

КОЖЕВНИКОВА НАДЕЖДА КОНСТАНТИНОВНА

**ДИНАМИКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ЗАЩИТНЫХ ФУНКЦИЙ
ГОРНЫХ ЛЕСОВ ЮЖНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ В ПРОЦЕССЕ
ПОСЛЕРУБОЧНЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СУКЦЕССИЙ**

Специальность 03.00.16 – экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Владивосток - 2010

Работа выполнена в лаборатории лесоведения Биолого-почвенного института ДВО РАН

Научный руководитель: доктор биологических наук,
Онучин Александр Александрович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, доцент
Осипов Сергей Владимирович

доктор географических наук,
профессор
Березников Ким Петрович

Ведущая организация: Дальневосточный научно-
исследовательский институт лесного
хозяйства, г. Хабаровск

Защита состоится " 24 "апреля 2010г в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.056.02 при Дальневосточном государственном университете МОН РФ по адресу: 690091, г. Владивосток, ул. Октябрьская, 27, ауд. 435.

Отзывы на автореферат просим направлять по адресу: 690091, г. Владивосток, ул. Октябрьская, 27, комн. 417, кафедра общей экологии.
Факс: (4232) 45-94-09 E-mail: marineecology@rambler.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Дальневосточного государственного университета МОН РФ

Автореферат разослан 24 марта 2010 г

Ученый секретарь
диссертационного совета,
Кандидат биологических наук



Ю.А. Галышева

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Проблемы влияния леса на водно-балансовые характеристики лесных территорий приобретают особую актуальность в связи с происходящей отрицательной динамикой лесного покрова, преобразованием лесных ландшафтов, что негативно сказывается на влагообороте речных бассейнов разного уровня.

Леса Приморского края, выполняя важные средообразующие и средорегулирующие функции, являются природным ресурсом, с которым связаны перспективы экономического и социального развития Дальневосточного региона. Бессистемные вырубки леса вызывают нежелательные изменения руслового стока, нарушают водный баланс территорий, приводят к усилению эрозионных процессов и снижению качества воды. В горных лесных экосистемах, к которым относится основная часть лесов Дальнего Востока, отрицательное влияние нарушений почвенно-растительного покрова в результате антропогенной деятельности проявляется в наиболее резкой степени. Водные ресурсы становятся источником опасных стихийных явлений.

В условиях, когда нарастающие антропогенные нагрузки на водосборах происходят при реально существующей тенденции потепления последних десятилетий, возрастает роль гидрометеорологического информационного обеспечения. Редкая сеть станций гидрометеорологических наблюдений, пространственная дифференциация погодно-климатических условий в горных районах усложняют изучение и прогнозирование речного стока при помощи классических методов. Информационный дефицит можно восполнить использованием индикационных методов и поиском новых эмпирических связей между стоком реки и факторами его обуславливающими. Многолетние исследования, в том числе на Верхнеуссурийском комплексном биогеоценологическом стационаре Биолого-почвенного института ДВО РАН, создают основу для перехода к созданию расчетных схем и математических моделей, связывающих компоненты водного баланса с характеристиками лесного покрова.

Объекты наших исследований расположены в районе распространения типичных для бассейна верховьев р.Уссури формаций пихтово-еловых, широколиственно-кедровых и переходных кедрово-еловых лесов. Длительный мониторинг основных компонентов водного и теплового баланса, лесотаксационных характеристик в малых горных бассейнах, позволяет выявить тесную связь особенностей строения и состава лесов на различных элементах ландшафта с динамикой условий окружающей среды и использовать таксационные и биометрические характеристики лесных сообществ в качестве индикаторов влагооборота. Применение при оценке экологической роли лесных экосистем размеров лесной надземной фитомассы, дает возможность получать сопоставимые показатели и переносить результаты экспериментальных исследований на элементарных водосборах на большие территории.

Универсальность метода заключается в том, что расчет фитомассы лесов производится по основным типам леса как относительно общей площади бассейна, так и отдельных его частей. Используемые методы позволяют произвести расчет размеров структурных компонентов надземной фитомассы (крон, хвойно-листового аппарата) для экотопов разной размерности.

Основная **цель** данного исследования - выявить механизмы влияния структуры лесов и лесистости малых водосборных бассейнов на трансформацию атмосферных осадков и закономерности формирования речного стока в период послерубочных восстановительных сукцессий с учетом фоновых погодно-климатических условий.

В связи с основной целью исследований, было намечено решение следующих **задач**:

- Выявить связь таксационных и биометрических параметров лесного полога коренных и производных лесов со структурой водного баланса;
- оценить зависимости задержания осадков лесным пологом и суммарных потерь руслового стока в процессе послерубочных восстановительных сукцессий;
- выявить зависимость формирования руслового стока в весенний и летне-осенний периоды от динамики лесного покрова и климатических параметров.

