

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 максимального уровня воды р. Абакан

Научный
руководитель

подпись, дата

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

О. А. Кузнецова
инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

В. В. Чибисова
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

И. А. Вайсброт
инициалы, фамилия

Красноярск 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Современная организация службы гидрологических прогнозов.....	5
2 Основы гидрологического прогнозирования.....	9
2.1 Закономерности гидрологических процессов.....	9
2.2 Наблюдения за состоянием водных объектов.....	10
2.3 Классификация и основные виды гидрологических прогнозов.....	10
2.4 Методы долгосрочного прогнозирования гидрологических явлений...	12
2.5 Методика долгосрочного прогнозирования максимального уровня воды.....	12
3 Характеристика исследуемой реки Абакан.....	15
3.1 Физико-географическая характеристика бассейна реки.....	15
3.1.1 Географическое положение.....	15
3.1.2 Рельеф, геология и тектоника.....	17
3.1.3 Климат бассейна.....	19
3.1.4 Почвы.....	21
3.1.5 Растительность.....	21
3.1.6 Гидрологическая сеть бассейна р. Абакан.....	22
3.2 Общая характеристика реки Абакан.....	23
4 Гидрометеорологическая изученность бассейна реки Абакан	29
4.1 Гидрометеорологическая сеть наблюдений на территории бассейна....	29
4.2 Условия формирования весенне-летнего половодья.....	35
4.3 Характеристика наводнений в бассейне реки Абакан.....	37
4.4 Зажорно-заторные явления на р. Абакан.....	42
4.5 Наблюдения за элементами весеннего половодья.....	44
5 Долгосрочный прогноз максимального уровня воды реки Абакан (пос. Райков).....	46
5.1 Материалы исследования.....	46
5.2 Применение метода множественной корреляции в гидрологических прогнозах.....	47
5.3 Методика прогноза максимального уровня воды р. Абакан (пос. Райков).....	50
5.4 Оценка качества методики.....	63
Заключение.....	65
Термины и определения.....	66
Список использованных источников.....	67
Приложение А Характеристика крупных притоков на реке Абакан.....	72
Приложение Б Описание метеорологических станций бассейна р. Абакан..	74
Приложение В Характеристика гидрологических постов реки Абакан.....	79

ВВЕДЕНИЕ

Прогнозирование возможности возникновения опасных разливов на реках представляет собой достаточно сложную и многоуровневую задачу, актуальность которой определена особенностями состояния, характером изменений уязвимостью современных хозяйственных систем. В районах, подверженных негативному влиянию половодий и паводков расположено значительное количество прибрежных населенных пунктов, особо важных и потенциально опасных промышленных предприятий, а также объектов инфраструктуры и сельхозугодий. Уровень ущерба, масштабы и степень опасности от наводнений зависит от уровня воды водных объектах и определяется в значительной степени предсказуемостью предстоящего половодья или паводка.

Возможность получения заблаговременной и достаточно точной прогнозной информации позволяет рационально принять необходимые меры безопасности, спланировать и провести превентивные мероприятия по недопущению или минимизации ущерба от наводнений. Особую роль играет изучение современных изменений условий формирования и динамики максимального речного стока. Их игнорирование или недоучет могут привести к большим и неоправданным ошибкам в прогнозировании и тем самым понизить эффективность всего комплекса мероприятий по подготовке к половодьям.

Существование в настоящее время методики долгосрочного прогноза максимальных уровней воды для реки Абакан недостаточно удовлетворяет практику в отношении точности прогнозирования, и требуют своего совершенствования на основе нового, более чем десятилетнего, ряда наблюдений.

Цель дипломной работы – составление долгосрочного прогноза максимального уровня воды река Абакан пос. Райков.

Задачи работы:

- дать общую характеристику водного объекта, включая основные характеристики и типы режимов;
- выделить основные предикторы для осуществления долгосрочного прогнозирования;
- составить долгосрочный прогноз максимального уровня воды река Абакан (пос. Райков) на основе составленной методики и проанализировать результаты.

Объект исследования – является река Абакан.

Предмет исследования – особенности водного и ледового режимов водотока для долгосрочного прогноза максимального уровня воды р. Абакан (п. Райков).

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 участке р. Абакан (п. Райков).

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

Апробация работы. По теме бакалаврской работы опубликована 1 работа, материалы которой представлены на XXIII Международном научно-практическом форуме студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и наука XXI века»

(г. Красноярск, 2022 г.).

1 Современная организация службы гидрологических прогнозов

В настоящее время руководство гидрометеорологическим обеспечением отраслей экономики в России осуществляется Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – Росгидромет. 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. Данная служба находится во ведении Министерства природных ресурсов и экологии России [48].

Важной задачей деятельности Росгидромета является повышение качества жизни населения, уровня гидрометеорологической безопасности населения и экономики нашей страны. Главное внимание акцентируется на понижении потерь вследствие опасных гидрометеорологических явлений, в силу своих масштабов, интенсивности, распространения и продолжительности оказывающие негативное влияние на здоровье и жизнь людей, объектов экономики, состояние окружающей природной среды.

В систему Росгидромета входят крупные научно-исследовательские учреждения в области гидрометеорологии: ГГИ, ГОИН, ГХИ, ГГО, ВНИИГМИ – МЦД, ААНИИ и др. (приложение А).

В территориальном плане его структура практически совпадает с федеральными округами страны. В состав Росгидромета вошли 7 территориальных органов (департаментов по ФО), также 23 региональных УГМС (рисунок 1).

Наблюдательная сеть службы достаточно разветвлена и включает более 4290 постов и 2615 действующих станций. По состоянию на май 2022 г. гидрологические наблюдения выполнялись на 2989 гидропостах (рисунок 2). В число их вошли 2655 речных постов и 337 – на озерах и водохранилищах [46].

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 смежных с ней областях для обеспечения реализации предусмотренных российским законодательством полномочий Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды на территории

РОСГИДРОМЕТ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АППАРАТ)			
<p>Территориальные органы (Департаменты по округам):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Департамент по ЦФО - Департамент по ПФО - Департамент по СЗФО - Департамент по СФО - Департамент по ЮФО и СКФО - Департамент по УФО - Департамент по ДФО 	<p>Управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Башкирское - Верхне-Волжское - Дальневосточное - Забайкальское - Западно-Сибирское - Иркутское - Камчатское - Кольмское - Крымское - Мурманское - Обь-Иртышское - Приволжское - Приморское - Республики Татарстан - Сахалинское - Северное - Северо-Западное - Северо-Кавказское - Среднесибирское СЦГМС ЧАМ <ul style="list-style-type: none"> - Чукотское - Центральное - Центрально-Черноземное - Якутское 	<p>Научно-исследовательские учреждения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ААНИИ - ВГИ - ВНИИГМИ-МЦД - ВНИИСХМ - ГТИ - ГТО - Гидрометцентр России - ГОИН - ГХИ - ДВНИИГМИ - ИГКЭ - ИПГ - КАСПМНИЦ - НИЦ «Планета» - НПО «Тайфун» - СИБНИГМИ - ЦАО 	<p>Другие подведомственные организации:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Главный вычислительный центр - Главный авиаметеорологический центр ГАМЦ - Гидрометсервис - ИПК - Северо-Кавказская ВС - Краснодарская ВС - Ставропольская ВС - Российский государственный музей Арктики и Антарктики - Главный центр информационных технологий и метеорологического обслуживания авиации

Рисунок 1 – Структура Росгидромета, центральный аппарат (составлено автором по данным Среднесибирское УГМС [48])

ряда регионов Сибири (Республика Тыва, Республика Хакасия, Красноярский край, за исключением гп. Диксон и п. Хатанга Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района) [40].



Рисунок 2 – Гидрологические посты на территории России [48]

Структура ФГБУ «Среднесибирское УГМС» представлена на рисунке 3. В последние годы руководителем управления является Костогладов К. Ю.

