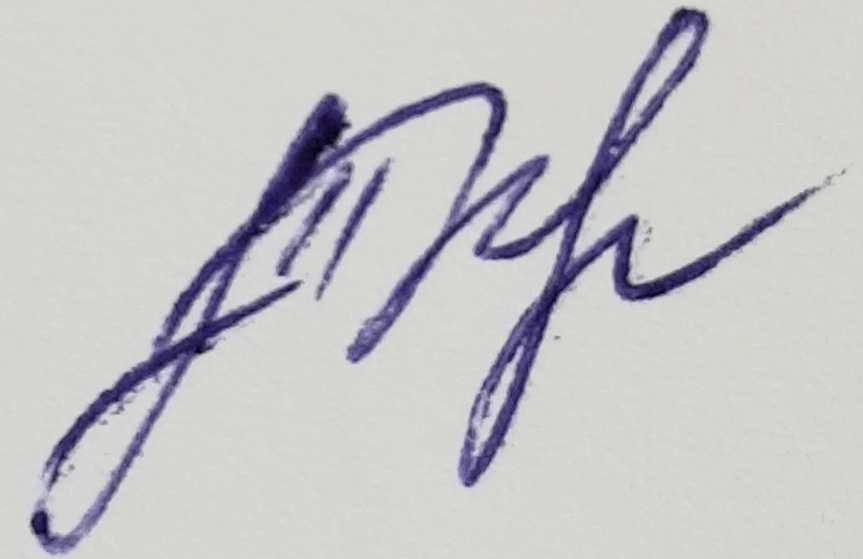
Санкт-Петербургский государственный университет

***ОВСЯНКО Татьяна Александровна***



**Выпускная квалификационная работа**

***Статистические особенности режима различных видов осадков и стока в верховьях Оби и Енисея***

Уровень образования: магистратура

Направление 05.04.02 *«География»*

Основная образовательная программа *ВМ.5778.2019 «Структура, динамика и охрана ландшафтов»*

Научный руководитель:

доцент кафедры физической

географии и ландшафтного

планирования ИНоЗ СПбГУ, к.г.н.

Амосов Михаил Иванович

Научный консультант:

старший преподаватель кафедры физической

географии и ландшафтного планирования ИНоЗ СПбГУ,

Курочкин Юрий Николаевич

Рецензент:

доцент кафедры региональной экономики и природопользования

Санкт-Петербургского государственного университета, к.г.н.

Лимонина Инна Геннадьевна

Санкт-Петербург

2021

Оглавление.

Введение

Глава 1. Физико-географический обзор, состояние вопроса и методика исследований

Глава 2. Особенности статистической структуры пространственно-временной динамики (ПВД) осадков различного вида в бассейне верховьев Оби

*2.1. Динамика жидких и твердых осадков*

*2.2. Статистическая структура соотношения различного вида осадков со стоком в верховьях Оби*

Глава 3. Особенности статистической структуры пространственно-временной динамики (ПВД) осадков различного вида в бассейне верховьев Енисея

*3.1. Динамика жидких и твердых осадков*

*3.2. Статистическая структура соотношения различного вида осадков со стоком в верховьях Енисея*

Глава 4. Сравнительный анализ двух речных бассейнов по характеру взаимосвязей осадков со стоком

Заключение

Литература и источники

Приложение

**Введение**

В связи с усилением внимания общественности и создаваемых задач для освоения природных богатств и улучшения социально-экономического состояния этого региона появилась необходимость оценки качественных и количественных изменений водных ресурсов, как основополагающей составной части жизнеобеспечения населения. Речной сток является важнейшим элементом круговорота воды в природе, с помощью которого происходит перемещение воды с суши в океаны или области внутреннего стока, что является показателем мезоклиматических особенностей любого региона и отражает условия его увлажнения в балансе с осадками и испарением. Сток формируется за счет осадков, но роль осадков различного вида в формировании внутригодового стока до сих пор четко не определена.

Крупнейшему русскому климатологу А.И. Воейкову принадлежит выражение «*реки - продукт климата*». В этом определении подчеркивается ведущая роль климатических условий в формировании рек и их режима.

Если, по образному выражению географов, вода – это кровь ландшафта, то реки – это кровеносная система ландшафта, переносящая вещество и энергию и преобразующая сам ландшафт [8].

Реки являются одним из ключевых геологических и геоморфологических факторов на планете. Речной сток участвует в крупномасштабном процессе эрозии на поверхности Земли совместно с физическим выветриванием: реки эродируют горы и возвышенности, создают долины, а также глубокие ущелья. Вместе с этим они накапливают в своих низовьях продукты эрозии и формируют толщи отложений, аллювиальные равнины, поймы, дельты, конусы выноса.

Верховья Оби и Енисея находятся в уникальных районах. Обь появляется от слияния двух рек, Бия и Катунь на Алтае, далее, в своем верхнем течении занимает Приобское плато. Енисей же, образуясь от Малого и Большого Енисея (Каа-Хем и Бий-Хем соответственно), протекает по Тувинской котловине до выхода из пределов Западного Саяна в Минусинскую котловину. Для устранения влияния антропогенного фактора в работе рассматривались только незарегулированные участки рек с соответствующими бассейнами.

Были сформулированы **две рабочих гипотезы**: первая - о степени влияния твердых осадков как накопленных за зимний период на весенне-летний сток и вторая – о степени влияния жидких осадков непосредственно на летне-осенний сток.

**Актуальность** рассматриваемой темы выпускной квалификационной работы обусловлена недостаточной изученностью статистических структур взаимосвязей осадков именно различного вида и поверхностного стока для исследуемых регионов. Данная работа позволит сделать шаг к определению роли осадков различного вида в формировании внутригодового стока в статистическом плане.

Таким образом, **целью** работы является выявление особенностей статистической структуры динамики и взаимосвязей осадков различного вида со стоком в этих двух уникальных районах.

В соответствии с этим, важнейшими **задачами**, поставленными в процессе выполнения ВКР, были следующие:

1. Дать характеристику природных, климатических и гидрологических условий верховий рек Оби и Енисей;

2. Освоить основные методы исследования, необходимые для написания ВКР;

3. Проанализировать статьи и работы по взаимодействию осадков различного вида друг с другом и со стоком в верховьях Оби и Енисея;

4. Провести первичную статистическую обработку данных по всем м/станциям и г/постам;

5. Сформировать базы данных для дальнейших расчетов и анализа;

6. Рассчитать основные статистические характеристики динамики и взаимосвязей осадков и стока;

7. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

**Объект исследования**: верховья Оби и Енисея.

**Предмет исследования**: режимы различных видов осадков и стока.

Выпускная квалификационная работа (ВКР) состоит из введения, 4 глав, заключения, списка используемой литературы и источников, а также приложения.

1. Физико-географический обзор

В главе рассматриваются физико-географические характеристики верховьев Оби и Енисея по компонентам ландшафта (географическое положение, геологическое строение и рельеф, климат и внутренние воды, почвенный покров, растительный и животный мир).

2. Особенности статистической структуры пространственно-временной динамики (ПВД) осадков различного вида в бассейне верховьев Оби.

В главе 2 рассматривается структура динамики различных видов осадков во времени и пространстве; динамика жидких и твердых осадков; структура соотношения различного вида осадков со стоком в верховьях Оби.

3. Особенности статистической структуры пространственно-временной динамики (ПВД) осадков различного вида в бассейне верховьев Енисея.

Рассматривается структура динамики различных видов осадков во времени и пространстве; динамика жидких и твердых осадков, а также структура соотношения различного вида осадков со стоком в верховьях Енисея.

4. Сравнительный анализ двух речных бассейнов по характеру взаимосвязей осадков со стоком.

Проводится корреляционный и регрессионный анализ на основе полученных данных; выявляются общие черты и закономерности связей различного вида осадков со стоком в обоих бассейнах; подводятся итоги статистического анализа: особенности, сходства и различия связей видов осадков (твердые, жидкие) со стоком в верховьях Оби и Енисея.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы автор для ознакомления с состоянием вопроса использовал библиотечную литературу, научные и прикладные статьи из открытых источников по данной теме. Для непосредственной расчетной и аналитической работы была сформирована база данных на основе электронных ресурсов, список которых приведен ниже в методах исследования. В эту базу вошли значения месячных и годовых сумм жидких, смешанных и твердых осадков с внесенными поправками на смачивание и выдувание по всем задействованным м/станциям региона (список станций на стр. 6) с заполнением пропусков в рядах и критическим анализом подозрительных величин. Также была сформирована база значений средних месячных и годовых значений расхода воды по замыкающим гидропостам (список г/постов на стр. 6).

**Глава 1. Физико-географический обзор, состояние вопроса и методика исследований.**

В выпускной квалификационной работе рассматриваются только незарегулируемые участки рек Оби и Енисея с естественной реакцией на изменения режима осадков.