Защищаемые положения:

- С увеличением абсолютной высоты местообитаний на каждые 100 м возрастает поступление жидких осадков под полог сомкнутых коренных лесов на 20-30 мм;
- при лесовосстановлении в послерубочных молодняках на каждые 10 тонн увеличения надземной фитомассы древостоев проникновение жидких атмосферных осадков под их полог снижается на 1-3мм ;
- качественные и количественные изменения гидрологического режима малых речных бассейнов тесно связаны с особенностями формирования структуры надземной фитомассы в процессе лесовосстановления;
- в период послерубочных восстановительных сукцессий на антропогенно-трансформированных водосборах снижение меженного стока и средней водности водотоков связано с увеличением транспирационного расхода влаги.

Научная новизна. В поясе типичных для горной системы Сихотэ-Алиня хвойно-широколиственных лесов выявлены зависимости, характеризующие связь компонентов водного баланса с таксационными и биометрическими показателями лесного полога в коренных лесах и на их вырубках при восстановительных сукцессиях, а именно:

- определена количественная оценка перехваченных пологом леса осадков в зависимости от структуры надземной фитомассы древостоев и высоты местообитания;

- дана качественная и количественная оценка роли хвойно-лиственной массы при процессах промерзания-оттаивания в хвойно-широколиственных лесах;
- выявлена зависимость весеннего и суммарного за теплый период стока от характеристик сезонного промерзания почвы;
- построены модели формирования руслового стока в теплый период года с использованием показателей хвойно-лиственной массы лесных фитоценозов и погодно-климатических параметров;
- вычисленные коэффициенты при предикторах размеров надземной фитомассы и ее компонентов позволили оценить особенности динамики восстановления водоохраных и водорегулирующих функций леса в процессе послерубочных восстановительных сукцессий

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

Результаты исследований дают качественную и количественную оценку экологической роли хвойных и лиственных лесов в формировании приходной и расходной частей водного баланса горного речного бассейна. Регрессионные модели характеристик руслового стока могут быть использованы для количественной оценки последствий антропогенного вмешательства, в расчетах водопродуктивности малых бассейнов с типичными лесорастительными и почвенно-геологическими условиями и при создании региональной модели формирования стока.

Публикации и апробация работы. По теме диссертации опубликовано 13 работ. Итоги работы изложены в шести статьях, из них 4 - в рецензируемых научных журналах. Основные результаты работы были доложены и обсуждены на 3-х международных : "Korean Pine-Broadleaved Forests of the Far East". Oregon, USA, 2000; "Биомониторинг наземных и пресноводных систем Восточной Азии в зонах международного экономического сотрудничества в районах интенсивного освоения природных ресурсов", Владивосток, 2008; Proceedings International Simposium on Restoration of Forest Ecosystem Functions on Different Forest Zones, Seoul, Korea, 2009 и 5 всероссийских конференциях: "Классификация и динамика лесов Дальнего Востока". Владивосток, 2001; "Аграрная политика и технология производства сельскохозяйственной продукции в странах Азиатско-Тихоокеанского региона". Уссурийск, 2001 г.; "Структурно-функциональная организация и динамика лесов". Красноярск, 2004; ."Природная и антропогенная динамика наземных экосистем" Иркутск, 2005; "Леса российского Дальнего Востока: 150 лет изучения". Владивосток. 2009, а так же на международном экологическом форуме "Природа без границ", Владивосток, 2008.

Личный вклад автора: Основная часть экспериментальных данных собрана и обработана при непосредственном участии автора в процессе выполнения плановых программ научно-исследовательских работ лаборатории лесоведения Биолого-почвенного института ДВО РАН, а так же хозяйственных работ и проектов по грантам. Весь экспериментальный материал автором был занесен в электронную базу данных, при помощи которой разрабатывались представленные модели.

Структура и объем диссертации: Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы. Диссертация изложена на 162 страницах компьютерного текста, иллюстрирована 60 рисунками, содержит 21 таблицу. Список литературы включает 183 библиографических источника, в том числе 7 на иностранном языке.

Благодарности. Автор признателен за предоставленные материалы и консультации на начальном этапе подготовки диссертации к.с.-х. наук А.С.Жильцову, за консультации и советы при оформлении работы профессору Ю.И.Манько. Автор выражает благодарность за помощь и ценные замечания научному руководителю д.б.н. А.А. Онучину, за консультации и помощь в обработке материалов, к.с.-х.н. Л.А. Сибириной, Т.М. Ильиной, Е.В. Шатковской.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ

Обоснована актуальность темы, сформулирована цель работы и основные задачи, показаны научная новизна, теоретическое и практическое значение работы.

Глава 1. Экологическая роль леса

В главе рассматривается значение леса, как важнейшего компонента географической среды в преобразовании элементов водного баланса. Отмечается, что экологическая роль лесов Приморского края определяется их уникальностью и географическим расположением региона. Изложен опыт комплексных биогеоценологических исследований и работы с использованием массовых сетевых наблюдений станций гидрометеослужбы в лесах Европейской части России, в Сибири и на Дальнем Востоке. Представлен анализ взглядов и концепций относительно гидрологической роли лесов различного состава и возраста. Делается вывод, что экологическая значимость бассейна должна определяться исходя из особенностей водосбора и выделения в нем основных экологических функций леса. Присущие бассейнам малых рек природно-климатические особенности, определенное распределение лесного покрова позволяют оценить водопродуктивность водотоков и их вклад в водоносность больших рек.

