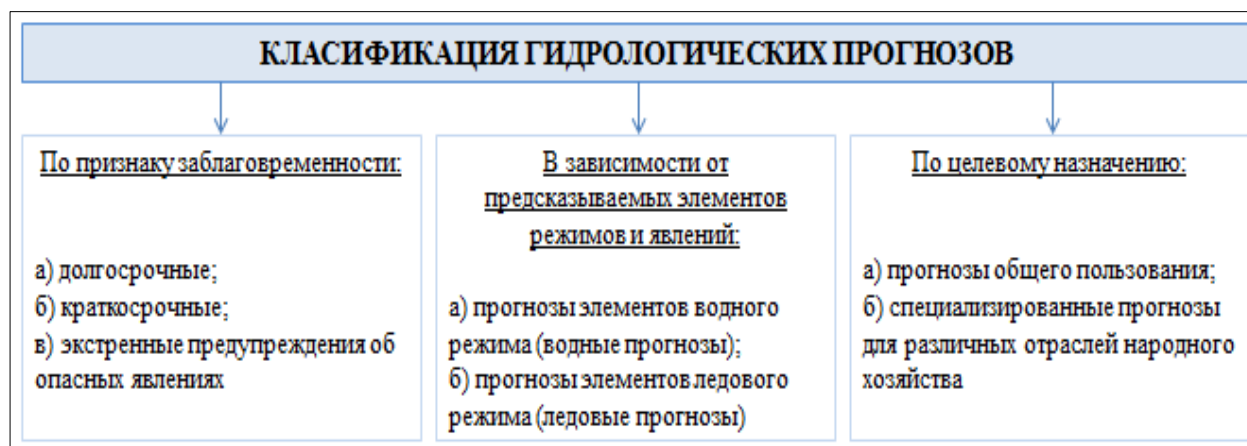


Рисунок 17 – Классификация гидрологических прогнозов  
(составлено автором по данным Попова Е.Г., 1979)

При этом основными элементами режимов водных объектов, предсказание которых особо значимы, являются элементы водного и ледового режимов (рисунок 18).