Таблица №1 – Метеорологические станции и гидрологические посты в верховьях Оби и Енисея

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Название** | **Принадлежность к бассейну** | **Принадлежность к реке** | **Координаты** |
| *м/станции* | | | |
| Бийск | Обь | Бия | 52°31′с.ш. 85°10′в.д. |
| Змеиногорск | Обь | Корболиха | 51°10′с.ш. 82°10′в.д. |
| Кара-Тюрек | Обь | Катунский хребет  (водороздел рек Аккеи и Кучерла) | 50°01′с.ш. 86°27′в д. |
| Кош-Агач | Обь | Чуя | 49°59′с.ш. 88°39′в.д. |
| Ребриха | Обь | Ребриха | 53°08′с.ш. 82°34′в.д. |
| Рубцовск | Обь | Алей | 51°31′с.ш. 81°13′в.д. |
| Солонешное | Обь | Солонешная | 51°39′с.ш. 84°19′в.д.. |
| Усть-Кокса | Обь | Кокса | 50°16′с.ш. 85°36′в.д. |
| Яйлю | Обь | Телецкое озеро | 51°46′с.ш. 87°36′в.д. |
| Верхняя Гутара | Енисей | Гутара | 54°13′с.ш. 96°58′в.д. |
| Кызыл | Енисей | Верхний Енисей | 51°42′с.ш. 94°22′в.д. |
| Оленья Речка | Енисей | Оленья Речка | 53°08′с.ш. 92°56′в.д. |
| Орлик | Енисей | Ока | 52°30′с.ш. 99°49′в.д. |
| Сосновка | Енисей | Дурген | 51°08′с.ш. 94°31′в.д. |
| Тоора-Хем | Енисей | Бий-Хем | 52°28′с.ш. 96°07′в.д. |
| Эрзин | Енисей | Эрзин | 50°15′с.ш. 95°09′в.д. |
| Минусинск | Енисей | Енисей | 53°72′с.ш. 91°70′в.д. |
| *Замыкающие г/посты* | | | |
| Барнаул | Обь | Обь | 53°20′с.ш. 83°46′в.д. |
| Кызыл | Енисей | Верхний Енисей | . 51°42′с.ш. 94°22′в.д. |



Рис. № 1. Метеорологические станции и гидрологические посты верховий Оби и Енисея (составлено автором)

К числу главнейших физико-географических характеристик речного бассейна относятся:

1. *географическое положение бассейна реки (участка бассейна реки) на континенте*, которое может быть выражено через удаленность (в км) от океана;
2. *географическая зона (зоны) или высотные пояса, в пределах которых находится бассейн реки*;
3. *геологическое строение, тектоника, физические и водные свойства подстилающих грунтов, гидрологические условия*;
4. *рельеф*
5. *климат* (характер циркуляции атмосферы, режим температуры и влажности воздуха, количество и режим атмосферных осадков, испарение)
6. *почвенно-растительный покров*;
7. *характер речной сети;*
8. *наличие и особенности других водных объектов в пределах бассейна – озер, болот, ледников.*

Очень важная особенность любого речного бассейна – это степень его преобразования хозяйственной деятельностью. При этом следует различать искусственное преобразование поверхности бассейна (вырубка лесов, распашка земель и другие агролесотехнические мероприятия, оросительные и осушительные мелиорации) и искусственное преобразование гидрографической сети бассейна и режима самих рек (сооружение плотин и водохранилищ, каналов, шлюзов, осуществление других гидротехнических мероприятий в руслах рек, регулирование, изъятие и переброска стока и др.) [13].

*Обь*

Верхний участок Оби принимается от верховий рек Бия и Катунь до города Барнаул. Он расположен преимущественно в горах Алтая, где берут начало истоки Оби и ряд её притоков. Удаленность от ближайшего океана (Тихого) более 3500 км. Ниже слияния Бии и Катуни Обь делает резкие повороты, меняя своё направление с западного на северное и снова на западное. До устья р. Чарыш течёт в пойменных берегах, в русле большое количество островов и перекатов; ширина поймы от 1–2 до 10–15 км. У г. Барнаул долина и пойма увеличиваются до 20 км, а у г. Камень-на-Оби, при пересечении отрогов Салаирского кряжа, сужаются (соответственно до 3–5 км и 1,5–2 км), в русле и по берегам встречаются выходы скал [9].

Регион отличается большой удаленностью от океанов – более 3500 км до Тихого и Индийского океанов, более 2500 до Северного Ледовитого океана и более 5000 км до Атлантического.

Исследуемый регион представляет собой в орографическом плане цепь вытянутых хребтов, высотой от 100-200 м до 1000-1500 м. В том числе для Алтая характерны и обширные межгорные котловины.

Основные тектонические структуры Алтая сформировались в результате мощных складкообразовательных движений герцинского времени. В континентальных условиях мезозоя и палеогена палеозойские складчатые сооружения были постепенно разрушены, и на их месте образовалась денудационная мелкосопочная равнина, слабо расчлененная речными долинами. Современный горный рельеф Алтая создан главным образом неогеново-нижнечетвертичными поднятиями, амплитуда которых была максимальной в центральных районах и менее значительной по периферии. В четвертичное время Алтай подвергся двукратному оледенению[3].

Климат верховья Оби отличается резкой континентальностью, но все же он менее континентален, чем на соседних равнинах: лето прохладнее, зима незначительно теплее, но осадков выпадает больше. В связи с контрастностью рельефа и наличием межгорных котловин, в которых зимой застаивается холодный воздух, отчетливо выражены температурные инверсии.

Зима прохладная: средняя температура января -16 – -240С, лето теплое: средняя температура июля от +8 до +200С.

Влага в исследуемый регион приносится воздушными массами – преимущественно с запада и северо-запада главным образом летом. Среднегодовая сумма осадков на исследуемой территории колеблется в пределах от 400 мм на равнинах, до 1600 мм в горных районах.

Основная доля осадков приходится на лето и осень, но все же в течение года они распределяются относительно равномерно (до 35-40% годового количества осадков выпадает зимой, в связи с чем мощность снежного покрова достигает местами 2-3 м) [4].

Речные долины подвержены ветрам, там часто случаются бураны, заваливающие дороги снегом. В районе горных хребтов зимы спокойные и снежные. Толщина снега на лесных склонах может достигать полутора метров.

Алтай дренируется многочисленными горными реками, густота сети которых достигает 700-800 км на 1000 км2.

Отличительная особенность верховья Оби – наличие крупного озера. Телецкое озеро расположено среди высоких хребтов Северо-Восточного Алтая. Длина — около 78 км, ширина — до 5 км, а максимальная глубина — 325 м. Узкая и глубокая котловина озера образовалась в результате тектонического опускания в межледниковое время; в эпоху последнего оледенения ее склоны были обработаны гигантским Чулышманским ледником, целиком занимавшим котловину.

Алтайский тип режима рек отличается невысоким и растянутым половодьем, имеющим на графике гребенчатый вид, повышенным весенне-осенним стоком и низким стоком в зимнее время. Растянутый характер половодья в основном определяется режимом таяния снега в горах и условиями стока дождевых осадков. Таяние снега в горных условиях, даже в границах небольших бассейнов, происходит не одновременно по всей площади, а по отдельным высотным зонам и склонам, в силу чего талые воды поступают в реки одновременно со сравнительно небольших площадей, а это делает половодье затяжным и обусловливает относительно невысокие амплитуды колебания уровня воды. В случаях, когда происходит интенсивное таяние снега, наблюдаются отдельные, более или менее высокие волны преимущественно в лобовой части основной волны половодья. Осадки, выпадающие в виде дождей, также вызывают увеличение стока в реках, однако подъемы воды от них обычно характерны для тыловой части основной волны половодья [3].

Почвенный покров разнообразен. На равнинных территориях наблюдаются вкрапления выщелоченных и оподзоленных черноземов и каштановые почвы. В горных районах: горные луговые альпийские и субальпийские, горные лугово-степные, горные бурые лесные, высокогорные тундровые дерновые.

Растительность равнин представлена лугово-разнотравными и разнотравно-злаковыми степями в сочетании с березовыми лесами; растительность гор представлена лиственничными и темнохвойно-лиственничными лесами.

Господствующие ландшафты данной территории: лесостепь и влажно- и умеренно-континентальные таежные и лесо-луговые горные области.

*Енисей*

Енисей принимается от самых верховий Малого (Каа-Хем) и Большого (Бий-Хем) Енисея в Тувинской котловине до выхода из пределов Западного Саяна в Минусинскую котловину, до устья Абакана длиной 1079 км.

Верховье Енисея расположено в центре материка. Удаленность от Тихого океана более 3000 км, от Северного Ледовитого океана – более 2500 км, от Атлантического океана более 5500 км, от Индийского более 3500 км.

На территории области преобладают средневысотные горные хребты, расчлененные густой сетью глубоких эрозионных речных долин. Высота большинства хребтов до 1500 м. Западный Саян образован системой хребтов, простирающихся преимущественно в северо-восточном.

Развитие Западного Саяна в условиях геосинклинального режима закончилось в середине ордовика. В ядре созданного каледонскими движениями Западно-Саянского (Джебашского) антиклинория залегают протерозойские кристаллические сланцы, а кембрийские отложения представлены эффузивами, метаморфическими сланцами, алевролитами и карбонатными породами. В синклинориях они покрыты песчаниками и сланцами ордовика и силура [3].

В неогене и начале четвертичного времени произошли мощные сводовые поднятия, осложненные дифференцированными движениями отдельных блоков. В результате их и возникли современные горные хребты и массивы.

Климат верховья Енисея резко континентальный – это тип климата умеренных широт, который характерен для внутренних районов материков, изолированных от мирового океана и находится под воздействием областей высокого давления. Для него свойственны большие амплитуды колебания температур. Зима продолжительная, малоснежная и очень холодная, лето, как правило, тёплое. Средние температуры июля в межгорных понижениях достигают от 17 до 21°, на высоте 1000-1200 м они равны 14-16°, а в высокогорье, где в любой месяц возможны заморозки и снегопады, понижаются до 8-10° [3].

Влажность воздуха низкая, на большей части исследуемой территории среднегодовая сумма осадков 200-400 мм, небольшими участками до 800.

Максимальная высота снежного покрова составляет около 30 см на открытых и 40 см на защищенных участках. В горных районах снега выпадает больше, при этом с увеличением высоты увеличивается и мощность снежного покрова. Там максимальная высота до 50 см.

Самая крупная река области — Енисей, его притоки проходят по глубокой долине и пересекают хребты Западного Саяна.

Для верховьев рек характерно растянутое слабо выраженное весенне-летнее половодье. Продолжительность ледостава 5-6 месяцев.

Почвы преимущественно горных территорий: горные подбуры таежные мерзлотные, горные дерново-подзолистые, горные подзолистые. На равнинных участках каштановые.

Характер растительности и видовой состав в верховьях Енисея весьма разнообразен. Наблюдается закономерная смена природных ландшафтов – высотная поясность. На южных равнинах сухие дерновиннозлаковые степи, на северных равнинах луговые злаково-разнотравные степи с березовыми лесами; в горных таежных зонах темнохвойно-лиственничные леса. Лесная растительность занимает около 60% территории [3].

В верховьях Енисея преобладают континентальные таежные и таежно-степные ландшафты с тундровым высокогорьем.