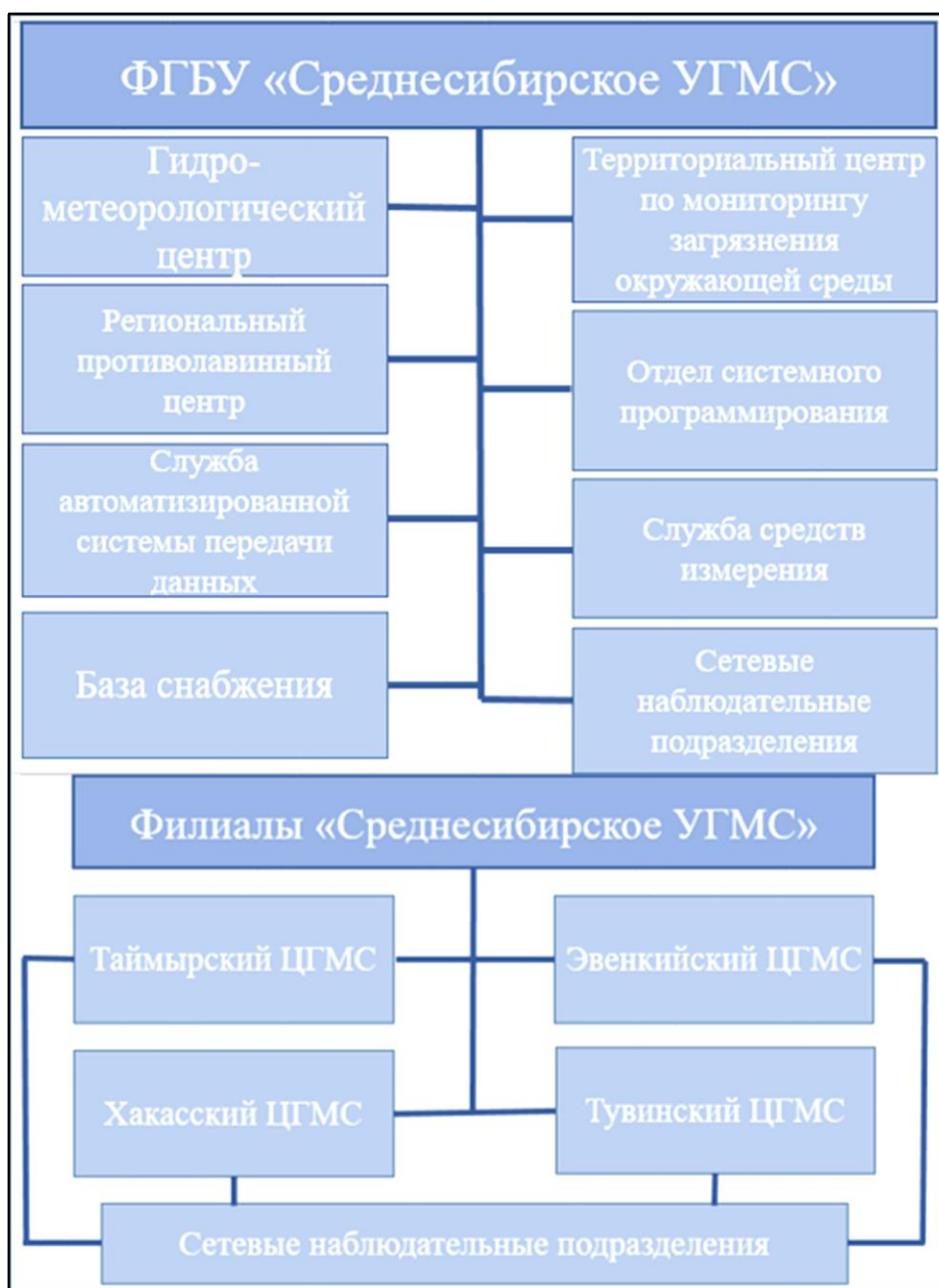


Рисунок 3 – Структура ФГБУ «Среднесибирское УГМС»
(составлено автором по данным Среднесибирское УГМС [48])

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.

В процессе 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. [25]. Многолетний продуктивный опыт

ведущих сотрудников отдела, свидетельствует об эффективности и надежности заблаговременных предупреждений о подтоплениях и наводнениях прибрежных населенных пунктов

Гидрологические прогнозирование предупреждения составляются с целью решения многих современных и актуальных задач: от предсказаний кратковременных событий (например, мгновенных паводков), до прогностических оценок потенциальных сезонных водных запасов для нужд гидроэнергетики, водообеспечения, орошения, судоходства и др.

Для прогнозирования широко и успешно применяются различные методы, начиная корреляционными связями и эмпирическими формулами, и заканчивая сложными математическими моделями, описывающими все фазы водного баланса речных бассейнов. В отделе гидрологических прогнозов ФГБУ «Среднесибирское УГМС» осуществляется прогнозирование основных элементов водного и ледового режимов рек. Помимо составления гидрологических прогнозов отдел располагает всеми оперативными данными наблюдений на гидрологических постах территории ответственности ФГБУ «Среднесибирское УГМС».

2 Основы гидрологического прогнозирования

2.1 Особенности и закономерности гидрологических процессов

Гидрологические явления, развивающиеся на водосборных территориях водотоков и водоемов, существенно отличаются своей неоднородностью географической среды, и являются результатом целого комплекса сложных процессов, протекающих как в атмосфере, так на поверхности литосферы и в ее толще [31]. Сформировавшаяся неоднородность и большое число наиболее взаимосвязанных между собой факторов, определяющих условия формирования гидрологических явлений, обуславливают сложность предвидения будущего состояния изучаемых водных объектов.

Важной особенностью режимов многих речных систем на территории нашей страны, является хорошо выраженный внутригодовой цикл изменений речного уровня воды и стока, находящегося в тесно взаимосвязи с многообразными климатическими условиями их физико-географических районов. Периоды высокой воды вследствие активного снеготаяния или поступления обильных дождевых вод, сменяются меженью, когда реки переходят преимущественно на питание подземными водами. Изменчивость погоды оказывает значительное влияние на характер водных режимов рек даже в межень [19].

Очевидно, что речной сток – это сложный природный процесс, который находится в зависимости от влияния целого ряда физико-географических факторов и характера и степени влияния хозяйственной деятельности человека.

К важнейшим факторам формирования и динамики речного стока, которые определяют его развитие, относят переменные гидрометеорологические факторы (климатические факторы). В их число входят испарение, осадки, запасы снега, интенсивность процесса таяния снега и водоотдачи [17]. Переменными и определяющими факторами является водопоглотительная и регулирующая способность речных бассейнов, находящаяся в прямой зависимости от особенностей климата. На фоне влияния климатических факторов на объем и формирование стока рек воздействуют факторы подстилающей поверхности - относительно постоянные факторы (форма и размеры речного бассейна, рельеф, геология, почвы и растительный покров, степень заболоченности и озерности). Влияние данных факторов наиболее заметно при малых размерах речного бассейна и непродолжительном периоде, в течение которого рассматривается воздействие. В группу относительно постоянных факторов включены также вырубка леса, осушение болот, распашка земель, способные существенно влиять на водопоглотительную способность бассейнов рек.

Климат оказывает влияние на речной сток как непосредственно, так и через постоянно действующие физико-географические факторы (рельеф, почву и растительность). Они непрерывно взаимодействуют между собой, при этом одни из них замедляют речной сток, иногда даже исключая возможность его образования, другие же способствуют стеканию. Широко используемые в

области гидрологических исследований методы прогнозирования, безусловно, отражают основные закономерности рассматриваемых гидрологических процессов и представляют по сути способы решения проблемы предсказания опасных гидрологических процессов и явлений.

2.2 Наблюдения за состоянием водных объектов

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 [44].

Измерение уровня воды, расходов воды в водных объектах на водомерных постах проводится 1 раз в течение суток. Главной целью работ является построение кривых расходов, а также контроль данных кривых и их уточнение. 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 [42].

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 постах и станциях регулярно (в определенные зимние календарные сроки), широко используются гидрологами в прогнозирования весеннего стока.

2.3 Классификация и основные виды гидрологических прогнозов

Под принятым в научном обороте термином «прогнозирование» в широком смысле подразумевается особое научное исследование, предметом которого являются перспективы развития рассматриваемого процесса или явления. При этом прогноз определяется как вероятностное (научно обоснованное) суждение о возможном состоянии определенного объекта в будущем и об альтернативных сроках и путях его осуществления [15]. Объектом прогнозирования могут являться процессы и явления.

Прогнозирование применяется с целью выбора наиболее вероятного или желательного оптимального варианта.

Потребность в проведении гидрологических прогнозах обуславливаться характером режимов водных объектов, а также заинтересованностью многих организаций и структур. В основе общепринятой классификации гидропрогнозов лежит ряд важных признаков (заблаговременность прогнозов, предсказываемые явления и элементы режимов водных объектов, целевое назначение выполняемых прогнозов). С учетом каждого из них выделяют несколько типов прогнозов (рисунок 4).