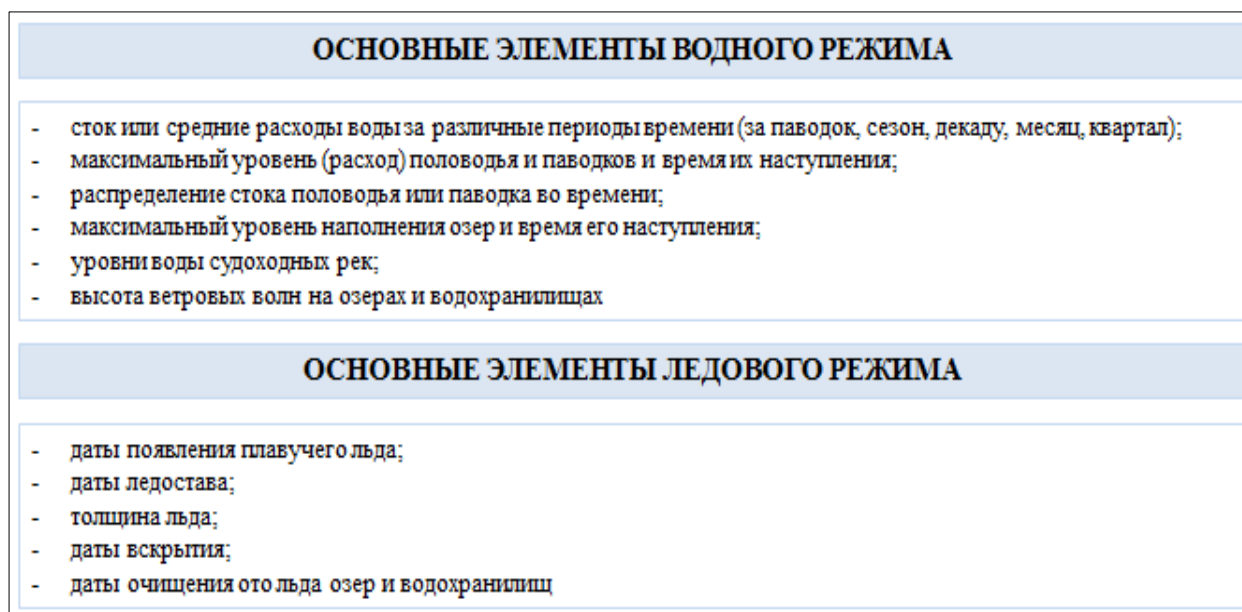


Рисунок 18 – Основные элементы режима водных объектов  
(составлено автором по данным Попова Е.Г., 1979)

Исходя из особенностей целевого назначения выделяют прогнозы общего пользования (в т. ч. прогнозы максимального уровня паводков и половодья, предупреждения о наводнениях) и специализированные прогнозы (с учетом специфики требований разных отраслей н/х: гидроэнергетики, водного транспорта, орошаемого земледелия и др.).

Современные методы прогнозирования делятся на 4 основные группы (рисунок 19).

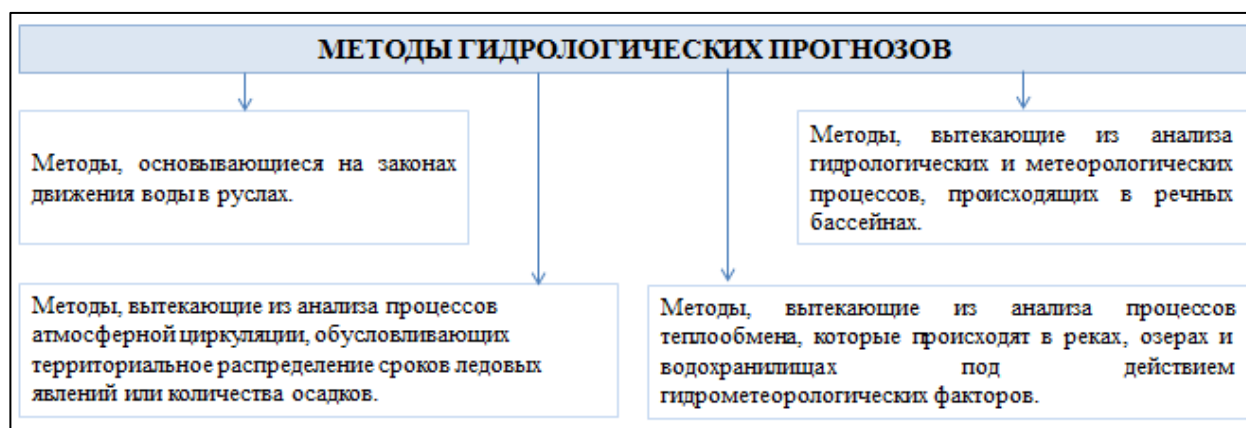


Рисунок 19 – Современные методы гидрологических прогнозов  
(составлено автором по данным Савкина А. В., 2010)

В каждом из описанных делений прогнозов есть свои преимущества и недостатки, однако в комплексе они могут дать наиболее полное представление о видах и методических основах современных гидропрогнозов.

## 2.4 Связь гидрологических прогнозов с прогнозами погодных условий и основные требования к ним

Изменения, происходящие на водных объектах, связаны с изменениями погоды на территории их бассейнов. Развиваясь под действием различных метеорологических факторов, ряд гидрологических процессов и вызываемые ими изменения режимов протекают постепенно в течение определенного, временного периода. Относительно медленное развитие гидрологических процессов и их отставание от достаточно быстро меняющихся метеорологических процессов рассматривается как фактор, дающий возможность с определенной степенью заблаговременности предвычислять ряд основных элементов гидрологического режима без учета будущей динамики погодных условий [6].

С учетом возможности предвычисления главные факторы, которые определяют сток, а также другие гидропроцессы принято делить на начальные факторы (характеризуют уже сложившиеся к моменту выпуска прогноза условия) и будущие факторы (влияют на формировании явления после выпуска прогноза). К последней группе факторов относятся будущие метеорологические условия, учесть которые можно, только имея прогноз погоды.