*Обзор состояния вопроса*

Для бассейна Верхней Оби к первым можно отнести исследование водного режима реки Майма в условиях нынешних изменений климата (Зуев В.В. и др. 2019) с обоснованными выводами об увеличении стока зимней межени за счет сезонного потепления. Анализ гидрологических характеристик, выполненный за периоды 1940 –1975 гг. (фоновый) и 1976–2016 гг. (период современного изменения климата), показал, что на фоне наблюдающихся климатических изменений годовой сток р. Майма проявляет тенденцию к снижению. Снижение годового стока является результатом снижения стока половодья. Ключевым фактором изменений водного режима р. Майма являются климатические изменения, наблюдаемые в холодный период года. Повышение температуры воздуха в зимние месяцы способствует уменьшению глубины промерзания почвы и пополнению запасов грунтовых вод в периоды оттепелей и снеготаяния. В результате за счет увеличения доли грунтового питания сток зимней межени возрастает, а интенсивность половодья снижается [6].

В свою очередь, в работе (Галахов В.П., 2016) отмечается существенная роль твердых осадков в формировании стока для всего бассейна Верхней Оби, особенно в период весеннего половодья [2].

В исследованиях (Горошко Н.В., 2010) выявлено, что для пространственно-временной оценки многолетних колебаний годового стока рек бассейна Верхней Оби, представляется возможным использовать ряд способов. Среди них выявление кусочно-линейных трендов, осреднение рядов наблюдений по скользящим n-летиям, построение интегрально-разностных кривых, регрессионный и корреляционный анализы. Комплексное использование приведенных способов позволяет подтвердить точность результатов. Выявляется относительно подобный характер циклических колебаний стока в близких друг от друга районах и существенно различный в отдаленных и малых водотоках [5].

Проведенный в работе (Паромов В.В. и др., 2001) анализ макросиноптической ситуации над территорией Южной Сибири показал, что в конце XX века произошла существенная перестройка режима макроциркуляции. Это привело к значительным изменениям величин приземной температуры воздуха и осадков, что не могло не сказаться на величине и внутригодовом распределении стока [10].

На большинстве рек территории Алтая наблюдается перестройка структуры внутригодового распределения стока в сторону его выравнивания, что выявлено при анализе рядов среднемесячных значений стока и дополнительно подтверждено выявленным ростом коэффициента внутригодовой зарегулированности. Существенно увеличивается сток зимней межени на реках безледниковых районов. В то же время норма годового стока остается практически без изменений.

В результате анализа условий формирования стока рек Алтая в работе (Клименко Д.Е., 2011) были установлены связи основных его характеристик (нормы слоя стока и модуля максимального стока) со средней высотой водосборов (Н ср). Высота водосборов предварительно была пересчитана по современным картам с использованием геоинформационных систем. Анализ полученных связей позволил установить два типа зависимостей: для водосборов без оледенения (водосборы «Н») и с оледенением (водосборы «Л»). Диапазон высот, охваченных наблюдениями, изменяется от 1700 до 2800 м. Влияние оледенения в комплексе с другими факторами проявляется в снижении величин слоя и модуля максимального стока [7].

Для бассейна Верхнего Енисея спектр исследований по характеристикам стока и водного баланса значительно уже и представлен лишь несколькими свежими разработками, из которых можно выделить работу (Пряхина Г.В. и др. 2017), где была предложена методика расчета вертикальных градиентов сумм осадков для теплого и холодного периодов, основанная на методах корреляционного анализа данных, которая позволила выявить закономерности распределения осадков с высотой для конкретного района бассейна реки Ус. На основе среднемасштабной ландшафтной карты выделены территории с однородными условиями формирования стока (стокоформирующие комплексы - СФК) и получены количественные характеристики почвенно-растительного покрова, которые в качестве параметров использовались в модели. Модельные расчеты показали, что учет специфики распределения осадков с высотой, а также характеристик стокоформирующих комплексов позволяет существенно увеличить сходимость рассчитанных и наблюденных гидрографов стока [12].

Можно принять во внимание исследования помесячного распределения стока неизученных малых рек бассейна Верхнего Енисея в работе (Бабкина И.В. и др., 2015, Бабкина И.В., 1989) выявившие возможность определения конкретных месяцев, на которые приходится максимум стока в требуемых количественных показателях с параллельным зонированием территории по временным характеристикам, что может быть использовано для решения любых водохозяйственных задач.

Исследования реакции стоковых характеристик незарегулированной части Верхнего Енисея на изменения климата по сценариям RCP 4.5 и RCP 8.5 до середины текущего века, проведенные в работе (Тюсов Г.А., 2019) указывают, что по жесткому сценарию следует ожидать увеличения средних температур на 2 – 2,5°С, увеличения сумм осадков в зимний и поздне-осенний периоды на 17 - 20%, весной до 9 – 12%, в летний сезон значимых изменений не ожидается. При таких климатических изменениях расчеты динамики слоя стока определили возможное значительное увеличение зимнего вплоть до 100 %, летнего – уменьшение на 7 – 8% и, таким образом, увеличение общего на 5 – 8% [14].

На фоне общего прогнозируемого роста расходов в реках региона особенно остро встанет вопрос эксплуатации СШГЭС. Эта проблематика подробно разбирается в монографии (Бабкин В.И., 2018). Расход притока воды в створе СШГЭС в сезоны половодий и паводков ожидается больше нормы, что может привести к весьма нежелательным последствиям [1].

Результаты исследований, изложенные в статье (Паромов В.В. и др., 2012) показывают, что, учитывая интенсивный рост расходов меженного сезона, а также общую стационарность, либо снижение расходов воды половодья, можно ожидать общее увеличение естественной зарегулированности стока рек региона. Анализ рядов коэффициента естественной зарегулированности (ϕ) подтвердил данный вывод. На реках Алтае-Саянской горной области наблюдается общий рост зарегулированности, значения коэффициента ϕ выросли на всех реках исследуемого региона на 5-15 % [11].

*Методы исследования*

Статистикой разработано множество методов изучения связей, выбор которых зависит от целей исследования и от поставленных задач. Причинно-следственные отношения – это связь явлений и процессов, когда изменение одного из них – причины – ведет к изменению другого – следствия. Связи между признаками и явлениями, ввиду их большого разнообразия, классифицируются по ряду оснований. Признаки по их значению для изучения взаимосвязи делятся на 2 класса [15].

Корреляционная связь (которую также называют неполной, или статистической) проявляется в среднем, для массовых наблюдений, когда заданным значениям зависимой переменной соответствует некоторый ряд вероятных значений независимой переменной.

В наиболее общем виде задача статистики в области изучения взаимосвязей состоит в количественной оценке их наличия и направления, а также характеристике силы и формы влияния одних факторов на другие. Для ее решения применяются две группы методов, одна из которых включает в себя методы корреляционного анализа, а другая—регрессионный анализ. В то же время, ряд исследователей объединяет эти методы в корреляционно-регрессионный анализ, что имеет под собой некоторые основания: наличие целого ряда общих вычислительных процедур, взаимодополнения при интерпретации результатов [15].

С помощью корреляционно-регрессионного анализа определяют необходимость включения тех или иных факторов в уравнение множественной регрессии, а также оценивают полученное уравнение регрессии на соответствие выявленным связям.

Необходимые условия для применения корреляционного анализа:

\*наличие достаточно большого количества наблюдений о величине исследуемых факторных и результативных показателей (в динамике или по совокупности однородных объектов).

\*исследуемые факторы должны иметь количественное измерение и отражение в тех или иных источниках информации.

Применение корреляционно-регрессионного анализа позволяет решить следующие задачи:

- определить изменение результативного показателя под воздействием одного или нескольких факторов (в абсолютном измерении), т.е. определить, на сколько единиц изменяется величина результативного показателя при изменении факторного на единицу;

- установить относительную степень зависимости результативного показателя от каждого фактора.

Таким образом, используя тот или иной тип математического уравнения, можно определить степень зависимости между изучаемыми явлениями, узнать, на сколько единиц, в абсолютном измерении, изменяется величина результативного показателя с изменением факторного на единицу.

Регрессионный анализ – это метод изучения статистической взаимосвязи между одной зависимой количественной переменной от одной или нескольких независимых количественных переменных.

Регрессионный анализ очень тесно связан с корреляционным анализом. В корреляционном анализе исследуется направление и теснота связи между количественными переменными. В регрессионном анализе исследуется форма зависимости между количественными переменными. Т.е. фактически оба метода изучают одну и ту же взаимосвязь, но с разных сторон, и дополняют друг друга. На практике корреляционный анализ выполняется перед регрессионным анализом. После доказательства наличия взаимосвязи методом корреляционного анализа можно выразить форму этой связи с помощью регрессионного анализа.

Цель регрессионного анализа – с помощью уравнения регрессии предсказать ожидаемое среднее значение результирующей переменной.

Как и корреляционный анализ, регрессионный анализ отражает только количественные зависимости между переменными.

Силу связи между признаками можно оценить по шкале Чеддока:

0.1< r <0.3—слабая (на практике – отсутствие связи)

0.3 ≤ r <0.5—умеренная

0.5 ≤ r <0.7—заметная

0.7 ≤ r <0.9—высокая

0.9 ≤ r < 1,0 — весьма высокая (при значениях равных 1 – функциональная связь)

Одна из самых простых моделей прогнозирования, использующихся на практике, – это модель тренда – регрессионная модель, в которой зависимой переменной выступает исследуемый нами показатель, а независимой – время либо номер наблюдения данного показателя. Иначе говоря, тренд – эго математическое описание временной тенденции [15].

Линейный тренд, вероятно, – самый простой, интуитивно понятный и часто встречающийся из всех трендов. Ранее в этой главе мы уже несколько раз к нему обращались. Он описывает равномерное изменение показателя во времени.

Базы данных, использованных в НИР:

* сайт ВНИИГМИ-МЦД, http://aisori-m.meteo.ru/waisori/index.xhtml?idata=18;
* сайт rp5, https://rp5.ru/%D0%9F%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0\_%D0%B2\_%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%B5;
* Global Historical Climatology Network [Электронный ресурс] URL: http://www.scd.ucar.edu/dss/ catalogs/free.html;
* сайт NOAA, https://www.climate.gov/

**Глава 2. Особенности статистической структуры пространственно-временной динамики (ПВД) осадков различного вида в бассейне верховьев Оби**

***2.1. Динамика жидких и твердых осадков***

Для оценки тенденций изменения взаимосвязей осадков и стока на территории верховьев Оби используется процедура выявления трендов и тенденций в данных наблюдений за осадками различного вида за 80 лет с 1936 по 2015 гг. Кроме того, был выполнен анализ динамики жидких и твердых осадков по отдельности за весь период в бассейне верховья Оби за последние 30 лет, что позволило установить тенденции их изменений за последние годы. Результаты расчетов представлены в таблице.