Глава 2. Особенности влагооборота бассейна верхнего течения реки Уссури

Основной ареной преобразования воднобалансовых элементов являются малые бассейны, речные системы которых формируются в однородных климатических и геологических условиях. Размеры малых бассейнов в каждом регионе характеризуются конкретным сочетанием климатических и геологических процессов. Для Приморья нижняя граница размера малого бассейна определена 0,8-1,8 км² при суточном усреднении расходов.

2.1. Рельеф, почвы, растительность - как факторы формирования основных элементов водного баланса

Район исследования расположен на западном склоне системы хребтов Южного Сихотэ-Алиня. Рельеф территории горный и представлен низко- и среднегорными массивами со средней крутизной склонов около 20° и максимальной до 30° - 40° . Приводораздельную часть горных систем образуют среднегорья с высотами до 1200-1400 м над уровнем моря. Максимальные высоты для Южного Сихотэ-Алиня – г.Облачная(1856 м.), г. Снежная(1648м.), со склонов которых берет свое начало р.Уссури. Средняя высота водоразделов в бассейне р. Правая Соколовка, весь бассейн которой занимает Верхнеуссурийский стационар Биолого-почвенного института ДВО РАН - 500–700 м над ур. м. (высшая точка – 1160 м над ур. м.).

По геоботаническому районированию Б.П. Колесникова исследуемая территория относится к Дальневосточной материковой, умеренно-холодной и достаточно влажной провинции кедрово-широколиственных лесов и горно-равнинному Верхне-Уссурийскому округу. Характерной особенностью растительности этой провинции является господство смешанных кедрово-широколиственных лесов, которые к северу и в горах сменяются кедрово-еловыми и пихтово-еловыми. В верхней части бассейна реки Уссури широтная зональность растительного покрова осложняется высотной поясностью, что обосновано горным характером бассейна. Под этими лесами широко представлены зональные почвы - горные лесные бурые типичные, оподзоленные и оподзоленно-глеевые. Почвы обладают высокой порозностью и хорошими фильтрационными свойствами.

2.2. Климатические факторы формирования основных элементов влагооборота

Закрытость бассейна горными хребтами определяет континентальность климата. Зима здесь слишком холодная для таких широт, особенно на участках, открытых для свободного доступа холодного континентального воздуха. Отрицательные температуры устанавливаются в третьей декаде октября и удерживаются до конца марта - начала апреля. В это же время устанавливается и устойчивый снежный покров. Окончательно снег сходит в мае - июне. Лето теплое. Годовая сумма осадков составляет 700-1000 мм, только 10-20% приходится на зимний период (ноябрь-март). Условия муссонной циркуляции, циклоническая деятельность и характер рельефа способствуют выпадению основного количества осадков в теплый летне-осенний период.

2.3. Гидрографическая сеть и основные черты водного режима рек верховья Уссури

Формирование влагооборота верховья р. Уссури происходит в горно-таежной, сильно пересеченной местности. В ее бассейне насчитывается 5546 рек, 97% из которых представляют собой малые водотоки длиной менее 10 км. Главное звено влагооборота - речной сток, формируется в высокополотных хвойно-широколиственных лесах. Показатели речного стока исследуемого участка реки

коррелируют с увлажненностью, средней температурой воздуха, средней высотой и лесистостью бассейнов. Особенностью речных вод территории является высокая динамичность их режима - изменчивость по сезонам года и по годам. При общей высокой водоносности реки верхней части бассейна Уссури, как и всего Приморского края, характеризуются выраженной неравномерностью стока. Неравномерность связана с преобладающим дождевым питанием в периоды выхода на Приморье тайфунов и неустойчивостью муссонных осадков. Максимумы у рек наблюдаются в весенний и летне-осенний периоды, минимум - зимой. На неравномерность водного режима влияет также горный рельеф, залегающие близко к поверхности водонепроницаемые породы, наличие глубокой сезонной мерзлоты. Слабая пропускная способность русел рек в среднем и нижнем течении, при усилении циклонической деятельности, приводит к частому разливу рек и катастрофическим наводнениям. Пологом сохранившихся коренных лесов регулируются процессы таяния снега и промерзших почвогрунтов, что способствует более равномерному поступлению влаги в русло реки. Высокая влагоемкость лесной подстилки, фильтрационная способность горных лесных почв создают условия для сохранения и перераспределения стока. Эти показатели являются критериями высокого водно-ресурсного потенциала рек бассейна верховья Уссури.

Глава 3. Объекты и методы исследования

Экспериментальные работы и режимные наблюдения за элементами микроклимата и отдельными составляющими водного баланса были осуществлены, начиная с 1966 года, на Верхнеуссурийском лесном стационаре Биолого-почвенного института ДВО РАН. Стационар расположен в бассейне реки Правая Соколовка. Основные исследования проведены в водотоке второго порядка (ключ Еловый) - левом притоке р. Правая Соколовка. Экспериментальный бассейн состоит из водотоков первого порядка с различной площадью коренных лесов, сохраненных на водосборах после вырубки. (табл.3.1).

Таблица 3.1.