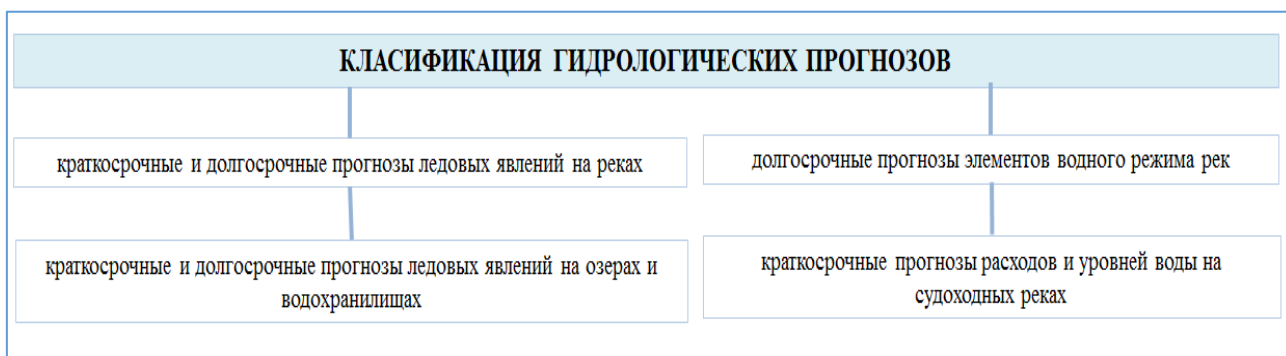


Рисунок 4 – Классификация гидрологических прогнозов (составлено автором по данным [38])

В зависимости от предсказываемых элементов режимов и явлений гидрологические прогнозы делят на прогнозы элементов водного режима и элементов ледового режима. По признаку заблаговременности рассматривают долгосрочные, краткосрочные и экстренные предупреждения об опасных явлениях. В группу краткосрочных прогнозов включены прогнозы с заблаговременностью не более 10-15 суток (в то время как заблаговременность долгосрочных может составлять от одного до нескольких месяцев). При этом, основными элементами режимов водных объектов, предсказание которых особо значимы, являются элементы водного и ледового режимов.

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.).

К основным видам гидрологических прогнозов для всех исследуемых водных объектов суши относятся:

- краткосрочные прогнозы расходов и уровней воды на судоходных реках;
- долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек;
- краткосрочные и долгосрочные прогнозы ледовых явлений на реках;
- краткосрочные и долгосрочные прогнозы ледовых явлений на озерах и водохранилищах [38].

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.

2.4 Методы долгосрочного прогнозирования гидрологических явлений

В основе методов прогноза гидрологических явлений лежит физический анализ процессов, обуславливающих эти явления. На основе разработанного и успешно применяемого метода прогнозирования разрабатываются практические приемы прогноза для различных водных объектов или территорий определенной общности (включающих несколько бассейнов рек). Метод опирается на математический аппарат и графические построения [27]. Обязательный элемент разработки методик прогнозирования – оценка ее практической применимости и эффективности.

Исходя из физической сущности гидрологических процессов и явлений, выделяют ряд методы долгосрочного прогнозирования (рисунок 5).

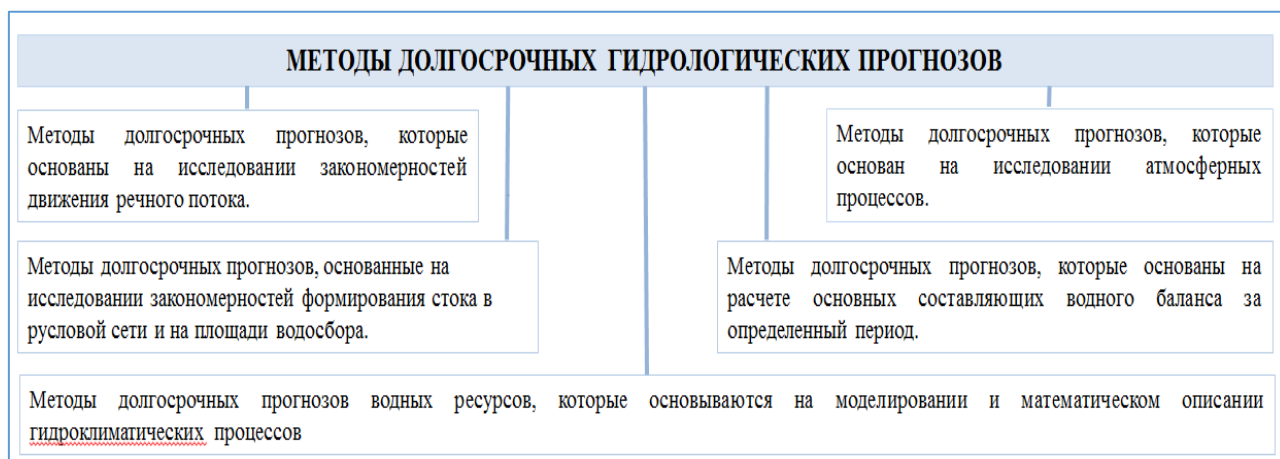


Рисунок 5 – Методы долгосрочного прогнозирования гидрологических явлений (составлено автором по данным Среднесибирское УГМС [48])

2.5 Методика долгосрочного прогнозирования максимального уровня ВОДЫ

В настоящее время для прогнозирования элементов водного режима рек разрабатываются различные методы прогнозов, которые отражают

гидрологические условия исследуемой территории. Важный элемент данного режима – уровень воды рек. Регулярно происходящее в последние годы в России и в мире крупные наводнения требуют ежегодного прогноза уровня воды в реках в период прохождения паводков и половодий. Достаточно высокие дружные половодья вызывают подтопление прибрежных населенных пунктов, ведет к прорыву плотин, спуску прудов и др. В период половодья даже небольшие водотоки могут стать причиной большого ущерба имуществу и хозяйству населения.

Прогнозирование возможности возникновения опасных разливов на реках представляет собой достаточно сложную и многоуровневую задачу, актуальность которой определена особенностями состояния, характером изменений уязвимостью современных хозяйственных систем. На территориях, которые подвергаются влиянию половодий и паводков, расположено множество прибрежных населенных пунктов, а также важных (иногда потенциально опасных) промышленных предприятий, объектов инфраструктуры, сельскохозяйственных угодий.

Разработка методик прогноза паводков и половодий определена объемом и характером гидро- и метеорологических данных, физическим основой и теоретическим анализом формирования предсказуемого гидрологического явления.

В основе долгосрочного прогнозирования максимального уровня воды лежат научные и методические разработки Шуляковского Л. Г., показавшего возможность применения целого ряда регрессионных моделей, учитывающих важнейшие факторы, характеризующие условия формирования максимальных уровней воды рек. Для разработки методики подбирались оптимальные уравнения – линейные комбинации соответствующих гидрометеопредикторов (прогностических факторов или прогностических параметров), измерение которых проводится в пунктах наблюдений российской гидрометеорологической сети [45].

Для осуществления расчетов был отобран ряд прогностических факторов и параметров – или предикторов, представленных на рисунке 6. Согласно разработчику методики, предложенные линейные комбинации перечисленных прогностических факторов и параметров – это соответствующие обобщенные показатели. Весовые коэффициенты в данных комбинациях выделяются в результате множественной корреляции отобранных предикторов с максимальным уровнем воды в водотоке [23]. Затем последовательно определяются значения ежегодных обобщенных показателей, путем множественной регрессии устанавливаются линейные зависимости между обобщенными показателями и максимальными уровнями воды [36]. Так формируются искомые уравнения для составления прогнозов.

ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ПАРАМЕТРЫ:
- общие запасы в снежном покрове в пунктах наблюдений;
- показатели температуры воздуха в марте (месячная, декадная);
- значения температуры почвенного покрова;
- показатели температуры воздуха в апреле;
- общее количество весенних осадков;
- объем осеннего стока;
- максимальной толщины ледяного покрова;
- уровень воды на момент появления ледовых образований наибольший и наименьший уровни за зиму, превышение наибольшего уровня над уровнем воды ко времени установления ледостава.

Рисунок 6 – Прогностические факторы и параметры
(составлено автором по данным Среднесибирское УГМС [48])

Описанный алгоритм расчетов позволяет приложить преимущества физического подхода (этап «конструирования» обобщенных показателей) и объективного статистического анализа (этап получения прогностических уравнений). В расчетах принято использовать данные наблюдений обычно за последние 25-50 лет.

3 Характеристика исследуемой реки Абакан

3.1 Физико-географическая характеристика бассейна реки

3.1.1 Географическое положение

Река Абакан является одним из крупнейших левых притоков реки Енисей. Бассейн исследуемого водотока расположен на территории Республики Хакасия (Таптышский, Бейский, Алтайский, Аскизский Усть-Абаканский районы) как показано на рисунках 7, 8. Площадь бассейна достигает 32000 км², определяя его 11 место среди бассейнов крупных сибирских рек [26].



Рисунок 7 – Местоположение бассейна реки Абакан [55]



Рисунок 8 – Административная карта Хакасии [55]

Бассейн реки Абакан вытянут в общем направлении с юго-запада на северо-восток. Более узкая его юго-западная часть представляет собой горно-таежную страну, расположенную в соединении Саянской и Алтайской горных систем. Ниже устья р. Таштып вид бассейна меняется – несколько расширяются его границы и значительно понижается высота. Здесь начинается обширная Минусинская котловина. Подгорья переходят во всхолмленную равнину, которая в низовье Абакана заканчивается обширными степными пространствами.