Таблица №2. Коэффициенты тренда для осадков различного вида в верховьях Оби

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **М/станции** | **Весь период наблюдений** | | **Период с 1986 по 2015 гг.** | |
| **бассейна Оби** | **Жидкие**  **мм/10 лет** | **Твердые мм/10 лет** | **Жидкие**  **мм/10 лет** | **Твердые мм/10 лет** |
| Бийск | 1 | -1 | **28** | -6 |
| Змеиногорск | **11** | 1 | **21** | **-19** |
| Кара-Тюрек | 1 | 8 | -8 | 4 |
| Кош-Агач | 3 | -2 | -5 | 0 |
| Ребриха | 6 | **-13** | -4 | -10 |
| Рубцовск | 6 | -9 | 4 | 0 |
| Солонешное | **16** | -9 | **27** | -4 |
| Усть-Кокса | 0 | -6 | -5 | 1 |
| Яйлю | **13** | **-12** | 10 | 3 |

М/станции Ребриха и Рубцовск расположены на равнинной местности в пределах Предалтайской равнины. За весь взятый период наблюдений у них отмечаются общие черты – положительный тренд жидких осадков и отрицательный тренд твердых осадков. Но, если сравнивать тренды последних 30 лет, можно заметить, что на м/станции Ребриха выявляются отрицательные тренды по жидким и твердым осадкам, а на м/станции Рубцовск данные тренды положительны, но по твердым осадкам тренд отсутствует.

М/станции Бийск, Змеиногорск и Солонешное расположены в восточной области Предалтайской равнины. Положительный тренд жидких осадков на рассматриваемых станциях за последние 30 лет значительно увеличился. Твердые осадки в последнее время имеют отрицательный тренд.

Единственная высотная м/станции Кара-Тюрек и м/станция Кош-Агач, которая территориально находится в межгорной котловине, в течение последних 30 лет имеют небольшие суммарные потери в жидких осадках и незначительные суммарные прибавления в твердых осадках. М/станция Яйлю, также находящаяся в межгорной котловине, имеет за всю историю наблюдений суммарные прибавление в жидких осадках и потерю в твердых осадках, а за последние 30 лет суммарное прибавление в осадках обоих видов. При этом следует учитывать, что по суммарным годовым количествам осадков этот район является их основным поставщиком для стока в бассейне Бии.

Самые большие показатели тренда за последние 30 лет в бассейне Оби наблюдаются в предгорьях Алтайской горной страны на м/станциях Бийск, Змеиногорск и Солонешное. На всех трех станциях жидкие осадки имеют положительный тренд, а твердые осадки – отрицательные (исключение – м/станция Змеиногорск на которой твердые осадки за весь период наблюдений имеют положительный тренд).

Для графической иллюстрации этих характеристик были взяты несколько основных м/станций, представленных ниже на рисунках.

Рис. № 2. Хронологический ход жидких и твердых осадков на м/станции Солонешное

На рисунке № 2 можно четко определить, что жидкие осадки увеличиваются со скоростью 16 мм за 10 лет и в среднем возрастают за весь период наблюдений с 445 до 540 мм/год. Твердые осадки уменьшаются со скоростью 9 мм за 10 лет и в среднем сокращаются за весь период со 150 до 95 мм/год.

Рисунок № 3. Хронологический ход жидких и твердых осадках на м/станции Яйлю

На рисунке № 3 можно отметить, что жидкие осадки увеличиваются со скоростью 13 мм за 10 лет и в среднем возрастают за весь период наблюдений с 710 до 815 мм/год. Твердые осадки уменьшаются со скоростью 12 мм за 10 лет и в среднем сокращаются за весь период с 205 до 110 мм/год. Значит, суммарные осадки обоих видов в данном районе практически не изменяются.

Рисунок № 4. Хронологический ход жидких и твердых осадках на м/станции Кара-Тюрек

На рисунке № 4 можно отметить, что жидкие осадки увеличиваются со скоростью 1 мм за 10 лет и в среднем очень слабо возрастают за весь период наблюдений с 295 до 305 мм/год. В свою очередь, твердые осадки увеличиваются со скоростью 8 мм за 10 лет и в среднем увеличиваются за весь период с 300 до 360 мм/год. Учитывая высокогорное расположение данной станции, следует отметить её отличие в положительном тренде твердых осадков от других ниже расположенных станций.

Рисунок № 5. Хронологический ход жидких и твердых осадках на м/станции Ребриха

На рисунке № 5 жидкие осадки увеличиваются со скоростью 7 мм за 10 лет и в среднем возрастают с 315 до 350 мм/год. Твердые осадки уменьшаются со скоростью 13 мм за 10 лет и в среднем сокращаются со 170 до 95 мм/год.

Таблица № 3. Суммарные потери/прирост осадков в мм за весь период в бассейне Оби

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **М/станции**  **бассейна Оби** | **Весь период наблюдений** | | | | **Период с 1986 по 2015 гг.** | | | |
| **Общий прирост** | | **Доля прироста, %** | | **Общий прирост** | | **Доля прироста, %** | |
| **Жидкие** | **Твердые** | **Жидкие** | **Твердые** | **Жидкие** | **Твердые** | **Жидкие** | **Твердые** |
| Бийск | 5 | -6 | 1 | -3 | 85 | -19 | **19** | **-12** |
| Змеиногорск | 89 | 10 | **17** | 4 | 62 | -57 | **11** | **-23** |
| Кара-Тюрек | 5 | 62 | 2 | **19** | -23 | 12 | 8 | 4 |
| Кош-Агач | 21 | -17 | **20** | **-56** | -14 | 0 | **-13** | 0 |
| Ребриха | 34 | -77 | 10 | **-60** | -13 | -30 | -4 | **-27** |
| Рубцовск | 51 | -68 | **17** | **-63** | 12 | 1 | 4 | 1 |
| Солонешное | 95 | -56 | **19** | **-47** | 82 | -11 | **16** | -10 |
| Усть-Кокса | -2 | -50 | -1 | **-60** | -14 | 2 | -3 | 3 |
| Яйлю | -104 | -98 | **-14** | **-63** | 29 | 8 | 4 | 7 |

Сравнение процентных долей дает более объективную картину прироста или убытка осадков. За весь период наблюдений на м/станциях Змеиногорск, Кош-Агач, Рубцовск и Солонешное наблюдается прирост жидких осадков, в то время как на м/станции Яйлю наблюдается убыль. Однако практически на всех м/станциях (Кош-Агач, Ребриха, Рубцовск, Солонешное, Усть-Кокса, Яйлю) отмечается сильная убыль твердых осадков. На м/станции Бийск убыль твердых осадков небольшая, и только в Змеиногорске наблюдается прирост.

Анализ процентных долей за период с 1986 по 2015 гг. показал, что убыль жидких осадков наблюдается на м/станциях Кош-Агач, Ребриха и Усть-Кокса. На остальных станциях отмечается прирост осадков, максимальный на м/станции Бийск.

Прирост твердых осадков наблюдается на м/станциях Кара-Тюрек, Кош-Агач, Рубцовск, Усть-Кокса и Яйлю, убыль – Бийск, Змеиногорск, Ребриха и Солонешное. Максимальный прирост – м/станция Яйлю, максимальная убыль – м/станция Ребриха.

Таблица № 4. Корреляционная матрица по твердым осадкам для верховья Оби

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Бийск | Змеиногорск | Кара-Тюрек | Кош-Агач | Ребриха | Рубцовск | Солонешное | Усть-Кокса | Яйлю |
| Бийск | 1,00 | *0,28* | *0,01* | **0,56** | **0,69** | **0,58** | **0,60** | 0,48 | **0,71** |
| Змеиногорск | 0,28 | 1,00 | *0,15* | *0,26* | 0,32 | 0,41 | 0,45 | *0,19* | *0,04* |
| Кара-Тюрек | 0,01 | 0,15 | 1,00 | *0,09* | *-0,02* | *-0,10* | *0,08* | *0,03* | *0,15* |
| Кош-Агач | 0,56 | 0,26 | 0,09 | 1,00 | 0,48 | **0,53** | **0,60** | 0,35 | **0,55** |
| Ребриха | 0,69 | 0,32 | -0,02 | 0,48 | 1,00 | **0,63** | **0,58** | **0,57** | 0,49 |
| Рубцовск | 0,58 | 0,41 | -0,10 | 0,53 | 0,63 | 1,00 | **0,67** | 0,36 | 0,48 |
| Солонешное | 0,60 | 0,45 | 0,08 | 0,60 | 0,58 | 0,67 | 1,00 | 0,42 | **0,59** |
| Усть-Кокса | 0,48 | 0,19 | 0,03 | 0,35 | 0,57 | 0,36 | 0,42 | 1,00 | 0,45 |
| Яйлю | 0,71 | 0,04 | 0,15 | 0,55 | 0,49 | 0,48 | 0,59 | 0,45 | 1,00 |

*Курсивом выделены статистически незначимые коэффициенты корреляции по критерию Стьюдента с уровнем значимости α=0,05*

*Высокая связь по шкале Чеддока*

Самая тесная связь у м/станций Бийск и Яйлю, что говорит о значительной близости осадкообразующих процессов в этой части бассейна Бии. При этом относительно других станций они достаточно близко и расположены друг к другу.

*Заметная связь по шкале Чеддока*

Заметная связь наблюдается у Бийска со многими станциями: Кош-Агач, Ребриха, Рубцовск и Солонешное; у м/станции Кош-Агач с Рубцовском и Яйлю; а также у м/станции Ребриха с Рубцовском, Солонешное и Усть-Кокса, что обусловлено умеренной близостью осадкообразующих процессов и определенным орографическим сходством.

*Умеренная связь по шкале Чеддока*

Умеренная связь наблюдается у м/станции Усть-Кокса с м/станциями Бийск, Кош-Агач, Рубцовск и Солонешное; у м/станции Яюлю со станциями Ребриха, Рубцовск, Усть-Кокса, у м/станции Змеиногорск с Ребриха, Рубцовск и Солонешное, но такую связь можно рассматривать только как приблизительно обусловливающую некоторую близость осадкообразующих процессов.