Обобщенная характеристика водосборных бассейнов

Бассейн	Высота, м	Площадь, км ²	Лесистость, %	Состав древостоев
1	850	0,15	100	Коренные леса:4 Еа 4Пб2 Бж + К
2	750	0,25	78	Вырубка:4Бж2Еа2Пб1К1Лп+Кл, Ив,Т, ед.Чм
3	700	0,42	38	Вырубка: 4Бж3Т1Лп1Ос1Лп+К,Еа,Пб; ед.Чм,Кл
4	800	0,24	100	Коренные леса:3К3Еа1Пб2Бж1Лп

Анализируемый период разбит на этапы, связанные с особенностями лесовосстановления на вырубках:

Первый этап - первые 3-4 года после вырубki, когда формируются травяной покров и сомкнутые многопородные фитоценозы с господством лиственных пород.

Второй этап - через 5-10 лет после вырубki. Характеризуется восстановлением состава коренных хвойных пород под пологом лиственных.

Третий этап - через 18-30 лет после вырубki. В этот период создается новое господствующее поколение основных коренных хвойных пород, вырастающих в лиственный полог и постепенно замещающих его.

При проведении лесогидрологических исследований использовались общепринятые методики. Участки исследований представлены парными объектами: коренной лес - вырубka; коренной лес - восстанавливающийся фитоценоз. Обработка данных произведена при использовании методик [Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, 1952; Руководство воднобалансовым станциям, 1973]. Все исходные материалы обрабатывались в соответствии с [Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик, 1986; Горошков, 1979] и методами корреляционного и множественного регрессионного анализа. Для анализа привлекались справочные материалы из архива лаборатории лесоведения и Гидрометслужбы РФ, из обобщенной работы А.С. Жильцова [2008]. Все материалы (около 1500000 знаков) занесены в электронную базу данных. В работе использовались данные по 17 пробным площадям, расположенным в экспериментальном бассейне и по 4 водомерным постам.

Глава 4. Изменения условий среды и защитных функций леса в процессе послерубочных восстановительных сукцессий

4.1. Динамика лесного покрова

Восстановление растительности на сплошных вырубках в различных типах местообитаний экспериментального бассейна происходило в основном за счет сохранившегося предварительного подроста хвойных пород, который постепенно адаптировался к новым условиям, а также за счет вновь появившихся всходов лиственных и хвойных пород. Повсеместно разросшиеся сразу после рубки травянистая растительность и подлесок, очень быстро утратили преобладание после формирования древесного полога. В бассейнах наблюдается довольно быстрое и устойчивое восстановление сомкнутого лесного полога.

Через 15 лет на вырубках происходит постепенное отмирание кустарникового и травянистого яруса, увеличение средней высоты и диаметра древесных растений, увеличивается доля основных лесобразователей коренных широколиственно-кедровых и кедрово-еловых лесов на водосборе, возрастает запас древесины. Через 30 лет создается новое господствующее поколение основных коренных хвойных пород, вырастающих в лиственный полог и постепенно его замещающих.

4.2. Динамика температурного режима воздуха

Многолетний мониторинг температуры воздуха в бассейне руч. Еловый показал, что заметное изменение температурного режима на рассматриваемой площади водосбора проявилось в последние двадцать пять лет. В районе исследования отмечена тенденция повышения средней температуры воздуха в зимний и переходные периоды. По сравнению с климатической нормой, за последние 20 лет среднегодовая температура выросла на $0,2^{\circ}\text{C}$. (рис.4.2.1). Корреляционный анализ зависимости показателей температуры воздуха с общей фитомассой древостоев показал, что эта связь значима для всего периода наблюдений. Знак зависимости меняется в соответствии с отклонением температуры воздуха от многолетней величины.

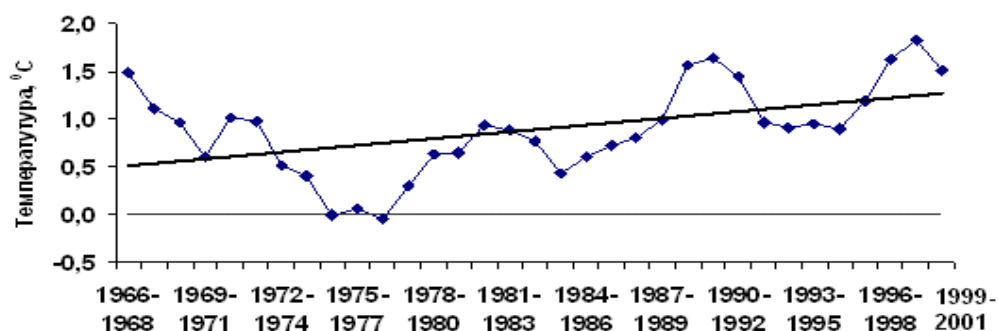


Рисунок 4.2.1. Скользящие трехлетние значения температуры воздуха в исследуемом бассейне и их линейный тренд

4.3. Формирование осадков в теплый и холодный периоды года в коренных лесах и на вырубках при восстановительных сукцессиях

В разделе анализируется роль твердых и жидких осадков в воднобалансовых процессах. Дождевая влага сразу включается во влагооборот, а снеговая, оставаясь законсервированной в снежном покрове, только с установлением положительного радиационного баланса. Приведена динамика количества осадков за гидрологический год, за теплый и холодный периоды 1965-2003гг (рис.4.3.1).