Гидрологические прогнозы успешно применяются для решения главных задач: планирования народнохозяйственной деятельности при использовании гидроресурсов; предупреждения населения и народнохозяйственных организаций о возможных резких изменениях состояния водных объектов (например, наводнениях, заторах льда, маловодьях и т. д.). Прогнозы гидрологических явлений разной заблаговременности необходимы многим отраслям н/х. Не смотря на то, что современные методические возможности не всегда позволяют составить прогнозы с высокой точностью и заблаговременностью, однако глубокое изучение требований н/х позволяет обоснованно наметить программу максимального обеспечения гидропрогнозами. При всем разнообразии прогнозов к ним выделяют ряд общих требований (рисунок 20).

<b>ТРЕБОВАНИЯ К ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ ПРОГНОЗАМ</b>
1. Прогнозы должны содержать гидрологические данные, необходимые обслуживаемой отрасли народного хозяйства.
2. Прогнозы должны составляться в сроки, удовлетворяющие заинтересованные организации.
3. Прогнозы должны обладать заблаговременностью и точностью, соответствующими требованиям хозяйственных организаций (в пределах, доступных для существующих методов прогнозов).
4. Прогнозы должны составляться в четкой и понятной форме.
5. Прогнозы должны подтверждаться соответствующей документацией.

Рисунок 20 – Требования к гидрологическим прогнозам [49]

**Глава 3** изъята полностью  
**Глава 4** изъята полностью

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе применена методика прогноза бокового притока в Красноярское водохранилище. В основу разработки прогностического уравнения положен анализ условий формирования боковой приточности воды на примере р. Туба. Методом множественной линейной регрессии выделен ряд предикторов.

Основными гидрометеорологическими факторами, определяющими формирование бокового притока в Красноярское водохранилище являются запасы воды в снежном покрове перед началом снеготаяния и количество осадков в период таяния снега, существенна роль и суммарных показателей положительных температур воздуха за март. Анализ результатов прогноза за 1972-2015 гг. показал, что наибольший боковой приток в водный объект отмечен в 2001 г. - 4400 м<sup>3</sup>/с (по прогнозу - 4350 м<sup>3</sup>/с), минимальный в 2012 г. – 2270 м<sup>3</sup>/с (по прогнозу - 2289 м<sup>3</sup>/с).

Река Туба является одним из крупных притоков Красноярского водохранилища. При расчете вклада Тубы в боковую приточность водоема с 1.04 по 30.06 в течение 2000-2021 гг. наибольшее значение определено в 2002 г. (97,5 %), наименьшее в 2014 г. (84,9 %), при этом даже минимальный вклад был существенным.

Расчитанный боковой приток не выходил за пределы допустимой погрешности. Точность методики прогноза является хорошей. Разработанное уравнение регрессии можно использовать в практике гидрологического прогнозирования.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аполлов, Б. А. Курс гидрологических прогнозов / Б. А. Аполлов, Г. П. Калинин, В. Д. Комаров. — Ленинград : Гидрометеиздат, 1974. — 419 с.
2. Бураков, Д. А. Долгосрочные прогнозы притока воды в водохранилища енисейских ГЭС с применением математической модели / Д. А. Бураков, А. А. Адамович. — Текст : непосредственный // Метеорология и гидрология. — 2006. — № 1. — С. 95-105.
3. Бураков, Д. А. Методы расчета и прогноза ежедневного бокового притока в Богучанское водохранилище / Д. А. Бураков, Л. А. Путинцев. — Текст : непосредственный // Вестник КрасГАУ. — 2015. — № 1. — С. 54-58.
4. Бураков, Д. А. О результатах испытания методов прогноза максимальных уровней воды весеннего половодья р. Туба у пос. Курагино и р. Подкаменная Тунгуска у с. Ванавара / Д. А. Бураков, В. Ф. Космакова, И. Н. Гордеев. — Текст : непосредственный // Информационный сборник «Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов». — 2014. — № 41. — С. 89-97.
5. Вышегородцев, А. А. Красноярское водохранилище : учебное пособие / А. А. Вышегородцев, И. В. Ануфриева, О. А. Кузнецова. — Новосибирск: Наука, 2005. — 212 с.
6. Георгиевский, Ю. М. Гидрологические прогнозы : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Гидрология" направления подготовки "Гидрометеорология" / Ю. М. Георгиевский, С. В. Шаночкин ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Российский гос. гидрометеорологический ун-т. - Санкт-Петербург : РГГМУ, 2007. - 435 с.
7. Голубев, И. А. Влияние осеннего увлажнения почв на эрозионно-аккумулятивные процессы в Красноярской лесостепи / И. А. Голубев, А. В. Кожуховский, О. И. Иванова. — Текст : непосредственный // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. — 2021. — № 1. — С. 130-142.
8. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2000 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. — Красноярск, 2001. — 346 с.
9. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2001 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. — Красноярск, 2002. — 345 с.
10. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2002 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12.,

Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2003. – 346 с.

11. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2003 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2004. – 347 с.

12. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2004 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2005. – 344 с.

13. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2005 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2007. – 344 с.

14. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2006 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2007. – 346 с.

15. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2007 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2008. – 347 с.

16. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2008 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2009. – 347 с.

17. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2009 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2010. – 343 с.

18. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2010 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2011. – 344 с.



19. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2011 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2012. – 346 с.
20. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2012 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2013. – 346 с.
21. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2013 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2014. – 345 с.
22. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2014 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2015. – 345 с.
23. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2015 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2016. – 345 с.
24. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2016 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2017. – 344 с.
25. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2017 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2018. – 342 с.
26. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2018 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2019. – 346 с.
27. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2019 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И.

Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2020. – 343 с.

28. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2020 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2021. – 348 с.

29. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2021 г. В 2 частях. Т. 1, РФ, Вып. 12., Бассейн Енисея (без Ангары) и Пясины / ответственные редакторы Г. И. Шамшурина, Е. Р. Вайзер ; Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2022. – 344 с.

30. Дружинин, В. С. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Гидрометеорология" и специальности "Гидрология" / В.С. Дружинин, А.В. Сикан; Под ред. А.М. Владимирова. - СПб. : РГГМУ, 2001. - 168 с.

31. Жоров, В. А. Математические модели и расчеты суточного притока в водохранилища сибирских ГРЭС : специальность 11.00.07 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук / Жоров Виктор Алексеевич ; Томский государственный университет. — Томск, 1985. — 162 с.

32. Информационная система по водным ресурсам и водному хозяйству рек России. — Текст : электронный // Центр регистра и кадастра : [сайт]. — URL: <https://gis.favr.ru/opendata> (дата обращения: 23.03.2022)

33. История отдела гидрологических прогнозов. — Текст : электронный // ФГБУ "Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды" : [сайт]. — URL: <http://meteo.4line.ru/Историяотделагидрологическихпрогнозов/> (дата обращения: 17.05.2022)

34. Кузнецова, О. А. Структурно-функциональная организация зообентоса Красноярского водохранилища : 1978 - 1997 гг. : автореферат дис. ... кандидата биологических наук : 03.00.18 / Краснояр. гос. ун-т. - Красноярск, 2000. - 26 с.

35. Ларина, М. А. Флора долины реки Туба : юг Красноярского края : диссертация ... кандидата биологических наук : 03.00.05 / Ларина Мария Александровна; [Место защиты: Центр. сиб. ботан. сад СО РАН, г. Новосибирск]. - Новосибирск, 2007. - 164 с.