Остальные связи имеют коэффициент корреляции менее 0,3, что свидетельствует о *слабой связи*, на практике – ее отсутствием.

Средний взвешенный коэффициент по всему бассейну равен **0,4**, что говорит о наличии умеренной взаимосвязи режимов твердых осадков в верховьях Оби.

Таблица № 5. Корреляционная матрица по жидким осадкам для верховья Оби

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Бийск | Змеиногорск | Кара-Тюрек | Кош-Агач | Ребриха | Рубцовск | Солонешное | Усть-Кокса | Яйлю |
| Бийск | 1,00 | *0,13* | *0,02* | *0,08* | **0,57** | **0,59** | **0,58** | 0,47 | 0,44 |
| Змеиногорск | *0,13* | 1,00 | *-0,09* | *0,02* | *0,12* | *0,20* | *0,13* | *0,11* | *0,11* |
| Кара-Тюрек | *0,02* | *-0,09* | 1,00 | 0,34 | *0,07* | *0,24* | *0,20* | 0,32 | 0,35 |
| Кош-Агач | *0,08* | *0,02* | 0,34 | 1,00 | *-0,05* | *0,11* | *0,16* | *0,25* | *0,22* |
| Ребриха | 0,57 | *0,12* | *0,07* | *-0,05* | 1,00 | **0,57** | **0,55** | 0,47 | 0,38 |
| Рубцовск | 0,59 | *0,20* | *0,24* | *0,11* | 0,57 | 1,00 | 0,47 | **0,51** | 0,32 |
| Солонешное | 0,58 | *0,13* | *0,20* | *0,16* | 0,55 | 0,47 | 1,00 | **0,58** | **0,54** |
| Усть-Кокса | 0,47 | *0,11* | 0,32 | *0,25* | 0,47 | 0,51 | 0,58 | 1,00 | **0,56** |
| Яйлю | 0,44 | *0,11* | 0,35 | *0,22* | 0,38 | 0,32 | 0,54 | 0,56 | 1,00 |

*Курсивом выделены статистически незначимые коэффициенты корреляции по критерию Стьюдента с уровнем значимости α=0,05*

*Заметная связь по шкале Чеддока*

У м/станции Бийск заметная связь с м/станциями Ребриха, Рубцовск и Солонешное, что обусловлено значительным осадкообразующим и орографическим сходством и относительной близостью расположения. Соответственно зарегистрирована и заметная связь у м/станции Ребриха с м/станциями Рубцовск и Солонешное, а также у м\станции Солонешное, Усть-Кокса и Яйлю, как и м/ст Рубцовск с Усть-Кокса.

*Умеренная связь по шкале Чеддока*

Умеренная связь наблюдается у Яйлю со станциями: Бийск, Кара-Тюрек, Ребриха и Рубцовск, а у м/станции Усть-Кокса с Бийск, Кара-Тюрек и Ребриха из-за орографического сходства.

Остальные связи имеют коэффициент корреляции менее 0,3, что свидетельствует о *слабой связи*, на практике – ее отсутствием.

Средний взвешенный коэффициент по всему бассейну равен **0,3**, что говорит об очень слабых взаимосвязях для жидких осадков.

**Таким образом, можно констатировать, что основными тенденциями в режиме жидких осадков является их увеличение, а в режиме твердых осадков – уменьшение, причем степень взаимообусловленности режимов твердых осадков несколько выше, чем режимов жидких осадков, но в общем плане для всего бассейна верховьев Оби она очень слабая.**

***2.2. Статистическая структура соотношения различного вида осадков со стоком в верховьях Оби***

Речной сток — результат трансформации атмосферных осадков в процессе их стекания по водосбору и в русловой сети. Речной водный сток формируется в результате поступления в реки со своего водосбора вод атмосферного происхождения, при этом часть атмосферных осадков стекает с реками в океан или бессточные озера, другая часть – испаряется. Однако при единстве атмосферного происхождения, в конечном счете всех речных вод непосредственные пути поступления вод в реки могут быть различными. В данной работе рассмотрено 2 вида водного питания рек: дождевое (дождевое+смешанное) и снеговое (твердые осадки) [16].

Рисунок № 6. Хронологический ход стока по средним годовым значениям на г/п Барнаул

На рисунке № 6 из уравнения линейной аппроксимации видно, что средние годовые значения стока увеличиваются со скоростью всего лишь 0,8 м³/с за 10 лет. За весь период прирост среднего годового стока составил около 6,3 м³/с, что весьма незначительно по сравнению с общим стоком и в данном случае можно говорить о статистической стабильности среднего годового стока Оби в створе г/п Барнаул.

Максимальный средний годовой сток отмечается в 1958 году в размере – 2300 м3/сек; минимальный средний годовой сток в 1945 году – 1020 м3/сек.

Таблица № 6. Значения месячных коэффициентов тренда по гп Барнаул

|  |  |
| --- | --- |
| **Месяц** | **Значение тренда**  **м³/с / 10 лет** |
| Январь | 8 |
| Февраль | 7 |
| Март | 11 |
| Апрель | 11 |
| Май | **-61** |
| Июнь | **-31** |
| Июль | **-27** |
| Август | 12 |
| Сентябрь | 1,5 |
| Октябрь | **28** |
| Ноябрь | **35** |
| Декабрь | 14 |
| Среднегодовое значение | 1 |

При анализе значений тренда по г/посту Барнаул можно отметить, что за весь период с 1936 по 2015 годы наблюдается уменьшение стока в весенне-летние месяцы, что связано с определенным ранее в ВКР уменьшением зимних осадков (накопленный за зиму снег, который позже вступает в сток). В осенний период (октябрь и ноябрь) отмечается увеличение стока, что можно связать со значительным увеличением осенних осадков. В зимние месяцы временной тренд стока нейтрален.

Таблица №7. Коэффициенты корреляции между суммой зимних (твердых) осадков (октябрь – март) на м/станциях бассейна верховий Оби и средним месячным стоком на г/п Барнаул

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **М/станции**  **бассейна Оби** | **Месяцы** | | |
| **Март** | **Апрель** | **Май** |
| Бийск | *-0,02* | *0,17* | **0,52** |
| Змеиногорск | *0,04* | *0,08* | *0,26* |
| Кара-Тюрек | *0,20* | *0,18* | 0,37 |
| Кош-Агач | *-0,06* | *0,13* | *0,24* |
| Ребриха | *-0,23* | *0,22* | **0,51** |
| Рубцовск | *-0,11* | *0,01* | 0,44 |
| Солонешное | *-0,17* | *0,12* | **0,52** |
| Усть-Кокса | *-0,05* | *0,14* | 0,39 |
| Яйлю | *0,05* | *0,24* | 0,38 |

*Курсивом отмечены статистически незначимые КК по критерию Стьюдента на уровне значимости α=0,05*

В таблице № 7 показаны коэффициенты корреляции между суммой зимних осадков с октября по март на м/станциях бассейна верховий Оби и средним месячным стоком на г/п Барнаул. Анализ таблицы приводит к выводу, что именно в мае наблюдается почти повсеместное увеличение корреляционной связи между суммой сезонных твердых осадков и весенним стоком на замыкающем створе. Это объясняется тем, что твердые осадки являются накопленным за зимний сезон к весне снегом, который при постепенном таянии поступает в речной сток. За март и апрель подобной связи практически не наблюдается. Территориально максимальная связь наблюдается на м/  
станциях Бийск, Ребриха и Солонешное, что, вероятнее всего связано с более ранним и более интенсивным таянием накопленного снега.

Таблица № 8. Коэффициенты корреляции между месячными осадками (июнь - сентябрь) на м/станциях бассейна верховий Оби и средним месячным стоком в эти месяцы на г/п Барнаул

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **М/станции**  **бассейна Оби** | **Месяцы** | | | |
| **Июнь** | **Июль** | **Август** | **Сентябрь** |
| Бийск | *0,28* | *0,25* | 0,39 | *0,29* |
| Змеиногорск | 0,30 | *0,20* | *0,19* | *0,11* |
| Кара-Тюрек | *-0,12* | 0,35 | 0,38 | *-0,04* |
| Кош-Агач | *-0,13* | *-0,02* | *0,19* | *-0,07* |
| Ребриха | 0,34 | 0,34 | *0,23* | *0,09* |
| Рубцовск | *0,22* | *0,23* | *0,08* | *0,2* |
| Солонешное | *-0,01* | *0,25* | 0,49 | *0,12* |
| Усть-Кокса | 0,35 | 0,41 | 0,43 | 0,37 |
| Яйлю | *0,18* | 0,38 | **0,52** | 0,47 |

*Курсивом отмечены статистически незначимые КК по критерию Стьюдента на уровне значимости α=0,05*

В таблице № 8 показаны коэффициенты корреляции между месячными осадками с июня по сентябрь на м/станциях бассейна верховий Оби и средним месячным стоком в эти же месяцы на г/п Барнаул. Жидкие осадки поступают в сток практически сразу же, что позволяет установить в каком из месяцев отмечается наиболее тесная связь. Из таблицы № видно, что наиболее тесная связь между поступающими осадками и средним месячным стоком наблюдается во временном масштабе в августе и основную роль в этом играют межгорные м/станции: Усть-Кокса в бассейне Катуни и Яйлю – в бассейне Бии. По этим же м/станциям зарегистрированы самые значительные взаимосвязи в течение всех четырех месяцев. Значит, основной водосбор происходит в верхних частях бассейнов Катуни и Бии.

*Общие выводы по бассейну Оби.*

**Основными тенденциями в режиме жидких осадков является их увеличение, а в режиме твердых осадков – уменьшение, причем степень взаимообусловленности режимов твердых осадков несколько выше, чем режимов жидких осадков, но в общем плане для всего бассейна верховьев Оби она очень слабая.**

При этом следует отметить важные частности. Самая тесная связь (максимальная связь для верховьев Оби и Енисея) по твердым осадкам в верховьях Оби у м/станций Бийск и Яйлю. Они близко расположены друг к другу, имеют общие гидрологические особенности – м/станция Бийск стоит в низовье реки Бии, а м/станция Яйлю на Телецком озере, из которого вытекает Бия и значительную близость осадкообразующих процессов в этой части бассейна Бии.

В целом, по твердым осадкам в верховьях Оби средний взвешенный коэффициент корреляции равен 0,4, что говорит об умеренной связи. Однако, он же по жидким осадкам равен 0,3, что говорит о слабой связи, на грани с практически ее отсутствием.