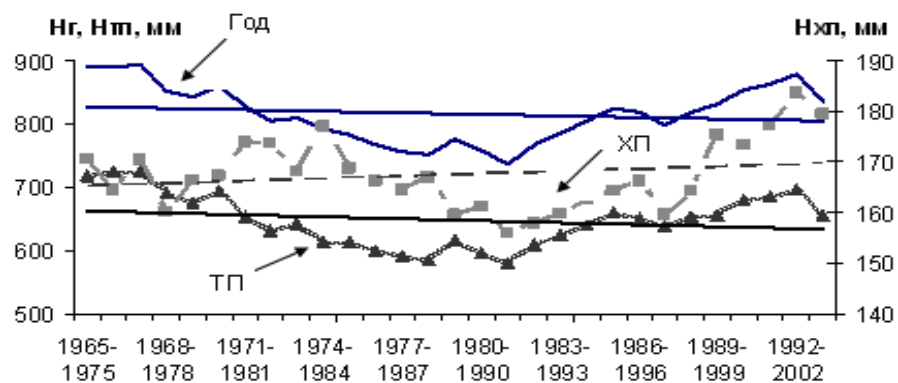


Рисунок 4.3.1. Скользящие десятилетние значения сумм осадков за год (Нг) теплого (Нтп) и холодного (Нхп) периодов и их линейные тренды

Исследуемый временной промежуток разделен по отношению к норме осадков на периоды сухие, влажные и средние по влажности. Отмечается, что за последние 20 лет возросла доля участия зимних осадков.

4.3.1. Влияние таксационных и биометрических характеристик лесного полога на перехват жидких атмосферных осадков

Характеризуется теплый период по степени увлажнения на этапах восстановления лесной растительности на вырубках (табл. 4.3.1.1).

Таблица 4.3.1.1.

Увлажненность бассейна руч. Еловый в вегетационный период на разных этапах лесовосстановления

Период, годы	Увлажненность периода		Количество лет с осадками в периоде		
	мм	% от нормы	> нормы	В пределах нормы	< нормы
1966-1970	680,2	103,9	2	1	2
1971-1975	755,3	115,4	2	1	2
1984-1995	625	95,5	7	2	3
1966-2003	654,8	100	14	7	15

Отмечается, что с 1981 года численность дней с осадками уменьшилось, а их количество осталось прежним. За два последних десятилетия XX века возросли осадки в количестве более 20 мм и участились случаи выпадения основного количества осадков в июне и в сентябре (рис.4.3.1).

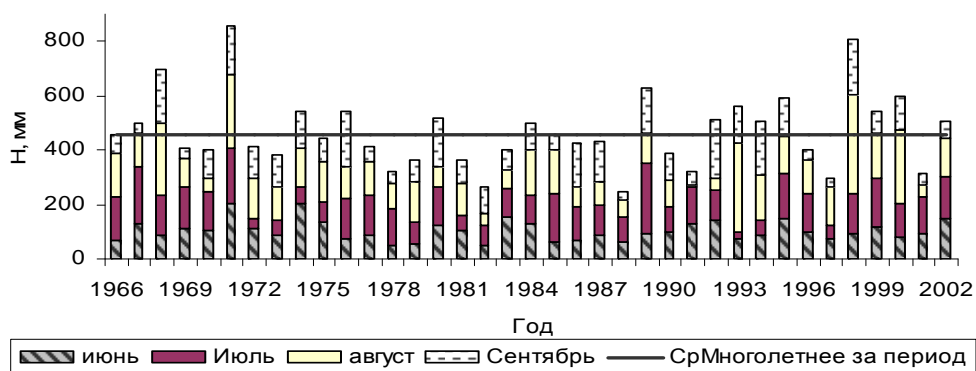


Рисунок 4.3.1.1. Осадки по месяцам летнего периода за 1966-2002 гг

Построены уравнения связи осадков на открытом месте и под пологом пихтово-еловых (4.3.1.1), кедрово-еловых(4.3.1.2) и кедрово-широколиственных (4.3.1.3) лесов и величиной сомкнутости крон. Коэффициенты корреляции $R= 0,93-0,96$:

$$H_{пе} = 0,88 \cdot H + 32,7 \cdot A - 49,46 \quad (4.3.1.1)$$

$$H_{ке} = 0,88 \cdot H + 31,91 \cdot A - 25,8 \quad (4.3.1.2)$$

$$H_{шк} = 0,75 \cdot H + 21,85 \cdot A - 19,76 \quad (4.3.1.3),$$

где H - осадки на открытом месте; $H_{пе,ке,шк}$ - осадки в пихтово-еловом, кедрово-еловом и широколиственно-кедровом лесах; A - полнота леса;

Широколиственно-кедровые леса, расположенные на высотах около 700м над ур.м., задерживают наибольшее количество поступающих осадков. В верхней части исследуемого бассейна величина задержания влаги в кедрово-еловых и пихтово-еловых лесах перекрывается конденсационными осадками. Перехват жидких осадков лесным пологом находится в прямой зависимости от их количества и интенсивности, от сомкнутости лесного полога и наличия дней, способствующих образованию конденсационных осадков. Величина задержания варьирует в пределах 18-48% - для пихтово-еловых и кедрово-еловых лесов и 23-46% - для кедрово-широколиственных (рис.4.3.1.2).