36. Множественная регрессия . — Текст : электронный // StatSoft : [сайт]. — URL: <http://statsoft.ru/> (дата обращения: 06.07.2021)

37. Наблюдательная сеть. — Текст : электронный // ФГБУ "Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды" : [сайт]. — URL:

- <http://meteo.krasnoyarsk.ru/ФГБУСреднесибирскоеУГМС/Наблюдательнаясеть/>  
(дата обращения: 17.06.2021)
38. Наводнения. — Текст : электронный // Известия : [сайт]. — URL:  
(дата обращения: 08.12.2021)
39. Нежиховский, Р. А. Гидрологические расчеты и прогнозы при эксплуатации водохранилищ и озер / Р. А. Нежиховский. — Ленинград : Гидрометеиздат, 1961. — 295 с.
40. Петкун, О. Э. Прогнозы притока воды в водохранилище Красноярской ГЭС - основы управления гидроэнергетическими ресурсами енисейского топливно-энергетического комплекса / О. Э. Петкун. — Текст : // Вестник КрасГАУ. — 2014. — № 3. — С. 222-224.
41. Плисецкий, В. М. Гидрометеорологический центр России. История основания и становления / В. М. Плисецкий. — Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1978. — 264 с.
42. Попов, Е. Г. Гидрологические прогнозы / Е. Г. Попов. — 2-ое изд. — Ленинград : Гидрометеиздат, 1979. — 257 с.
43. Постановление Правительства РФ от 15 ноября 1997 г. N 1425 "Об информационных услугах в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения окружающей природной среды". — Текст : электронный // Информационное правовое обеспечение Гарант : [сайт]. — URL: <https://base.garant.ru/12104820/> (дата обращения: 17.03.2022)
44. Прогнозирование временных рядов в пакете Statistica : методические указания / сост. Л.И. Дубровская. — Томск : Томский государственный университет, 2012. — 36 с.
45. Программа для расчета статистических характеристик используемых в гидрологии. — Текст : электронный // StokStat 1.2 - Статистика для гидрологии : [сайт]. — URL: (дата обращения: 01.10.2021)
46. Разумов, В. В. Масштабы и опасность наводнений в Сибирском регионе России / В. В. Разумов, Н. В. Разумова, В. И. Пчелкин. — Текст : непосредственный // Наука. Инновации. Технологии. — 2015. — № 4. — С. 103-144.
47. Река Туба. — Текст : электронный // Вода России : [сайт]. — URL: <https://water-rf.ru/> (дата обращения: 16.06.2021).
48. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 16. Ангаро-Енисейский район. Вып. 1. Енисей / под ред. Г. С. Карабаева. — Л.: Гидрометеиздат, 1967. — 823 с.
49. Руководство по гидрологическим прогнозам [Текст] / Гос. ком. СССР по гидрометеорологии, Гидрометеорологический научно-исследовательский центр СССР. - Ленинград : Гидрометеиздат, 1989. - 356 с.
50. Савкин, А. В. Гидрология: учебное пособие / А. В. Савкин, С. В. Фёдоров. Санкт-Петербург, 2010. — 51 с.
51. Ученые России. — Текст : электронный // Ученые и изобретатели России : [сайт]. — URL: <http://www.imyanauki.ru/> (дата обращения: 03.05.2022)

52. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». — Текст : электронный // Росгидромет : [сайт]. — URL: <http://www.meteorf.ru/about/structure/local/444/> (дата обращения: 17.06.2021)

53. Харшан, Ш. А. Долгосрочные прогнозы стока половодья горных рек Сибири [Текст] / Отв. ред. П. И. Милуков ; Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Центр. ин-т прогнозов. - Москва : Гидрометеоиздат. Моск. отд-ние, 1958. - 78 с.

54. Чернов, И. М. Метод долгосрочного прогноза весенне-летнего и годового притока в водохранилище Красноярской ГЭС / И. М. Чернов. — Красноярск : Гидрометеоиздат, 1974. — 137 с.

55. Google Earth. — Текст : электронный // Google Планета Земля : [сайт]. — URL: <https://www.google.com/intl/ru/earth/> (дата обращения: 08.07.2021).




56. Hydrological forecasting practices Geneva : World Meteorological Organization, 1975. – 150 p.

57. Kim S. and Kim H. A new metric of absolute percentage error for intermittent demand forecasts // Int. J. of Forecasting. – 2016. – 32 (3). – P. 669-679.