На востоке водоразделом бассейна служат хребты Западного Саяна – Джойский, Джебашский с высотами 1500-2000 м, Сабинский с высотами 2300-2500 м; на крайнем юге хребты Тайгазы, Сольджур, где вершины Амутайга, Кратайга достигают 2860 м. На юго-западе и западе бассейн ограничен Абаканским хребтом (отрог Кузнецкого Ала-Тау) с вершинами на юге 2600-

2700 м, которые на западе понижаются до 2400-2300 м, а на севере до 1900-1500 м. В верхней части бассейна расположены высокие хребты: Карлыган между Большим и Малым Абаканом с высотами 2200-2600 м, Шаман между Малым Абаканом и Она с высотами 1500-2000 м [39].

Несколько ниже города Абаза высоты бассейна заметно снижаются: по правобережью они составляют 300-800 м и далее переходят в Койбальскую степь; по левобережью, в верхней части бассейнов рек Таштып, Аскиз, Тея, проходит хребет Сахсар с высотами 800-1000 м. Более 80 % водосборной площади приурочено к высотам выше 1000 метров.

3.1.2 Рельеф, геология и тектоника

Бассейн реки Абакан занимает северо-западные склоны Западного Саяна, восточные склоны Абаканского Хребта и западную часть Минусинской котловины (рисунок 9). Минусинская котловина тектонического происхождения, с выраженными в строении верхними и нижним ярусами. Первый – верхний – формируют хребты и кряжи (Солгонский, Батеневский, Косинский и др.) высотой не более 800 м; нижний ярус – котловины (Чулымо-Енисейская, Сыдо-Ербейская) и Минусинская впадина. Основания котловин, сложенные толщей рыхлых отложений, медленно опускаются до 145 м на севере от 310 м на юге. Влажные и сухие лесные и гольцовые горы Западного Саяна тянутся в северо-восточном направлении. Данная горная система сильно расчленена, представляя собой горные хребты с широкими выровненными поверхностями. Гребни гор скалисты и обрывисты. Наиболее высокие точки это – вершина Кызыл-Тайга (3121 м) и гора Бай-Тайга (3129 м) [26].

Территория высокогорной части бассейна, относящейся к Саяно-Алтайской горно-структурной области, сложена кристаллическими известняками и метаморфическими сланцами, постепенно выветрившимися с поверхности и достаточно промытыми до уровня врезания речной сети. Типичны алевриты, песчаники, кварциты, эффузионно-осадочные породы, испытавшие периодическое тектоническое влияние и воздействие экзогенных факторов, которые обусловили образование разрывов в форме частично заполненных или полностью открытых трещин.

Области сложной по внутреннему строению складчатости были подвержены влиянию многократно происходящей деятельности тектонического и магматического характера, вследствие которой сформировался межгорный Минусинский прогиб. Здесь залегают нижнедевонские породы вулканогенного

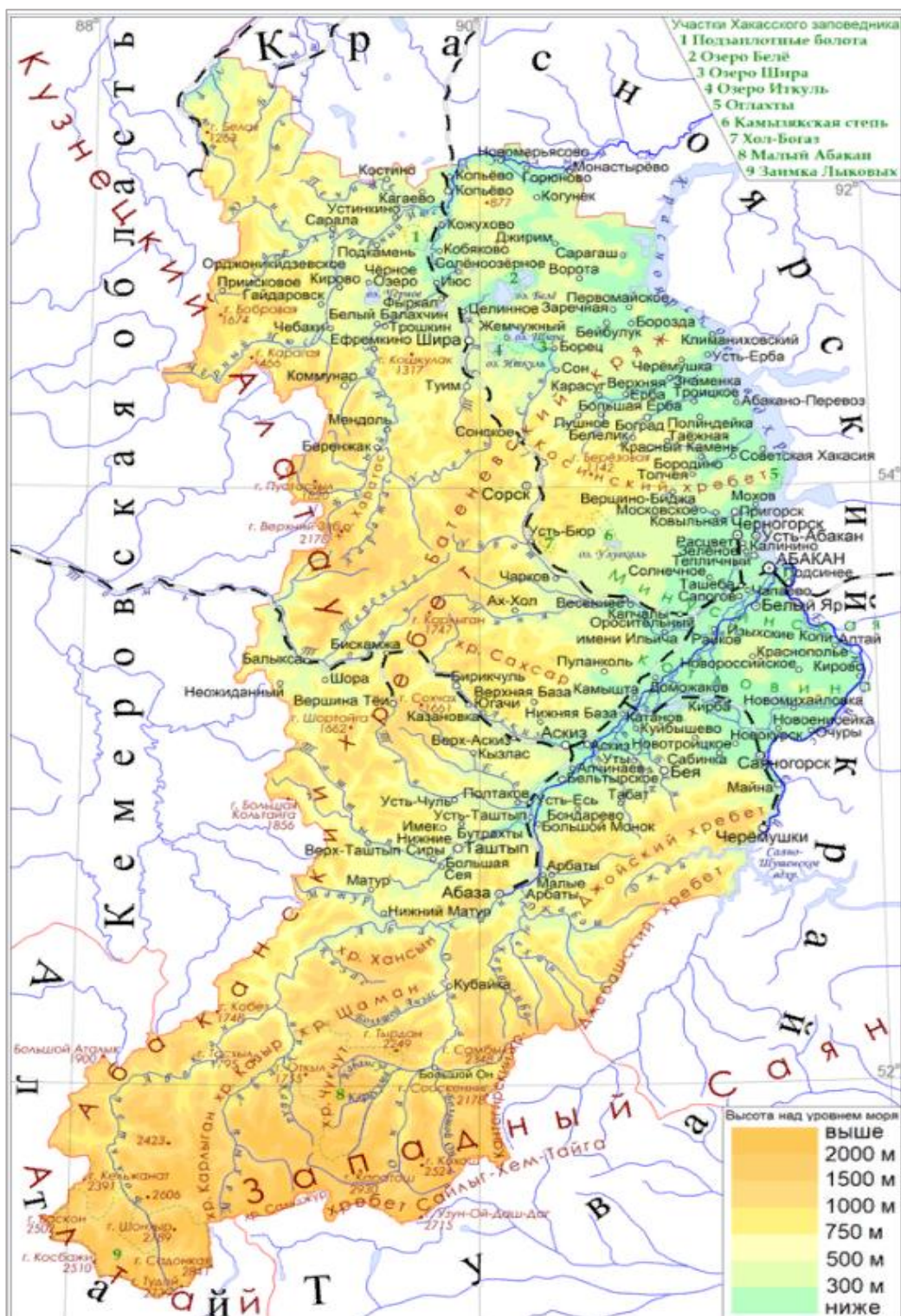


Рисунок 9 – Физическая карта Хакасии [55]

типа, перекрывают их осадочные отложения девона, карбона, перми, юры. В их состав входят аргиллиты, алевролиты; песчаники и вулканогенные образования.

В Саяно-Алтайской области развиты пролювиально-делювиально-элювиальные и аллювиальные четвертичные отложения предгорных равнин и речных долин. Характерно залегание глин и суглинков, супесей, пески и

галечников, общая мощность которых составляет 39-41 м. В межгорных котловинах встречаются пески с галькой и глиной мощностью до 30 м.

На отдельных участках развиты карстовые процессы, которые связаны с растворением соленосных и карбонатных пород водой. Карст в Западном Саяне приурочен преимущественно к кембрийским отложениям, залегающим близ Минусинской котловины на участках тектонического контакта карбонатных пород с кристаллическими.

3.1.3 Климат бассейна

Климат бассейна реки Абакана определяется местными радиационным режимом, своеобразием циркуляции атмосферы и характером подстилающей поверхности. Бассейн расположен почти в центре Евро-Азиатского континента. Большое удаление от Атлантического океана, более 6 тыс. км, и от Северного Ледовитого (Карское море) на 22000 км создает благоприятные условия для формирования резко-континентального климата с суровыми зимами и непродолжительным, иногда жарким летом. Что характерно для всей обширной территории Алтайско-Саянской горной страны и Минусинской котловины.

Значительное влияние на особенности климата и речной сток в горах оказывает экспозиция склонов (географическое положение хребтов) относительно направления движения основных влажных воздушных масс. Наличие высоких гор (до 1000 м) определяет вертикальную поясность условий климата. Многолетние среднегодовые значения температуры воздуха здесь почти везде отрицательные.

Общая амплитуда колебаний температуры воздуха в бассейне реки Абакан в течение года составляет 89-95°C. Самым холодным месяцем является январь, когда средняя температура в бассейне варьирует в пределах -17-20°C. В течение зимних месяцев (январь-февраль) отмечается инверсия температуры воздуха (с высотой иногда растет) в связи с действием Сибирского антициклона, выхолаживанием воздуха на низинных участках бассейна рассматриваемого водотока, «скатыванием» воздушных холодных масс в пониженные зоны. Самый теплый месяц – июль. Наибольшая амплитуда колебания температуры наблюдается в районе города Абакана (центральная часть Минусинской котловины). Отмечается резкий переход значений температуры (на 10-12°C) от отрицательных к положительным в весенний период (от марта к апрелю) и обратно к отрицательным в осенний (от октября к ноябрю), что позволяет точно определить длительность холодных периодов в бассейне исследуемого водотока [24]. Переход температурных значений через 0°C к положительным весной в предгорных районах (высотой до 600 м) происходит преимущественно до середины апреля, осенью к отрицательным величинам – в конце октября. В горных районах с подъемом на каждые 100 м переход температуры через -5, 0, +5 °C весной происходит с запаздыванием на 2-3 дня. Наряду с частыми заморозками здесь наблюдается очень интенсивное повышение температуры в дневное время. Холодный период, на высотах 1000-1500 м продолжается с начала-середины октября до конца июня.