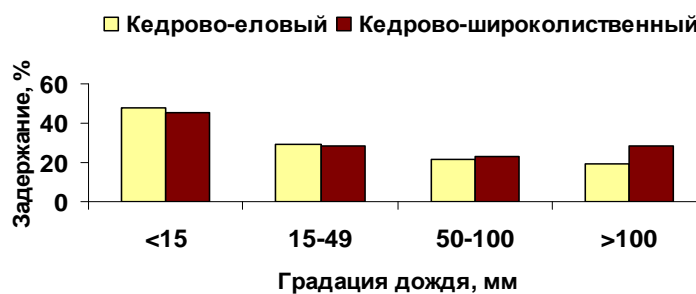


Рисунок 4.3.1.2. Зависимость задержания пологом кедрово-еловых и кедрово-широколиственных лесов от количества выпадающих жидких осадков

Для расчета перехваченных осадков пологом коренных хвойно-широколиственных лесов, расположенных на абсолютных высотах 600-900м, была построена регрессионная модель:

$$\Pi = 169,8 + 0,260 \cdot H + 33,9 \cdot A - 0,278 \cdot X \quad (4.3.1.4)$$

$$R^2 = 0,72; \sigma = 38,4 \text{ мм}; F = 38,$$

где Π – перехват осадков пологом леса, мм; X – абсолютная высота пробной площади, м; R^2 – коэффициент детерминации; σ – стандартная ошибка, мм; F – коэффициент Фишера

Введение в уравнение предиктора высоты местообитания свидетельствует о прибавке осадков под пологом высокополнотных хвойно-широколиственных лесов в 28-33 мм на каждые 100 м высоты, что можно объяснить наличием здесь конденсационных осадков. При увеличении сомкнутости крон от 0,7 до 1,2, для лесных участков, расположенных на одной высоте, перехват жидких осадков увеличивается до 3 - 17 мм.

В период послерубочных восстановительных сукцессий задержание осадков зависит от величины надземной фитомассы вновь формирующихся древесных сообществ. Значение парного коэффициента корреляции величин задержания осадков и общей надземной фитомассы составляет 0,79. Количество осадков, поступающих под полог древостоев в период лесовосстановления, можно рассчитать используя достоверно значимые регрессионные модели:

$$N_{пл} = 1,022 \cdot H + 0,566 \cdot \text{ОФМ} - 0,502 \quad \text{при запасе до } 10 \text{ м}^3/\text{га} \quad (4.3.1.5)$$

$$N_{пл} = 0,846 \cdot H - 0,258 \cdot \text{ОФМ} + 6,75 \quad \text{при запасе от } 11 \text{ до } 50 \text{ м}^3/\text{га} \quad (4.3.1.6)$$

$$N_{пл} = 0,828 \cdot H - 0,193 \cdot \text{ОФМ} - 16,23 \quad \text{при запасе более } 50 \text{ м}^3/\text{га} \quad (4.3.1.7)$$

Величина осадков, задержанных пологом лиственных молодняков зависит от размеров надземной фитомассы и высоты расположения лесного участка:

$$П = 157,9 + 0,122 \cdot Н + 0,08 \cdot \text{ОФМ} - 0,229 \cdot X \quad (4.3.1.8)$$

$$R^2 = 0,72; \sigma = 38,9\text{мм}; F = 19,$$

где Нпл - осадки под пологом леса, мм; ОФМ – общая надземная фитомасса, т/га., остальные обозначения как в уравнении 4.3.1.4.

Зависимость показывает, что на каждые 10т прироста фитомассы древостоев, происходит увеличение перехваченных пологом молодняков осадков на 1-2 м. Эти показатели уменьшаются по мере возрастания высоты расположения лесного участка, что так же связано с конденсационными процессами. Через 30 лет после вырубki, пологом лиственных молодняков задерживается от 13-25% выпадающих осадков (рис.4.3.1.3).

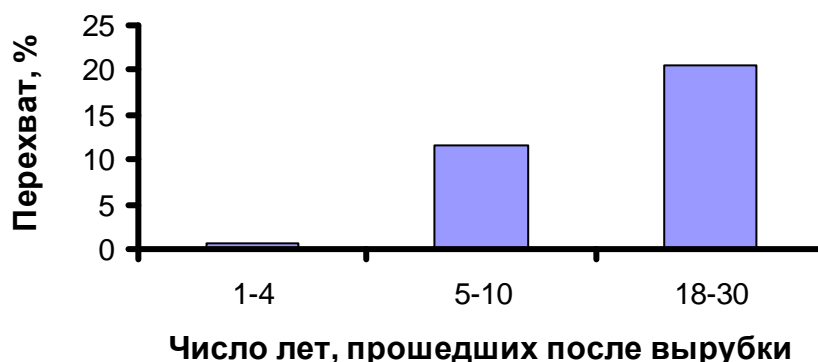


Рисунок 4.3.1.3. Величина перехвата осадков пологом возобновленного лиственного леса в различные периоды послерубочных сукцессий