58. Tianxiang, Z. Research on the long-term and short-term forecasts of navigable river's water-level fluctuation based on the adaptive multilayer perceptron / Z. Tianxiang, J. Zhaobing, L. Xu Jian, T. Kun // Journal of Hydrology, 2020. - №591. – P/ 431-434.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Характеристика крупных притоков Тубы (составлено автором по данным <https://water-rf.ru/>)

Приток	Местоположение	Длина, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Средне-годовой расход воды, м <sup>3</sup> /с	Исток	Ледостав	Участок притока
Амыл	Протекает по территории Саянских гор, в основном - Каратузского района Красноярского края. Является левым притоком Тубы.	257	9500	211,42	Река берет начало на северных склонах Куртушибинского хребта Западного Саяна.	С конца октября - начала декабря по апрель - начало мая.	
Казыр	Протекает по территории Красноярского края и Иркутской области. При слиянии с рекой Амыл образует реку Тубу (бассейн Енисея). Другое название - Боло.	388	20 900	317	Берёт начало и протекает в пределах Восточного Саяна и его отрогов. Долина большей частью узкая, много порогов (Базыбайский, Верхний Китатский, Убинский). Ниже впадения реки Кизир долина расширяется, русло разбивается на многочисленные протоки.	Замерзает в период с конца октября - первой половины ноября, вскрывается во второй половине апреля - начале мая.	
Шушь	Течет в основном в лесостепной зоне. Течение спокойное. Очень извилистая. По берегам встречаются старичные озера, верховые болота. Дно и берег -илистые, вода мутная. Летом уровень воды резко падает. Впадает в Тубу вблизи Шалоболына (п. Заготзерно).	127	2180	6	Берет начало в таежной зоне в 12 км юго-западнее Краснокаменска.	С конца октября - начала декабря по середину апреля - начало мая.	

## Окончание приложения А

Приток	Местоположение	Длина, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Средне-годовой расход воды, м <sup>3</sup> /с	Исток	Ледостав	Участок притока
Ирба	Течет в подтаежной и лесостепной зонах. Течение достаточно быстрое. Впадает в Тубу в с. Рощинском.	73	830	4	Вытекает из ручья 11 км западнее с. Усть-Каспа.	С середины октября - начала декабря по апрель - начало мая.	

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

**Результаты расчета бокового притока в Красноярское водохранилище по уравнению за 1972-2015 гг.**

Год	S март Ус тр 12-18	S 20,03 Щетинкино	S Неож 20,03	Ол Реч X (IV+V)	Ташт X IV	Q (10+11)/2 Курагино	Q 11 usz	Q III 3(дек) приток	Сумм +t Март Казыр	R=0,98 S/σ =0,19 p = 100% σ доп = 394	
										Расчет	Ошибка
1972	297	309	196	202,9	21,1	262	14,3	242	4,1	2571	129
1973	511	434	315	242,6	16,3	412	20,2	346	17,4	3817	53
1974	361	290	221	177,8	5,2	228	18,3	214	8,6	2540	-50
1975	469	392	285	244,2	42,9	447	14,1	263	19	3341	119
1976	260	258	205	210,6	7,8	317	14,3	175	0	2280	-90
1977	355	356	288	287,6	6,2	290	15,0	305	17,3	3126	114
1978	390	288	226	268,9	48,2	569	17,6	288	5,9	3398	-8
1979	420	387	386	246,7	17,5	188	12,3	196	0,1	3164	-94
1980	486	408	192	214,6	26,4	466	15,7	203	4,2	3269	81
1981	394	318	198	139,9	18,3	333	15,3	297	20,2	2641	-221
1982	421	340	202	257,2	13,7	308	17,6	211	4,5	3107	-77
1983	320	309	195	267,3	39,2	545	25,9	248	6,5	3130	-60
1984	254	283	116	234,4	17	560	23,4	234	3	2665	15
1985	361	307	172	302,9	35,2	471	17,2	231	4,9	3173	-23
1986	220	331	192	249,7	26,9	318	20,5	223	2,2	2591	79
1987	350	351	206	344,8	22,2	299	22,1	201	0	3301	-81
1988	392	392	267	192,3	24	774	18,3	218	0	3188	-118
1989	335	325	198	196	22,7	281	12,1	300	33,3	2418	-38
1990	323	389	291	96	9,1	199	12,4	304	22,4	2302	-42