В распределении осадков по территории бассейна явно прослеживается возрастание их количества от низких частей бассейна к высокогорным. Годовое количество осадков меняется по территории от 248 мм (Казарма, Абакан) до 880 мм по данным поста Усть-Кизас. Высокие Саянские хребты и их отроги являются препятствием на пути господствующих западных потоков воздушных масс и способствуют обильному выпадению осадков в горах. Максимальный объем осадков выпадает в летний период, и обусловлен активизацией циклонической деятельности атмосферы. За период май-сентябрь выпадает 70-80 % годовой суммы осадком, причем в северо-восточной степной зоне этот процент больше – 75-85 %, в горной местности 63-72 %.

Зимой, в связи с перестройкой высотного барического поля, циклоническая деятельность на юге Сибири значительно снижается. Это приводит к резкому уменьшению количества осадков; сумма осадков за период ноябрь-март в среднем составляет 10-15% от годовой суммы. На количество осадков, выпадающих в горах, значительное влияние оказывает орография бассейна. Так, по имеющимся данным наибольшее количество осадков выпадает в Усть-Кизасе (со стороны западных склонов хребтов Кирса, Сындат, Хансы, Шаман) достигает 880 мм. Бассейн реки Она лежит восточнее этих хребтов, количество осадков там значительно меньше, чем на западной экспозиции склонов (М. Аизас 487 мм, Большой Он 538 мм) в Матуре, расположенном со стороны северо-западных склонов хребтов Хансы и Кирса, осадков выпадает больше, чем в бассейне р. Она (588 мм). Если учесть данные об осадках горных станций, расположенных на западной экспозиции склонов Абаканского хребта (ст. Яйлю, Тайлон и др.), то можно предположить, что в верховьях бассейна р. Абакан выпадает в год 800-900 мм осадков [16].

Снежный покров в бассейне распределяется еще более неравномерно, чем осадки. В нижней, степной части бассейна устойчивое залегание снега отмечается с середины ноября (Абакан, Бея), в предгорьях несколько раньше (Таштып, Абаза). На Оленьей речке установление снежного покрова геристрируется в начале октября. Величина максимальных снегозапасов колеблется в очень широких пределах: 20-25 мм в районе города Абакан и наблюдается обычно в середине-конце февраля; 40-90 мм в предгорье, наблюдается обычно в середине марта. В верхней части бассейна максимальные снегозапасы (порядка 150-290 мм) определяются обычно в конце марта-начале апреля. В горной части бассейна по данным на горных речек Оленья и Ненастная средняя величина максимальных запасов снега – 460 мм, а в многоснежные годы значительно превышает эту величину – 984 мм; максимальных значений снегозапасы достигают здесь в середине апреля.

Устойчивый покров снега начинает разрушаться по мере наступления положительных дневных температур воздуха. В приабаканских степях, где снега выпадает мало, разрушение снежного покрова заканчивается до начала устойчивого перехода среднесуточных температур через 0°C, обычно в конце марта (при этом значительная часть снега испаряется). На остальной территории данный процесс заканчивается после перехода температур воздуха, так в Минусинской котловине этот срок приурочен к началу апреля, в горах

Западного Саяна – к началу мая [40]. Средняя высота слоя колеблется от 5 см до 10 см в районе Абаканских степей и от 150 см до 200 см в горах Западного Саяна. Средняя интенсивность процесса таяния снежного покрова в степных районах бассейна достигает лишь 3-5 мм в сутки, в горных районах более 6-9 мм в сутки.

3.1.4 Почвы

На территории бассейна ниже устья реки Уйбат вблизи г. Абакана распространяется степь. В строении степной части бассейна преобладают осадочные отложения – красные и бурые песчаники и известняки. Поверхностные почвы – преимущественно малогумусный выщелочный чернозем.

Для Алтайско-Саянской горной провинции характерна хорошо выраженная вертикальная поясность. Высокогорный пояс отличается достаточным разнообразием горно-луговых почв и горно-тундровых [21]. Для горно-лесного (таежного) пояса характерно распространение ряда типов почв: кислых оподзоленных и неоподзоленных (верхняя часть пояса), горных сильно-, средне- и слабооподзоленных, торфянисто-перегнойно-глеевых, горно-лесных дерновых и горных серых лесных. Минусинская провинция входит в состав Алтайско-Саянской горной страны. В ее пределах распространены обширные массивы сухих степей с преобладанием каштановых и темно-каштановых почв, которые различаются по механическому составу и имеют пылеватую и пылегато-комковатую структуру. Многолетнемерзлые грунты отмечены в виде островных участков среди талого грунта. Толща данного типа грунта в основном не более 15 м, но на оголенных горных водоразделах слой мерзлоты может достигать 100-200 м. Минусинская котловина расположена в районе с островным типом сезонно-мерзлых грунтов, для которой характерно отсутствие многолетней мерзлоты.

3.1.5 Растительность

В бассейне реки Абакан хорошо выражена вертикальная поясность. Растительный покров горных районов представлен темно-хвойным лесом, где доминирует пихта и кедр. Вдоль долин рек распространен лиственный лес. Вершины гор выше границы леса покрыты редким кустарником, но чаще совсем безлесны. Заселенность горных районов 80-90 %. Ниже устья р. Таштып лес редет, уступая место лесостепной зоне, а еще ниже леса встречаются только по долинам речных систем и по северным склонам возвышенностей. Нижняя степная зона почти вся используется под посевы.

На территории Западного Саяна распространены преимущественно сухие леса представленные лиственными породами (обычно паркового характера с богатым травянистым покровом). На скелетных почвах произрастают сосновые леса. По абаканскому хребту в южном направлении появляются пихтово-кедровые леса. В нижнем поясе гор Западного Саяна распространены

сосновые и лиственничные леса. Верхние части крутых склонов чаще всего покрыты кедрово-елово-пихтовыми лесами. Здесь относительно хорошо представлены низкотравные альпийские и высокотравные субальпийские луга. Горные моховые тундры покрывают хребты в зоне граничащей со снеговой линией.

Для Минусинской степи характерна растительность крупной полынного и ковыльного типа. На северных холмистых склонах эпизодичны мелкоствольные березовые колки и распространен вейнико-разнотравный травостой (рисунок 13). В долине Енисея обычны сосновые леса с остепненным характером растительности.

Благодаря увлажненности лесного и высокогорного поясов, большая часть рек названного бассейна отличается многоводностью.

3.1.6 Гидрологическая сеть бассейна р. Абакан

Гидрологическая сеть бассейна реки Абакан хорошо развита, с разработанной системой глубоких речных долин с серией речных террас. Направление речных долин предопределило мощное поднятие Западного Саяна, Абаканского хребта и Кузнецкого Алатау [30]. По причине сложившейся неоднородности рельефа и геологического строения бассейна речная сеть развита весьма неравномерно.

Среднее значение коэффициента густоты речной сети в бассейне реки Абакан находится в пределах 0,5-0,7 км/км². Для предгорных районов его значения варьируют от 0,4 до 0,5 км/км²; для лесостепных – они не превышают 0,3 км/км² [33]. Речная сеть представлена в основном горными реками с узкими долинами и многочисленными порогами. В реку Абакан впадает более 310 водотоков длиной менее 10 км, а также Зауйбатский и Аскизский каналы. В бассейне реки насчитывается 756 не больших озер (особенно в горных бассейнах рек Малого Абакана), площадью 42,23 км².

3.2 Общая характеристика реки Абакан

Река Абакан является одним из крупнейших левых притоков реки Енисей, образуется при слиянии Большого Абакана и Малого Абакана ($53^{\circ}31'21''$ с. ш. $91^{\circ}10'38''$ в. д.) как показано на рисунке 10.