4.3.2. Формирование снегозапасов в хвойных и лиственных лесах

В разделе отмечаются особенности формирования снежного покрова в бассейне с учетом характера лесной растительности и расположением ее на склонах различных экспозиций. Образование максимальных снегозапасов в лиственных и хвойных древостоях происходит в разные сроки и зависит от равномерности выпадения снега в течение зимы. На склонах южных экспозиций снегоаккумулирующая роль наиболее выражена в высокополнотных хвойных лесах. На теневых склонах снега аккумулируется больше на вырубках и в лиственных фитоценозах. При экстремальных снегопадах в марте максимальные снегозапасы образуются на всех исследуемых водосборах одновременно. Запасы воды в снеге на площадях, подвергшихся вырубке, в среднем в 1,3 раза превышает объем талых вод под пологом коренных лесов. В силу высокой сомкнутости сообществ хвойных лесов, снег здесь меньше подвержен метелевому переносу и испарению. В формировании снегозапасов в лиственных древостоях участвуют только 10-60% от количества выпавших за ноябрь-февраль твердых осадков. В годы с минимальными твердыми осадками количество воды в снеге между водосборами равны, а на отдельных склонах (долина ручья, юго-восточные и южные) в коренных лесах больше, чем в лиственных молодняках.

Следовательно, в коренных хвойных насаждениях снегоаккумулирующий эффект наиболее выражен.

4.4. Гидрологическая роль почво-грунтов при лесовосстановлении в экспериментальном бассейне

Водорегулирующие и водоохраные функции лесных экосистем во многом зависят от состояния почв и их водно-физических свойств. В зависимости от теплогидрофизических параметров почвы, ее водного и теплового режимов, происходит разделение приходной составляющей гидрологического цикла - осадков, на три его расходных компонента: суммарное испарение, поверхностный и подземный сток. Произведенные нами наблюдения на склонах разных экспозиций на парных пробных площадях “коренной лес – лиственный молодняк” позволили сделать вывод, что существенных изменений водно-физических свойств исследуемого водосбора после рубки при незначительных повреждениях почвы не происходит. Установлены повышенные показатели влажности почвы при наименьшей влагоемкости (НВ) в верхнем 50-см слое почвы на участках, где сформировались лиственные молодняки. Запас продуктивной влаги под лиственными молодняками в слое распространения корневых систем древостоев ниже в 1,3-2,1 раза, чем под коренными древостоями. Запас влаги при НВ и при полной влагоемкости (ПВ) для 20-см слоя поврежденной почвы на 20-30 мм больше, а в нижних почвенных слоях на 10-20 мм меньше. Нарушается гравитационный отток влаги, в результате увеличивается ее расход на испарение или возобновление поверхностного стока и смыва почвенных частиц при усилении дождя.

4.4.1. Поступление влаги в русловую сеть

В разделе рассматриваются особенности поступления атмосферной влаги в гидрологическую сеть. В районе исследований, в условиях среднегорья, очевидно, основное количество воды поступает в водотоки в виде пластово-дренажного стока, который образуется в промытом слое камней, дресвы и мелкозема. Внутрпочвенный и поверхностный сток небольшой в связи с высокой инфильтрационной способностью горных лесных почв. При проведении во время вырубki леса волоков и дорог подземная сеть естественных дрен обнажается. Контактный сток превращается в поверхностный, что вызывает в этих местах сильную эрозию почв.

4.4.2. Сезонно-мерзлотная динамика и гидрологическая роль мерзлых почв

Сезонное промерзание и оттаивание почвы в лесу, обусловленное погодноклиматическими характеристиками региона, оказывает влияние на водно-физические свойства почвогрунтов, их структуру и плотность, на гидрологический режим рек в зимний и весенний периоды.

Как показывают наши исследования, существующая в природе обратная корреляционная связь между параметрами промерзания с температурой

воздуха и количеством выпавшего снега является «справедливой» для участков с различным характером растительного покрова, но степень их влияния проявляется неоднозначно. Неоднозначность этих процессов выражается в сильном влиянии экспозиции склона на проникновение отрицательных температур вглубь почвы изучаемых участков, в составе и возрасте древесных пород изучаемой территории. Статистический анализ осредненных по бассейну данных подтверждает, что на теневых склонах величина коэффициента корреляции наиболее значима и обратно зависима при связи величины промерзания с суммой отрицательных температур, а на южных - с количеством выпавших за это время осадков (табл.4.4.2.1).

Таблица 4.4.2.1.