## Окончание приложения Б

Год	S март Ус тр 12-18	S 20,03 Щетинкино	S Неож 20,03	Ол Реч X (IV+V)	Ташт X IV	Q (10+11)/2 Курагино	Q 11 usz	Q III 3(дек) приток	Сумм +t Март Казыр	R=0,98 S/σ =0,19 p = 100% σ доп = 394	
										Расчет	Ошибка
1991	311	412	235	171,9	23,4	442	16,1	228	4	2695	75
1992	437	307	220	206,1	55,1	610	23,1	240	1,7	3371	-61
1993	398	345	246	134,8	13,8	443	28,9	317	17,5	3010	130
1995	316	465	211	300,4	89,5	496	30,7	424	31,3	3736	134
1997	576	559	291	112,2	7,5	378	16,7	428	36,2	3601	-31
2001	544	893	271	273,4	28,2	211	12,8	430	32,5	4350	50
2002	343	471	162	94,7	45,8	485	24,2	338	27,2	2726	4
2003	342	483	213	174,8	20,3	474	27,6	290	17,6	3009	-29
2004	438	530	237	256,8	109	453	23,5	297	3	4007	-87
2005	274	432	205	236,5	53	500	21,0	258	27,5	2697	93
2006	423	435	239	288,5	103	608	22,6	237	3,7	3803	77
2007	451	647	282	280,6	32,8	708	25,1	307	6,4	4195	-55
2008	289	432	191	207,6	27	377	16,6	336	33,5	2629	51
2009	714	574	285	130,7	10,4	670	25,7	266	19,6	4071	9
2010	523	706	202	248,2	10,6	766	26,3	241	7,4	4084	-4
2011	458	515	316	184,9	13,9	488	21,5	211	12,9	3240	-80
2012	200	228	72	330,2	40,5	310	18,6	206	20,4	2289	-19
2013	470	502	300	214,4	18,9	562	15,4	232	14,5	3344	336
2014	416	529	197	248	37	667	24,5	468	48,4	3672	-282
2015	390	605	332	283	49	406	15,7	244	19,3	3434	-164



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

**Результаты расчета бокового притока в Красноярское водохранилище по уравнению за 2016-2021 гг.**

Год	S март Ус тр 12-18	S 20,03 Щетинкино	S Неож 20,03	Ол Реч X (IV+V)	Ташт X IV	Q (10+11)/2 Курагино	Q 11 usz	Q III 3(дек) приток	Сумм +t Март Казыр	R=0,98 S/σ =0,19 p = 100% σ доп = 394	
										Расчет	Ошибка
2016	466	426	262	240,8	61,8	592	21,6	250	47	3089	-19
2017	391	462	280	227,6	21,1	248	16,7	220	29,1	2755	25
2018	421	370	165	192,1	11,1	616	23	360	28,7	3179	151
2019	268	428	158	180,6	96,1	565	32,3	282	27,9	2799	-199
2020	485	551	293	132,3	20,2	560	28,6	273	22,3	3361	169
2021	641	525	350	290	28,5	571	29,9	280	16,6	4512	-12


Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт экологии и географии

Кафедра географии

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

  
подпись Г.Ю. Ямских  
инициалы, фамилия

«16» июня 2022 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

05.03.02 География

05.03.02.02 Физическая география и ландшафтоведение

**Долгосрочный прогноз бокового притока в Красноярское водохранилище  
на примере реки Туба**


Научный  
руководитель

  
подпись, дата

доц., канд. биол. наук  
должность, учёная степень

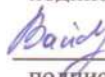
О. А. Кузнецова  
инициалы, фамилия

Выпускник

  
подпись, дата

Е. С. Сараева  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

  
подпись, дата

И. А. Вайсброт  
инициалы, фамилия

Красноярск 2022