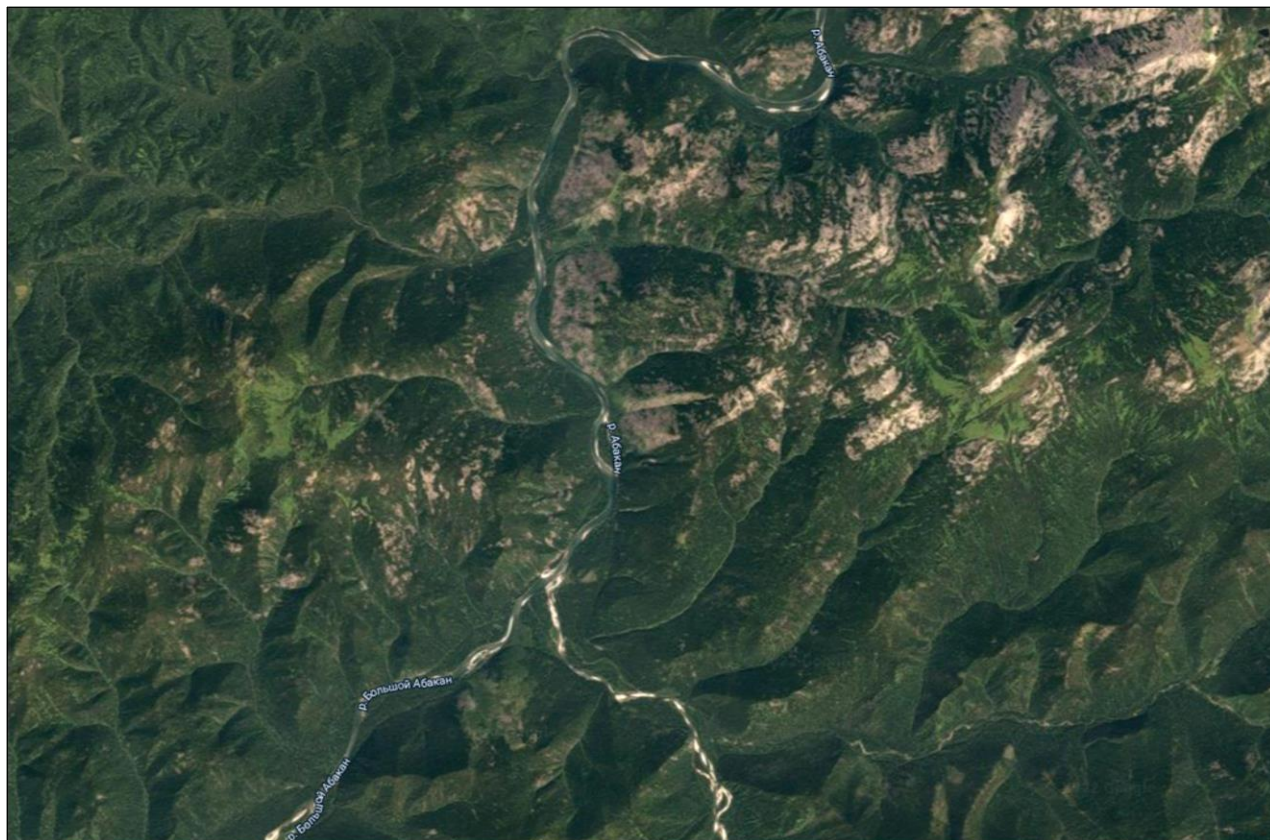


Рисунок 10 – Слияние рек Большого Абакана и Малого Абакана [53]

Впадает в Красноярское водохранилище (рисунок 11). Длина водотока достигает более 327 км, от истока р. Большой Абакан – 514 км, является 18 по длине притоком реки Енисей.

Река Абакан в верхнем течении - горный водоток. Долина реки ее (до города Абазы) узка и извилиста, разработана слабо, представляет собой глубокую теснину. Ширина долины в районе Усть-Кизаса составляет 1-1,5 км, у г. Абаза увеличивается до 2-2,5 км. По выходе из гор (в районе устья реки Таштып) вид долины резко меняется [26].

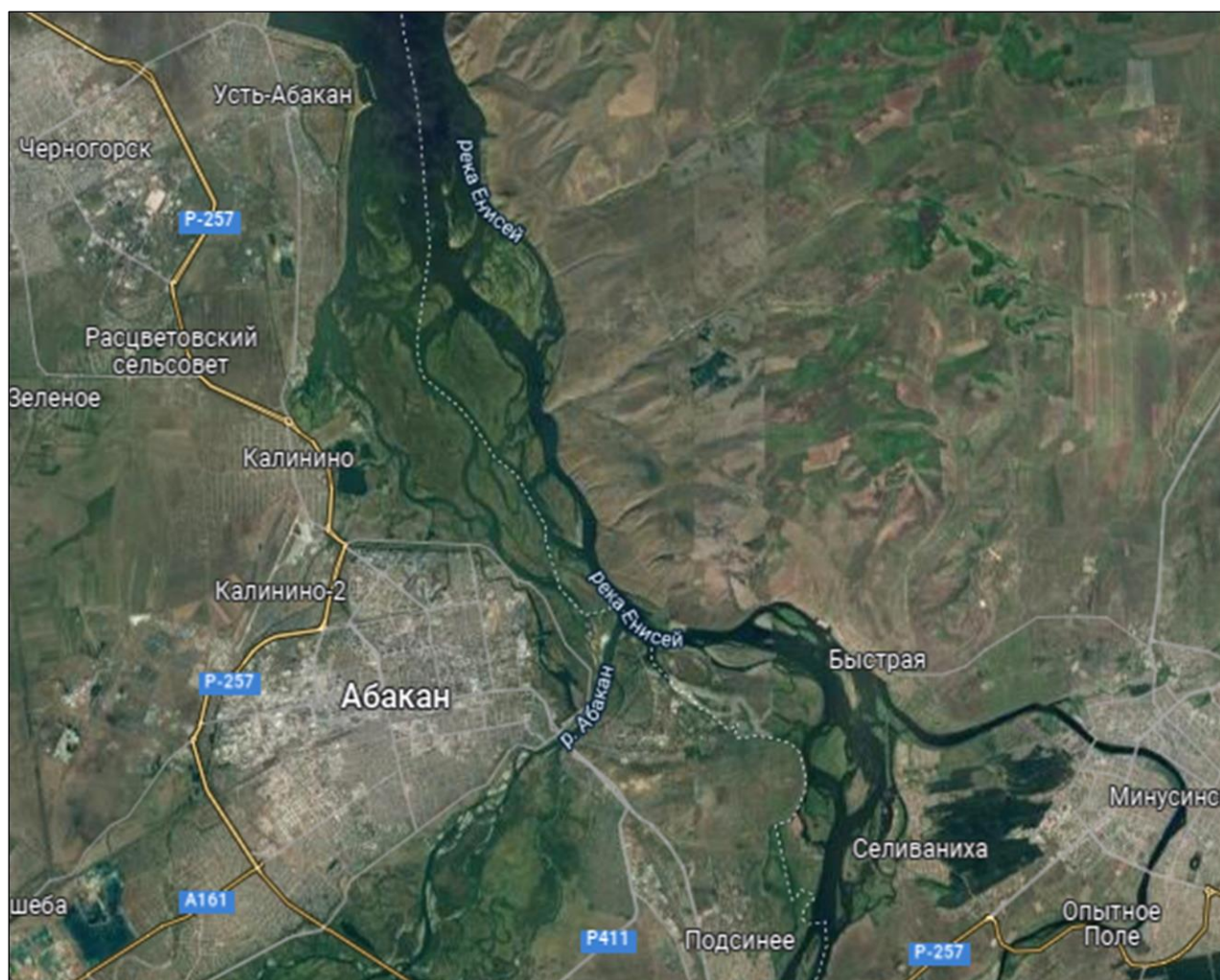


Рисунок 11 – Место впадения р. Абакан в Красноярское водохранилище [53]

Вступая в область девонских отложений (красные и бурые песчаники, известняки), речная долина значительно расширяется и образует плоскую котловину (южную часть Минусинской котловины), с юга и запада ограниченную горами. Склоны гор и холмов, обращенных в сторону реки, сглажены. Ширина долины в районе улуса Райкова – 10-15 км.

Русло реки в верхней части представляет собой горный поток. Уклоны реки в верховье составляют около 7 %, при выходе из гор скорости и уклоны уменьшаются. В русле много перекатов и шивер (рисунок 12). Уклоны на участке от Усть-Кизаса до Абакана 5-6 %. В нижнем течении характерно разветвление реки на рукава, течение здесь замедленно, уклоны порядка 1,0-0,5 %. В устьевой части у г. Абакана разветвление русла настолько значительно, что основное русло затруднительно выделить.



Рисунок 12 – Верхнее течение реки Абакан [14]

Русло реки Абакан в верхнем и среднем течении (до города Абаза) полугорное, меандрирующее, со множеством теснин и порогов [33]. В нижнем течении (в пределах Минусинской котловины) русло равнинное, широкопойменное (рисунок 13).



Рисунок 13 – Река Абакан (фото автора)

Характеризуется многорукавностью и свободными излучинами. Питание реки Абакан преимущественно снеговое и дождевое. Пик весеннего половодья на водотоке наблюдается в июне (рисунок 14).