Анализ хронологического хода стока Оби по средним годовым значениям на г/п Барнаул показывает практически отсутствие какого-либо тренда (на уровне 0,8 м³/с за 10 лет).

При анализе значений месячных трендов по г/посту Барнаул можно отметить, что с 1936 по 2015 ггоды наблюдается уменьшение стока в весенне-летние месяцы, что связано с уменьшением зимних осадков (накопленный за зиму снег, который позже вступает в сток). В осенний период отмечается увеличение стока, что можно связать с увеличением осенних осадков. В зимнее время временной тренд стока нейтрален.

При анализе коэффициентов корреляции между суммой зимних осадков с октября по март на м/станциях бассейна верховий Оби и средним месячным стоком на г/п Барнаул, можно прийти к выводу, что в мае наблюдается наличие достаточно тесной корреляционной связи между суммой сезонных твердых осадков и весенним стоком на замыкающем створе. Это объясняется тем, что твердые осадки являются накопленным за зимний сезон к весне снегом, который при постепенном таянии поступает в речной сток. За март и апрель подобной тесноты связи не наблюдается.

При анализе коэффициентов корреляции между месячными осадками с июня по сентябрь на м/станциях бассейна верховий Оби и средним месячным стоком в эти месяцы на г/п Барнаул, можно отметить, что наиболее тесная связь между поступающими осадками и средним месячным стоком наблюдается в августе, наименьшая – в сентябре.

**Глава 3. Особенности статистической структуры пространственно-временной динамики (ПВД) осадков различного вида в бассейне верховьев Енисея**

***3.1. Динамика жидких и твердых осадков.***

В таблице № 9 рассчитываются коэффициенты тренда для осадков различного вида за 80 лет с 1936 по 2015 гг. и за последние 30 лет, что позволило установить тенденции их изменений за последние годы. Суммарные потери осадков или приобретения в мм за весь период переводятся в % путем деления их на среднее значение осадков за этот же период и в дальнейшем уже сравниваются процентные показатели. Результаты расчетов представлены в таблице.

Таблица № 9. Коэффициенты тренда для осадков различного вида в верховьях Енисея

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Весь период наблюдений** | | **Период с 1986 по 2015 гг.** | |
| **М/станции**  **бассейна Енисея** | **Жидкие** | **Твердые** | **Жидкие** | **Твердые** |
|  | **мм/10 лет** | **мм/10 лет** | **мм/10 лет** | **мм/10 лет** |
| Верхняя Гутара | **14** | -3 | 10 | -2 |
| Кызыл | 2 | -1 | 1 | -2 |
| Минусинск | 7 | -2 | 0 | 1 |
| Оленья Речка | 7 | **-19** | **102** | **-62** |
| Орлик | 3 | -6 | **-11** | -6 |
| Сосновка | -1 | -8 | -4 | -4 |
| Тоора-Хем | -1 | 0 | -6 | -2 |
| Эрзин | -5 | -1 | **-18** | 4 |

Все рассматриваемые м/станции бассейна Енисея, кроме м/станции Оленья Речка (ее можно считать горной м/станцией) находятся в межгорных котловинах между хребтами Саян.

М/станции Верхняя Гутара и Кызыл имеют положительный тренд по жидким осадкам и отрицательный тренд по твердым осадкам за всю историю наблюдений.

М/станции Сосновка, Тоора-Хем и Эрзин имеют отрицательные тренды по жидким и твердым осадкам, как за всю историю наблюдений, так и за последние 30 лет. Исключение составляет м/станция Эрзин, на которой за последние 30 лет отмечается положительный тренд по твердым осадкам, но она практически находится за пределами бассейна и осадки в этом районе особой роли не играют.

М\станции Минусинск и Орлик имеют положительный тренд по жидким осадкам и отрицательный тренд по твердым осадкам за всю историю наблюдений. Однако, за последние 30 лет по жидким осадкам наблюдается уже отрицательный тренд.

За последние 30 лет положительный тренд по жидким и твердым осадкам наблюдается на м/станции Оленья Речка, несмотря на то, что за всю историю наблюдений отмечается небольшой положительный по жидким осадкам и отрицательный по твердым осадкам.

Самый большой показатель тренда за последние 30 лет в бассейне Енисея наблюдаются на м/станции Оленья Речка. Положительный тренд по жидким и твердым осадкам значительно выделяется на фоне остальных м\станций. Это единственная м/станция, которую можно считать горной, что и подтверждается результатами исследования.

Для графической иллюстрации этих характеристик были взяты несколько основных м/станций, представленных ниже на рисунках.

Рисунок № 7. Хронологический ход жидких и твердых осадках на м/станции Верхняя Гутара

На рисунке № 7 можно отметить, что жидкие осадки увеличиваются со скоростью 14 мм за 10 лет и в среднем возрастают за весь период наблюдений с 410 до 510 мм/год. Твердые осадкм уменьшаются со скоростью 3 мм за 10 лет и в среднем за весь период с 80 до 70 мм/год.

Рисунок № 8. Хронологический ход жидких и твердых осадках на м/станции Эрзин

На рисунке № 8 можно четко определить, что жидкие осадки уменьшаются со скоростью 5 мм за 10 лет и в среднем сокращаются за весь период наблюдений с 190 до 150 мм/год. Твердые осадки уменьшаются со скоростью 1 мм за 10 лет и в среднем сокращаются за весь период с 55 до 45 мм/год.

Рисунок № 9. Хронологический ход жидких и твердых осадках на м/станции Оленья Речка

На рисунке № 9 видно, что жидкие осадки увеличиваются со скоростью 7 мм за 10 лет и в среднем возрастают за весь период наблюдений с 710 до 780 мм/год. Твердые осадки уменьшаются со скоростью 19 мм за 10 лет и в среднем сокращаются за весь период с 630 до 510 мм/год.

Таблица № 10. Суммарные потери/приобретения осадков в мм за весь период в бассейне Енисея

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **М\станции**  **бассейна Енисея** | **Весь период наблюдений** | | | | **Период с 1986 по 2015 гг.** | | | |
| **Общий прирост** | | **Доля прироста, %** | | **Общий прирост** | | **Доля прироста, %** | |
| **Жидкие** | **Твердые** | **Жидкие** | **Твердые** | **Жидкие** | **Твердые** | **Жидкие** | **Твердые** |
| Верхняя Гутара | 110 | -25 | **23** | **-43** | 31 | -6 | 6 | -12 |
| Кызыл | 16 | -10 | 9 | **-20** | 34 | -5 | 2 | -10 |
| Минусинск | 54 | -17 | **17** | **-27** | 0 | 2 | 0 | 3 |
| Оленья Речка | 56 | -153 | 8 | **-27** | 305 | 187 | **41** | **36** |
| Орлик | 14 | -31 | 5 | **-62** | -32 | -17 | **-11** | **-42** |
| Сосновка | -3 | -38 | -1 | **-53** | -12 | -11 | -4 | **-19** |
| Тоора-Хем | -8 | 0 | -3 | 0 | -17 | -7 | -6 | -10 |
| Эрзин | -33 | -8 | **-20** | **-17** | -54 | 12 | **-35** | **27** |

За весь период наблюдений на всех м/станциях наблюдается убыль твердых осадков. Убыль жидких осадков наблюдается только на м/станциях Сосновка, Тоора-Хем и Эрзин, следовательно, прирост жидких осадков наблюдается на м/станциях Верхняя Гутара, Кызыл, Минусинск, Оленья Речка и Орлик.

Если анализировать процентные показатели за последние 30 лет, то можно заметить, что прирост жидких осадков наблюдается на м/станциях Верхняя Гутара, Кызыл, Минусинск, Оленья речка, а убыль – Орлик, Сосновка, Тоора-Хем, Эрзин. По твердым осадкам прибыль можно отметить только на м/станциях Минусинск, Оленья Речка и Эрзин, на остальных м/станциях наблюдается убыль.

Таблица № 11. Корреляционная матрица по твердым осадкам для верховья Енисея

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | В.Гутара | Кызыл | Минусинск | Оленья Речка | Орлик | Сосновка | Тоора-Хем | Эрзин |
| В.Гутара | 1,00 | *0,18* | 0,38 | 0,46 | 0,48 | 0,43 | 0,42 | *0,06* |
| Кызыл | *0,18* | 1,00 | 0,43 | 0,48 | *-0,04* | **0,60** | **0,55** | 0,33 |
| Минусинск | 0,38 | 0,43 | 1,00 | 0,31 | *-0,04* | 0,43 | **0,51** | 0,32 |
| Оленья Речка | 0,46 | 0,48 | 0,31 | 1,00 | *0,23* | **0,52** | 0,49 | *0,05* |
| Орлик | 0,48 | *-0,04* | *-0,04* | *0,23* | 1,00 | *0,20* | 0,35 | *-0,05* |
| Сосновка | 0,43 | 0,60 | 0,43 | 0,52 | *0,20* | 1,00 | **0,51** | *0,27* |
| Тоора-Хем | 0,42 | 0,55 | 0,51 | 0,49 | 0,35 | 0,51 | 1,00 | *0,26* |
| Эрзин | *0,06* | 0,33 | 0,32 | *0,05* | *-0,05* | *0,27* | *0,26* | 1,00 |

*Курсивом выделены статистически незначимые коэффициенты корреляции по критерию Стьюдента с уровнем значимости α=0,05*

*Заметная связь по шкале Чеддока*

Заметная связь отмечается у м/станции Сосновка со станциями Кызыл и Оленья Речка по причине близости расположения, что говорит о соседстве осадкообразующих процессов.

У м/станции Тоора-Хем заметная связь со станциями Кызыл, Минусинск и Сосновка в связи со схожестью орографических условий и умеренной близостью осадкообразующих процессов.

*Умеренная связь по шкале Чеддока*

Умеренная связь наблюдается у м/станции Верхняя Гутара с м/станциями Минусинск, Оленья Речка, Орлик, Сосновка и Тоора-Хем; у м/станции Кызыл м/станциями Минусинск, Оленья Речка и Эрзин, но такую связь можно рассматривать только как приблизительно обусловливающую некоторую близость осадкообразующих процессов.