Рисунок 14 – Весеннее половодье на реке Абакан (фото автора)

Среднемноголетний расход воды достигает 378 м³/с (объем стока до 11,93 км³/год). Наибольший расход воды 8265 м³/с, наименьший (зимний) – 22,7 м³/с, минимальный за период открытого русла составляет около 95,0 м³/с. В нижнем течении данного водотока существует периодический подпор от Красноярского водохранилища. Средний многолетний расход наносов составляет 12 кг/с (за год сток наносов превышает 375000 тонн). В период весенне-летнего половодья переносится значительная часть наносов – до 87 % годового стока [45].

Водный режим реки Абакан характеризуется растянутыми многопиковым весенним половодьем, летними паводками, летне-осенней меженью и довольно низким стоянием уровня воды в позднеосенний период, понижающимся к ледоставу, низким стоком зимой. В течении зимы в верхней горной части бассейна реки происходит значительное накопление снега, таяние которого обуславливает характер водного режима водотока в весенне-летний период. В зимний период проходит не более 4-6 %, весной и летом около 75-82 % годового стока. Подъем уровня воды в весенний период начинается в первой декаде апреля (при ледоставе), достигая максимума после очищения ото льда реки (в конце мая – начале июня). Половодье состоит из серии подъемов и спадов, обусловленных особенностями хода таяния снега в зависимости от колебаний показателей температуры воздуха [26]. Спад половодья сопровождается серией кратковременных дождевых паводков, которые по своей высоте значительно уступают половодью.

Ледовые явления на реке наблюдаются с конца октября (рисунок 15). Ледостав обычно устанавливается во второй – третьей декаде ноября, его продолжительность – 142-150 дней.



Рисунок 15 – Ледовые явления на р Абакан [14]

Процесс весеннего разрушения ледяного покрова начинается преимущественно в середине апреля (рисунок 16). Полное очищение реки ото льда происходит через 2-8 суток. Общая продолжительность периода ледовых явлений – 174-176 суток [16].



Рисунок 16 – Река Абакан в пределах г. Абаза-поселок Райков – ледоход с подтоплением [14]

Наиболее крупные притоки, впадающие в реку Абакана с правого берега – рр. Она, Джебаш, Хоросил, Чехаш, Бея; с левого берега – рр. Матур, Таштыш, Тея, Аскиз, База, Камышта, Уйбат (рисунок 17, приложение А).

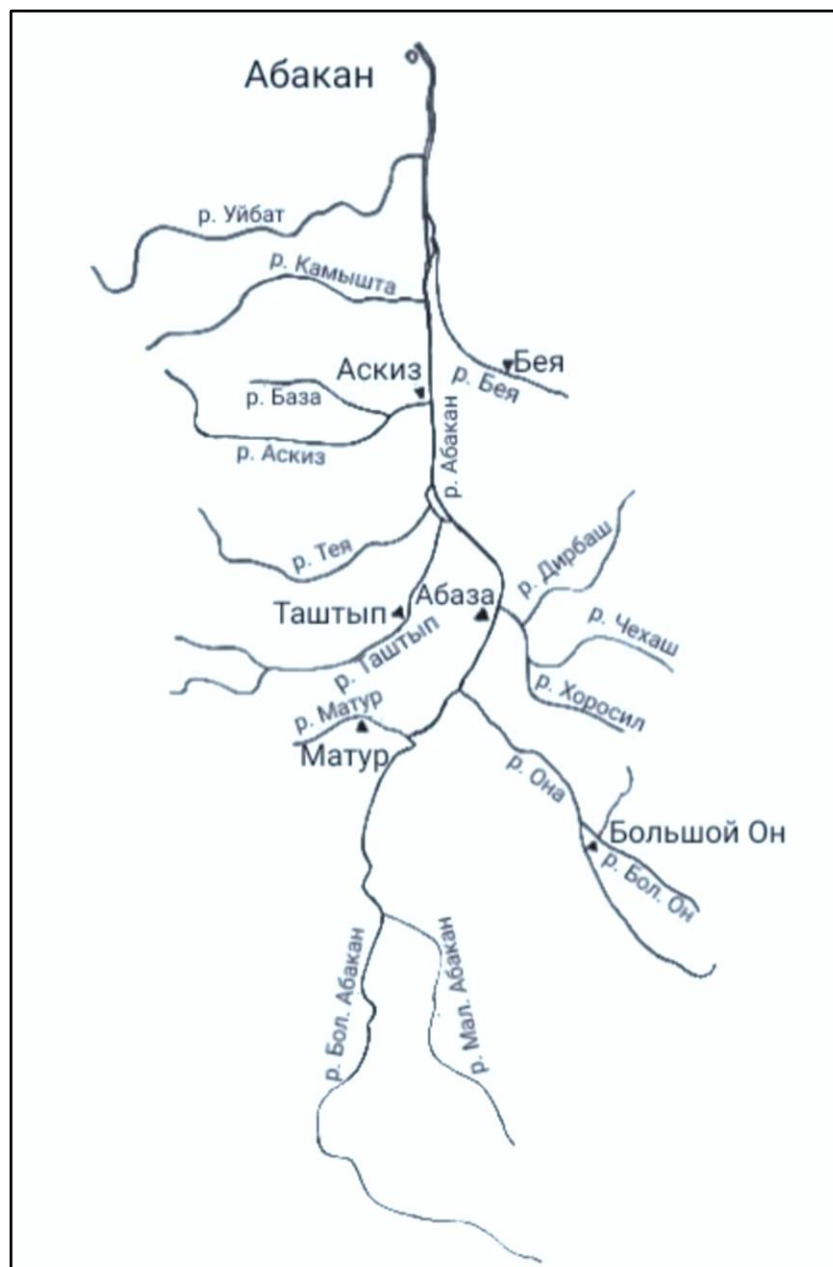


Рисунок 17 – Карта бассейна реки Абакан (составлено автором)

Река Абакан имеет хозяйственное значение: лесосплав и орошение. Судоходного значения рассматриваемый водоток практически не имеет. Судоходство возможно лишь для мелкосидящих судов и лишь на протяжении 152 км от устья реки. На прибрежной территории реки Абакан находится более 20 населенных пунктов.

Глава 4 изъята полностью

Глава 5 изъята полностью

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была применена методика долгосрочного прогноза максимального уровня воды реки Абакан пос. Райков. В основу разработки прогностического уравнения положен метод корреляции. Анализ позволил обосновать исходные предикторы, которые использовались для получения прогнозного уравнения статистическим методом множественной линейной регрессии. Данный метод позволил определить относительное влияние на уровеньный режим каждого гидрометеорологического фактора. Разработанное уравнение регрессии можно использовать в практике гидрологических прогнозов.

Условия формирования максимальных уровней р. Абакан исключительно многообразны. Вследствие небольшого времени добегания реакции хода стока на изменение метеорологических условий снеготаяния следует исключительно быстро. По этой причине заблаговременно и надежно предсказать высоту максимального уровня затруднительно. Только методика краткосрочного прогноза, основанная на использовании математической модели талого стока, позволяет достаточно надежно предсказать высоту половодья. Однако, заблаговременность таких прогнозов может составлять только несколько суток.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

В настоящей работе использованы следующие сокращения и обозначения с соответствующими расшифровкой и пояснениями:

ААНИИ –	Арктический и антарктический научно-исследовательский институт
ВНИИГМИ – МЦД	Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных
ГГИ –	Государственный гидрологический институт
ГГО –	Главная геофизическая обсерватория им. Воейкова А. И.
Гидрометцентр России –	Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации
ГОИН –	Государственный океанографический институт
ГУГМС	Главное управление Гидрометеорологической службы
ГХИ –	Государственный гидрохимический институт
УГСМ –	управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анашечкин, А. Д. К вопросу построения краткосрочных моделей прогнозирования уровней воды на участках рек / А. Д. Анашечкин, Е. Н. Трофимец // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России, 2019. – С. 36-43.
2. Аполлов, Б. А. Курс гидрологических прогнозов / Б. А. Аполлов, Г. П. Калинин, В. Д. Комаров. — Ленинград : Гидрометеиздат, 1974. — 419 с.
3. Бефани, Н. Ф. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам / Н. Ф. Бефани, Г. П. Калинин. – 1983. – 390 с.
4. Бураков, Д. А. Метод долгосрочного прогноза уровней воды (включая уровни заторного происхождения) на участках среднего течения Енисея / Д. А. Бураков, В. Ф. Космакова, А. П. Кузнецова. // Информационный сборник «Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов». – 11 с.
5. Бураков, Д. А. Методика долгосрочного прогноза максимальных уровней воды для р. Оби у г. Нижневартовска и результаты ее испытания / Д. А. Бураков, В. Ф. Космакова, Н. П. Волковская // Информационный сборник «Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов». – 6 с.
6. Бураков, Д. А. Методы долгосрочного прогноза максимальных Уровней воды на реке Иртыш и результат их испытания / Д. А. Бураков, В. Ф. Космакова, Н. П. Волковская // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 8 с.
7. Бураков, Д. А. Применение пользовательского интерфейса ПО «Капля» реализующего прогнозы ежедневных уровней воды / Д. А. Бураков, Л. И. Виноградова, О. И. Иванова, А. В. Кожуховский // Материалы международной научно-практической конференции // Наука. Инновации. Технологии. – Красноярск, 2019. – С. 3-6.
8. Бураков, Д. А. Результаты испытаний автоматизированной технологии прогноза ежедневных и максимальных уровней воды на средней Оби и Нижнем Иртыше / Д. А. Бураков, Н. П. Волковская. – С. 64-70.
9. Бураков, Д. А. Результаты испытаний автоматизированной технологии прогноза ежедневных и максимальных уровней воды на средней Оби и Нижнем Иртыше / Д. А. Бураков, Н. П. Волковская // Метеорология и гидрология. – 7 с.
10. Бураков, Д. А. Результаты испытания физико-статического метода долгосрочного прогноза максимальных уровней воды весеннего половодья р. Енисей у г. Кызыл / Д. А. Бураков, В. Ф. Космакова, И. Н. Гордеев // Метеорология и гидрология. – 6 с.
11. Бураков, Д. А. Технология оперативных прогнозов ежедневных расходов (уровней) воды на основе спутниковой информации о заснеженности (на примере р. Нижней Тунгуски) / Д. А. Бураков, Ю. В. Авдеева // Метеорология и гидрология. – 1996. – № 10. – С. 75-87.