В том числе, м/станция Минусинск имеет умеренную связь с м/станциями Оленья Речка, Сосновка и Эрзин, а также м/станция Тоора-Хем с Оленьей Речкой и Орликом по причине значительной близости осадкообразующих процессов.

Остальные связи имеют коэффициент корреляции менее 0,3, что свидетельствует о слабой связи, на практике – ее отсутствием.

Средний взвешенный коэффициент по всему бассейну равен **0,3**, что говорит об очень слабых взаимосвязях для твердых осадков.

Таблица № 12. Корреляционная матрица по жидким осадкам для верховья Енисея

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | В.Гутара | Кызыл | Минусинск | Оленья Речка | Орлик | Сосновка | Тоора-Хем | Эрзин |
| В.Гутара | 1,00 | *0,28* | 0,30 | 0,33 | *0,21* | *0,09* | 0,41 | *0,02* |
| Кызыл | *0,28* | 1,00 | 0,43 | *0,26* | *0,23* | **0,61** | **0,54** | *0,29* |
| Минусинск | 0,30 | 0,43 | 1,00 | 0,34 | 0,31 | *0,21* | 0,45 | *-0,04* |
| Оленья Речка | 0,33 | *0,26* | 0,34 | 1,00 | *0,22* | *0,05* | *0,14* | *0,06* |
| Орлик | *0,21* | *0,23* | 0,31 | *0,22* | 1,00 | *0,04* | **0,54** | *0,08* |
| Сосновка | *0,09* | 0,61 | *0,21* | *0,05* | *0,04* | 1,00 | 0,32 | 0,32 |
| Тоора-Хем | 0,41 | 0,54 | 0,45 | *0,14* | 0,54 | 0,32 | 1,00 | *0,26* |
| Эрзин | *0,02* | 0,29 | *-0,04* | *0,06* | *0,08* | 0,32 | *0,26* | 1,00 |

*Курсивом выделены статистически незначимые коэффициенты корреляции по критерию Стьюдента с уровнем значимости α=0,05*

*Заметная связь по шкале Чеддока*

Заметная связь наблюдается у м/станции Кызыл с м\станциями Сосновка и Тоора-Хем по причине значительного осадкообразующего и орографического сходства и относительной близостью расположения.

Также заметная связь у м/станции Орлик с м/  
станцией Тоора-Хем в связи со схожими орографическими условиями и осадкообразующих процессов.

*Умеренная связь по шкале Чеддока*

Умеренная связь по жидким осадкам для верховья Енисея наблюдается в регионе у Верхней Гутары с м/станциями Минусинск, Оленья Речка и Тоора-Хем; у м/станции Минусинск с м/станциями Оленья Речка, Орлик и Тоора-Хем; у м/станции Сосновка с м/станциями Тоора-Хем и Эрзин; у м/станции Кызыл с м/станцией Минусинск, но такие связи можно рассматривать только как приблизительно обуславливающие некоторую близость осадкообразующих процессов.

Остальные связи имеют коэффициент корреляции менее 0,3, что свидетельствует о слабой связи, на практике – ее отсутствием.

Средний взвешенный коэффициент по всему бассейну равен менее **0,3**, что говорит об очень слабых взаимосвязях для жидких осадков и даже об отсутствии связей на практике.

**Из этого следует, что основными тенденциями в режиме жидких осадков является их увеличение, а в режиме твердых осадков – уменьшение. Плюс ко всему, у режима твердых осадков незначительно выше степень взаимообусловленности, чем у жидких осадков (об этом свидетельствуют данные корреляционной матрицы). Несмотря на это, для всего бассейна верховьев Енисея она очень слабая.**

***3.2. Статистическая структура соотношения различного вида осадков со стоком в верховьях Енисея.***

Рисунок № 10. Хронологический ход стока по средним годовым значениям на г/п Кызыл

Средние годовые значения стока уменьшаются со скоростью 0,5 м³/с / 10 лет, за весь период в 80 лет потери составили около 4,0 м³/с, что можно считать ничтожной величиной по сравнению с общим количеством стока. Таким образом, межгодовое распределение суммарного стока Большого и Малого Енисеев является достаточно стабильным по времени.

Максимальный средний годовой сток отмечается в 2006 году и равен 1500 м3/сек; минимальный средний годовой сток в 1989 году и равен 740 м3/сек. При этом можно заметить, что за последние 10 лет увеличились амплитуды хронологического хода стока, такое же наблюдается и в 1960-1970 годах.

Для выявления внутригодовых особенностей временн***о***го распределения стока были рассчитаны коэффициенты тренда по отдельным месяцам, представленные на таблице.

Таблица № 13. Значения месячных коэффициентов тренда по гп Кызыл

|  |  |
| --- | --- |
| **Месяц** | **Значение тренда**  **м³/сек / 10 лет** |
| Январь | 13 |
| Февраль | 16 |
| Март | 19 |
| Апрель | **28** |
| Май | 0 |
| Июнь | **-60** |
| Июль | **-30** |
| Август | -12 |
| Сентябрь | -6 |
| Октябрь | 6 |
| Ноябрь | 8 |
| Декабрь | 14 |
| Среднегодовое значение | -1 |

При анализе значений тренда по г/посту Кызыл можно отметить, что с 1936 по 2015 ггоды в летние месяцы наблюдается значительное уменьшение стока, что связано с уменьшением весенних осадков, поступающих в течение некоторого времени в сток.

В зимне-весенний период наблюдается незначительное увеличение коэффициентов тренда, с максимумом в апреле, что можно связать с приростом твердых осадков.

Среднегодовое значение тренда на гидрологическом посту Кызыл равен -1, что свидетельствует о очень незначительном среднегодовом уменьшении стока.

Таблица № 14. Коэффициенты корреляции между суммой зимних (твердых) осадков (октябрь – март) на м/станциях бассейна Верхнего Енисея и средним месячным стоком на г/п Кызыл

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **М/станции**  **бассейна Енисея** | **Месяцы** | | |
| **Март** | **Апрель** | **Май** |
| Кызыл | *-0,04* | *0,12* | *0,02* |
| Верхняя Гутара | *-0,04* | *-0,08* | *0,19* |
| Минусинск | *-0,09* | *-0,01* | *0,21* |
| Оленья Речка | *0,08* | *-0,03* | *0,21* |
| Орлик | *-0,23* | *-0,12* | *0,21* |
| Сосновка | *-0,16* | *-0,19* | 0,32 |
| Тоора-Хем | *0,10* | *-0,05* | *0,19* |
| Эрзин | *0,06* | *0,02* | *0,04* |

*Курсивом отмечены статистически незначимые КК по критерию Стьюдента на уровне значимости α=0,05*

В таблице № 14 показаны коэффициенты корреляции между месячными осадками с июня по сентябрь на м/станциях бассейна Верхнего Енисея и средним месячным стоком в эти месяцы на г/п Кызыл.

При анализе таблицы № 14 тесных связей не выявлено. Исключение – м/станция Сосновка. Здесь наблюдается умеренная связь в мае.

Таблица № 15. Коэффициенты корреляции между месячными осадками (июнь - сентябрь) на м/станциях бассейна Верхнего Енисея и средним месячным стоком в эти месяцы на г/п Кызыл

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **М/станции бассейна Енисея** | **Месяцы** | | | |
| **Июнь** | **Июль** | **Август** | **Сентябрь** |
| Кызыл | *0,07* | 0,32 | 0,37 | 0,4 |
| Верхняя Гутара | *0,03* | 0,36 | *0,17* | 0,31 |
| Минусинск | *-0,05* | *0,23* | *0,29* | *0,27* |
| Оленья Речка | 0,30 | **0,52** | 0,34 | *0,28* |
| Орлик | *-0,04* | 0,41 | 0,33 | 0,45 |
| Сосновка | *0,03* | *0,22* | 0,41 | 0,46 |
| Тоора-Хем | *0,09* | 0,32 | 0,39 | **0,52** |
| Эрзин | *0,21* | *0,18* | 0,40 | *0,23* |

*Курсивом отмечены статистически незначимые КК по критерию Стьюдента на уровне значимости α=0,05*

Жидкие осадки поступают в сток практически сразу же, что позволяет установить в какой из месяцев отмечается наиболее тесная связь.

Из таблицы видно, что наиболее тесные связи между поступающими осадками и средним месячным стоком наблюдаются в августе, сентябре, а также июле. В июне связи практически отсутствуют.

Стоит отметить, что территориально максимальная связь между поступающими осадками и средним месячным стоком наблюдается на метеостанциях Оленья Речка и Тоора-Хем. Обе м/станции расположены в межгорных котловинах, в относительной близости друг от друга. Однако данная связь наиболее тесна для Оленьей Речки в июле, а для Тоора-Хем в сентябре, что связано с различным количеством поступающих осадков по месяцам.

Максимальная связь между поступающими осадками и средним месячным стоком отмечается в июле, что говорит о быстром поступлении осадков в сток именно в этот месяц.

*Общие выводы*

**Основными тенденциями в режиме жидких осадков является их увеличение, а в режиме твердых осадков – уменьшение, причем у режима твердых осадков незначительно выше степень взаимообусловленности, чем у жидких осадков. Несмотря на это, для всего бассейна верховьев Енисея она очень слабая.**

Самый большой показатель тренда за последние 30 лет в бассейне Енисея наблюдаются на м/станции Оленья Речка. Положительный тренд по жидким и твердым осадкам значительно выделяется на фоне остальных м\станций.

Также стоит отметить интересный факт - за весь период наблюдений на всех м/станциях наблюдается убыль твердых осадков.

Корреляционная матрица по твердым осадкам для верховья Енисея показывает, что средний коэффициент равен 0,33, что говорит об умеренной связи. Однако, средний коэффициент по жидким осадкам для верховья Енисея равен 0,26, что говорит об отсутствии связи.

Анализ хронологического хода стока по средним годовым значениям на г/п Кызыл показывает практически отсутствие какого-либо тренда (на уровне 0,5 м³/с за 10 лет).

При анализе значений месячных тренда по г/посту Кызыл можно отметить, что с 1936 по 2015 ггоды в летние месяцы наблюдается значительное уменьшение стока, что связано с уменьшением весенних осадков, поступающих в течение некоторого времени в сток. В зимне-весенний период наблюдается незначительное увеличение коэффициентов тренда, с максимумом в апреле, что можно связать с приростом твердых осадков. Среднегодовое значение тренда на гидрологическом посту Кызыл равен -1, что свидетельствует о очень незначительном среднегодовом уменьшении стока.

При анализе коэффициентов корреляции между месячными осадками с июня по сентябрь на м/станциях бассейна Верхнего Енисея и средним месячным стоком в эти месяцы на г/п Кызыл выявлена всего 1 тесная связь.

При анализе коэффициентов корреляции между месячными осадками (июнь - сентябрь) на м/станциях бассейна Верхнего Енисея и средним месячным стоком в эти месяцы на г/п Кызыл видно, что наиболее тесные связи между поступающими осадками и средним месячным стоком наблюдаются в августе, сентябре, а также июле. В июне связи практически отсутствуют. Максимальная связь связь между поступающими осадками и средним месячным стоком отмечается в июле, что говорит о быстром поступлении осадков в сток именно в этот месяц.

**Глава 4. Сравнительный анализ двух речных бассейнов по характеру взаимосвязей осадков со стоком.**

При сравнении характера изменчивости среднего годового стока выявлено отсутствие каких-либо тенденций за период 80 лет в обоих бассейнах исследуемых рек.

При анализе значений тренда по гидрологическим постам можно отметить, что с 1936 по 2015 ггоды наблюдается уменьшение стока в летние месяцы, только у г/поста Барнаул это связано с уменьшением зимних осадков (накопленный за зиму снег, который позже вступает в сток), так как уменьшение стока наблюдается с мая по июль, а у г/поста Кызыл с уменьшением весенних осадков, поступающих в течение некоторого времени в сток, так как уменьшение стока наблюдается с июня по сентябрь.

В осенне-зимний период на обоих г/постах наблюдается незначительное увеличение коэффициентов тренда, с максимумом в апреле, что можно связать с приростом твердых осадков.

Коэффициенты корреляции между суммой зимних (твердых) осадков (октябрь – март) на м/станциях верховья Оби и Енисея и средним месячным стоком на гидрологических постах Барнаул и Кызыл сильно различаются. На г/посту Барнаул в мае наблюдается наличие корреляционной связи между суммой сезонных твердых осадков и весенним стоком на замыкающем створе. Это объясняется тем, что твердые осадки являются накопленным за зимний сезон к весне снегом, который при постепенном таянии поступает в речной сток. За месяцы март и апрель подобной связи не наблюдается. На г/посту Кызыл тесных связей не выявлено. Исключение – м/станция Сосновка. Здесь наблюдается умеренная связь в мае.

При анализе коэффициентов корреляции между месячными осадками с июня по сентябрь на м/станциях бассейна верховий Оби и средним месячным стоком в эти месяцы на г/п Барнаул можно отметить, что наиболее тесная связь между поступающими осадками и средним месячным стоком наблюдается в августе, наименьшая – в сентябре.

При анализе коэффициентов корреляции между месячными осадками (июнь - сентябрь) на м/станциях бассейна Верхнего Енисея и средним месячным стоком в эти месяцы на г/п Кызыл видно, что наиболее тесные связи между поступающими осадками и средним месячным стоком наблюдаются в августе, сентябре, а также июле. В июне связи практически отсутствуют. Максимальная связь связь между поступающими осадками и средним месячным стоком отмечается в июле, что говорит о быстром поступлении осадков в сток именно в этот месяц.

**Заключение**

В данной работе были выявлены статистические структуры взаимосвязей осадков различного вида и поверхностного стока для верховья Оби и Енисея.

Выполненные задачи, поставленные в процессе выполнения ВКР:

1. Дана характеристика природных, климатических и гидрологических условий верховий рек Оби и Енисей;

2. Освоены основные методы исследования, необходимые для написания ВКР;

3. Проанализированы статьи и работы по взаимодействию осадков различного вида друг с другом и со стоком в верховьях Оби и Енисея;

4. Проведена первичная статистическая обработка данных по всем м/станциям и г/постам;

5. Сформирована база данных для дальнейших расчетов и анализа;

6. Рассчитаны основные статистические характеристики динамики и взаимосвязей осадков и стока;

7. Проанализированы полученные результаты и сделаны выводы.

По результатам работы выяснены статистические структуры взаимосвязей осадков различного вида и поверхностного стока для исследуемых регионов, определены роли осадков различного вида в формировании внутригодового стока в статистическом плане.

Сформированные рабочие гипотезы:

1. Степень влияния твердых осадков, как накопленных за зимний период, на весенне-летний сток;
2. Степень влияния жидких осадков непосредственно на летне-осенний сток.

По результатам ВКР подтвердилась гипотеза №1 для верховья Оби в мае - наблюдается наличие достаточно тесной корреляционной связи между суммой сезонных твердых осадков и весенним стоком на замыкающем створе. Это объясняется тем, что твердые осадки являются накопленным за зимний сезон к весне снегом, который при постепенном таянии поступает в речной сток.

Гипотеза №2 подтверждается уже в меньшей степени, чем гипотеза №1. Наиболее тесная связь между поступающими осадками и средним месячным стоком в верховье Оби наблюдается во временном масштабе в августе и основную роль в этом играют межгорные м/станции: Усть-Кокса в бассейне Катуни и Яйлю – в бассейне Бии. По этим же м/станциям зарегистрированы самые значительные взаимосвязи в течение всех четырех месяцев. Значит, основной водосбор происходит в верхних частях бассейнов Катуни и Бии.

Для верховья Енисея наблюдается связь между поступающими осадками и средним месячным стоком отмечается в июле, что говорит о быстром поступлении осадков в сток именно в этот месяц.

Результаты ВКР можно использовать при разработке общей эмпирико-статистической модели взаимодействия осадков и стока для этих рек

**Литература и источники**

1. Бабкин В.И. О регулировании речного стока в ХХI веке. М.: Изд-во «Триумф», 2018. – 216 с.
2. Галахов В.П. Средняя многолетняя сумма твердых осадков Верхней Оби. Известия АО РГО, 2016, №1 (40), с.27 – 33.
3. Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР. Азиатская часть. М., Мысль, 1978
4. Горошко Н. В., Бураков Д. А. Факторы и закономерности пространственной корреляции годового стока рек бассейна Верхней Оби // Метеорология и гидрология. 2007. № 1. С. 101–109.
5. Горошко Н.В. Способы оценки пространственно-временных колебаний стока (на примере бассейна Верхней Оби). // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата, 2010, №1. С. 55 – 65
6. Зуев В.В., Короткова Е.М., Уйманова В.А. Водный и ледовый режим реки Майма в условиях современных изменений климата (Горный Алтай) // Водное хозяйство России. 2019. № 5. С. 25-39.
7. Клименко Д.Е. Региональные методы расчета характеристик максимального стока горных рек, пересекающих трассу проектируемого магистрального газопровода «Алтай» // Инженерные изыскания. 2011. № 9. С. 18–21
8. Михайлов, В.Н.Гидрология: учебник для вузов / В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский, С.А. Добролюбов. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2007. – 463 с.
9. Обь [Электронный ресурс] // Большая Российская энциклопедия.- Режим доступа: https://bigenc.ru/geography/text/2286917
10. Паромов В.В., Савельева Н.И., Василевская Л.Н. Процессы макроциркуляции и изменение речного стока в бассейнах Верхней и Средней Оби // Вестник Томского государственного университета. 2001. № 274. С. 69 – 77.
11. Паромов В.В., Шантыкова Л.Н., Внутригодовой режим стока рек Алтае-Саянской горной области в условиях климатических изменений. Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: труды Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 25-летнему юбилею Института водных и экологических проблем СО РАН: в 3 т. – Барнаул, 2012. – Т. 1. С.121-129.
12. Пряхина Г.В., Е.С. Зелепукина, С.А. Журавлев, Т.Н. Осипова, Н.И. Амбурцева, Т.А. Виноградова Оценка стока с малых горных водосборов методами гидрологического моделирования. Вестник МГУ, сер.5, География, 2017, №1.
13. Речной бассейн [Электронный ресурс] // Вода России: научно-популярная энциклопедия.- Режим доступа: <https://water-rf.ru>
14. Тюсов Г.А. Климатические аспекты функционирования традиционных источников энергии в регионах России в условиях меняющегося климата. Диссертация на соискание ученой степени к.г.н., СПб, 2019, 171 с.
15. Чернова Т.В. Экономическая статистика / Т.В. Чернова.- Таганрог: изд-во ТРТУ, 1999, 140 с.

**Приложение**

Рисунок №1. Хронологический ход стока за январь на г/п Кызыл

Рисунок № 2. Хронологический ход стока за февраль на г/п Кызыл

Рисунок № 3. Хронологический ход стока за март на г/п Кызыл

Рисунок № 4. Хронологический ход стока за апрель на г/п Кызыл

Рисунок № 5. Хронологический ход стока за май на г/п Кызыл

Рисунок № 6. Хронологический ход стока за июнь на г/п Кызыл

Рисунок № 7. Хронологический ход стока за июль на г/п Кызыл

Рисунок № 8. Хронологический ход стока за август на г/п Кызыл

Рисунок № 9. Хронологический ход стока за сентябрь на г/п Кызыл

Рисунок № 10. Хронологический ход стока за октябрь на г/п Кызыл

Рисунок № 11. Хронологический ход стока за ноябрь на г/п Кызыл

Рисунок № 12. Хронологический ход стока за декабрь на г/п Кызыл

Рисунок № 13. Хронологический ход стока за январь на г/п Барнаул

Рисунок № 14. Хронологический ход стока за февраль на г/п Барнаул

Рисунок № 15. Хронологический ход стока за март на г/п Барнаул

Рисунок № 16. Хронологический ход стока за апрель на г/п Барнаул

Рисунок № 17. Хронологический ход стока за май на г/п Барнаул

Рисунок № 18. Хронологический ход стока за июнь на г/п Барнаул

Рисунок № 19. Хронологический ход стока за июль на г/п Барнаул

Рисунок № 20. Хронологический ход стока за август на г/п Барнаул

Рисунок № 21. Хронологический ход стока за сентябрь на г/п Барнаул

Рисунок № 22. Хронологический ход стока за октябрь на г/п Барнаул

Рисунок № 23. Хронологический ход стока ноябрь на г/п Барнаул

Рисунок № 24. Хронологический ход стока за декабрь на г/п Барнаул