12. Бухарицин, П. И. О необходимости подготовки специалистов в области гидрометеорологии, гидротехники и гидромелиорации / П. И. Бухарицин // Международный журнал экспериментального образования. – 2012. – №9. – С. 8-9.

13. Виноградов, Ю. Б. Прикладная Гидрология / Ю. Б. Виноградов, Т. А. Виноградова. – Санкт-Петербург, 2011. – 100 с.

14. Вода России [сайт]. – URL: <https://water-rf.ru/> (дата обращения: 16.06.2021).

15. 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.

16. Гидрометеорология и образование: ежеквартальный научно-образовательный журнал. – Балашиха, 2020. – №1. – 115 с.

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

18. Давыдов, Л. К. Общая гидрология / Л. К. Давыдов, А. А. Дмитриева, Н. Г. Конкина. – Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 1973. – 454 с.

19. Двинских, С. А. Опыт использования системного подхода в гидрологических исследованиях / С. А. Двинских, Т. П. Девяткова, О. В. Ларченко // Географический вестник. Гидрология. – 2015. – №1 (32). – С. 44-51.

20. Догановский, А. М. Гидрология суши / А. М. Догановский. – Санкт-Петербург, 2012. – 524 с.

21. 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.

22. Иванова, О. И. Гидрологический анализ и прогноз весеннего половодья лесных и лесостепных рек Средней Сибири : автореф. дис. канд. географических наук : 25.00.27 / Иванова Ольга Игоревна. – Иркутск, 2011. – 25 с.

23. Иванова, О. И. Модели прогноза характеристик весеннего половодья лесостепных и горно-лесных рек Средней Сибири / О. И. Иванова // Вестник Томского государственного университета, 2010. – С. 212-215.

24. Иванова, О. И. Разработка методики гидрологического прогноза уровней воды р. Енисей – с. Ворогово / О. И. Иванова // Эпоха науки. – 2015. – С. 537-542.

25. Информационная система по водным ресурсам и водному хозяйству рек России. – Текст : электронный // Центр регистра и кадастра : [сайт]. – URL: <http://gis.vodinfo.ru/> (дата обращения: 8.07.2021).

26. 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).

27. Краткий гидрологический очерк бассейна р. Абакан город Абаза, 1962 год

28. Кумани, М. В. Прогнозирование основных элементов весеннего стока в рамках реализации системы мониторинга и прогнозирования половодья / М. В. Кумани, А. В. Апухтин // Технологии гражданской безопасности. – 2012. – №4. – С. 69-74.

29. Левыкин, Ю. StokStat 1.2 – Статистика для гидрологии. Программа для расчета статистических характеристик используемых в гидрологии. – Текст : электронный // Freeware : [сайт]. – URL: http://www.geodigital.ru/soft_hydr (дата обращения: 30.10.2021).

30. Леонов, Е. А. Космос и сверхдолгосрочный гидрологический прогноз / Е. А. Леонов. – Санкт-Петербург: Алетейя, 2010. – 352 с.

31. Михайлов, В. Н. Гидрология устьев рек / В. Н. Михайлов. – Москва, 1998. – 177 с.

32. Михайлов, В. Н. Гидрология / В. Н. Михайлов, А. Д. Добровольский, С. А. Добролюбов. – Москва: Высшая школа, 2007. – 464 с.

33. 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)

34. Наводнения. – Текст : электронный // Известия : [сайт]. – URL: <https://iz.ru/tag/navodnenie> (дата обращения: 7.01.2022).

35. Огиевский, А. В. Бассейны-индикаторы / А. В. Огиевский // Труды НИУ ГУМС. – 1947. – №26. – 284 с.

36. Плесецкий, В. М. Гидрометеорологический центр России. История основания и становления / В. М. Плесецкий. – Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1978. – 264 с.

37. 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)

38. Попов, Е. Г. Гидрологические прогнозы / Е. Г. Попов. – Гирометеоиздат, 1979. – 257 с.

39. Попов, Е. Г. Вопросы теории и практики прогнозов речного стока / Е. Г. Попов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1963. – 395 с.

40. Попов, Е. Г. Основы гидрологических прогнозов / Е. Г. Попов. — Ленинград : Гидрометеорологическое издательство, 1968. — 294 с.
41. Ресурсы поверхностных вод СССР т. 16. — / под ред. Г. С. Карабаева. — Л.: Гидрометеоздат, 1967. — 455 с.
42. Ресурсы поверхностных вод СССР. Алтай и Западная Сибирь. Т. 15. Вып. 3. — / под ред. Г. С. Карабаева. — Л.: Гидрометеоздат, 1967. — 342 с.
43. Руководство по гидрологическим прогнозам [Текст] / Гос. ком. СССР по гидрометеорологии, Гидрометеорологический научно-исследовательский центр СССР. - Ленинград : Гидрометеоздат, 1989. - 356 с.
44. Рыков, Н. А. Работы регионального назначения в области гидрометеорологии и смежных с ней областях / Н. А. Рыков. — Владивосток. С. 282-300.
45. Савичев, О. Г., Краснощеков С. Ю., Наливайко Н. Г. Регулирование речного стока. — Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2009. — 114 с.
46. Савкин, А. В. Гидрология: учебное пособие / А. В. Савкин, С. В. Фёдоров. Санкт-Петербург, 2010. — 51 с.
47. СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СНиП 2.01 Госстрой России. 2003 г. 80 с.
48. Среднесибирское УГМС. — Текст : электронный. — [сайт]. — URL: <http://meteo.krasnoyarsk.ru/> (дата обращения: 5.07.2021).
49. Ученые России. — Текст : электронный // Ученые и изобретатели России: [сайт]. — URL: <http://www.imyanauki.ru/> (дата обращения: 2.11.2021).
50. 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)
51. Харшан, Ш. А. Долгосрочные прогнозы стока половодья горных рек Сибири [Текст] / Отв. ред. П. И. Милюков ; Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Центр. ин-т прогнозов. - Москва : Гидрометеоздат. Моск. отд-ние, 1958. - 78 с.
52. Христофоров, А. В. Надежность расчетов речного стока. М.: Изд-во МГУ, 1993. 166 с.
53. Шелутко, В. А. Численные методы в гидрологии / В. А. Шелутко // Л. : Гидрометеоздат, 1991. — 238 с.
54. Шуляковский, Л. Г. К методике прогноза заторных уровней воды / Л. Г. Шуляковский, В. А. Ерёмкина // Метеорология и гидрология. — 1952. — № 1. — С. 46-51.
55. Google Earth. — Текст : электронный // Google Планета Земля : [сайт]. — URL: <https://water-rf.ru/> (дата обращения: 08.07.2021).
56. Hydrological forecasting practices Geneva : World Meteorological Organization, 1975. — 150 p.
57. Hyndman, Rob J. Another look at measures of forecast accuracy / J. Rob Hyndman, Anne B. Koehler // Int. j. of forecasting. — 2006. — 22 (4) — P. 679-688.

58. 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.

59. 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.

60. Tofallis, C. A Better Measure of Relative Prediction Accuracy for Model Selection and Model Estimation // J. of the Operational Research Society. – 2015. – 66(8). – P. 1352-1362.

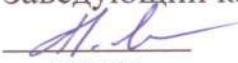
Приложения А Б и В – изъяты полностью

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 максимального уровня воды р. Абакан

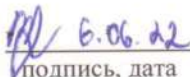
Научный
руководитель


подпись, дата

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

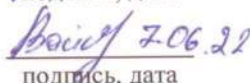
О. А. Кузнецова
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

В. В. Чибисова
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата

И. А. Вайсброт
инициалы, фамилия

Красноярск 2022