Коэффициенты корреляции связи глубины промерзания почвы с метеорологическими параметрами и количеством надземной фитомассы (ОФМ)

Коррелируемая величина	Лес				Вырубка			
	Восток	Запад	Север	Юг	Восток	Запад	Север	Юг
При осадках ниже климатической нормы								
Сумма температур, °С	-0,82	-0,83	-0,79	-0,70	-0,90	-0,94	-0,80	-0,81
Количество осадков, мм	-0,64	-0,52	-0,47	-0,43	-0,42	-0,52	-0,33	-0,22
ОФМ, т/га	-0,56	-0,50	-0,75	0,40	-0,78	-0,69	-0,92	-0,91
При осадках выше или около климатической нормы								
Сумма температур, °С	-0,40	-0,25	-0,47	-0,30	-0,58	-0,45	-0,33	-0,56
Количество осадков, мм	-0,42	-0,63	-0,31	-0,65	0,0	0,0	0,0	0,0
ОФМ, т/га	-0,73	-0,31	-0,76	0,35	-0,89	-0,59	-0,77	-0,77

В результате обработки массива данных нами были получены уравнения, отражающие зависимость средней глубины максимального промерзания почв от основных метеорологических показателей и количества общей надземной фитомассы на площадях, покрытых коренными лесами (4.4.2.1), на вырубках (4.4.2.2), в лиственных молодняках (4.4.2.3).

$$P_{cp} = 109,86 - 0,044 \cdot T - 0,299 \cdot H - 0,342 \cdot \text{ОФМ}; \quad R^2=0,70; \sigma=9,54; F=15,4 \quad (4.4.2.1)$$

$$P_{cp} = 202,23 - 0,0135 \cdot T - 0,366 \cdot H - 0,969 \cdot \text{ОФМ}; \quad R^2=0,74; \sigma=11,9; F=6,80 \quad (4.4.2.2)$$

$$P_{cp} = 183,88 - 0,032 \cdot T - 0,328 \cdot H - 1,193 \cdot \text{ОФМ}; \quad R^2=0,79; \sigma=10,1; F=11,1 \quad (4.4.2.3),$$

Где P_{cp} - средняя величина промерзания; T - сумма температур воздуха за период промерзания, °С; H - осадки исследуемого периода, мм; ОФМ - количество общей надземной фитомассы, т/га; R^2 - величина детерминации; σ - стандартная ошибка; F - коэффициент Фишера.

Сравнивая различия глубины промерзания в коренном лесу, на вырубке и лиственном молодняке, можно отметить, что в кедрово-широколиственных лесах почвы промерзают глубже. Величина различий между коренным лесом и вырубкой варьирует от 17 до 35 см. Для лиственных молодняков, при достижении ими возраста 30 лет и увеличении запаса молодняков, характерно снижение глубины промерзания почвогрунтов и рост различий между величинами промерзания в коренных и лиственных лесах. Динамика глубины промерзания почвы в горном лесном бассейне соответствует тенденции

потепления, проявившейся в уменьшении суммы отрицательных температур и увеличении высоты снежного покрова (рис.4.4.2.1). В отличие от глубины сезонного промерзания в коренных кедрово-широколиственных лесах, интенсивность трендовых изменений этих показателей во вторичных лесах прямо и статистически достоверно связана с антропогенным воздействием.

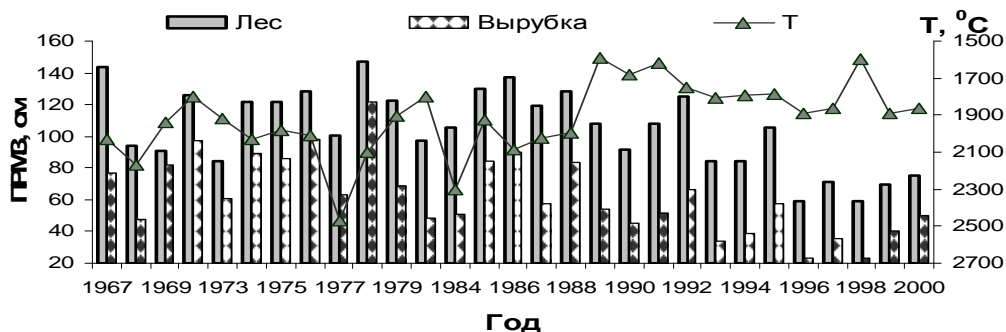


Рисунок 4.4.2.1. Динамика промерзания (ПРМЗ, см) и суммы отрицательных температур (Т, °С) в коренных лесах и на вырубках в процессе лесовосстановления.

Процессы промерзания-оттаивания почвы играют важную роль в гидрологических процессах горных речных бассейнов. Неодновременность оттаивания почвы на склонах и на участках с разными типами леса, способствует поддержанию средней водности водотоков. Количество влаги, просочившейся сквозь метровый слой почвы в теплый период, коррелирует с толщиной мерзлого слоя. Чем глубже промерзает почва, тем выше меженный сток весной и ранним летом.

Глава 5. Гидрологические функции леса и русловой сток

В разделе проведен анализ особенностей формирования речного стока в весенний и летне-осенний периоды в малых горных бассейнах с различным составом леса и структурой лесного полога. В результате обработки данных были получены уравнения, отражающие зависимость стока теплого периода от комплекса гидроклиматических параметров и биометрических показателей лесного полога.

5.1. Роль надземной фитомассы в формировании весеннего стока

Весной и ранним летом доля стока составляет, чаще всего, 10-25% от суммарного за теплый период, а в годы с большими снеготпасами и относительно сухом лете весеннее половодье является основной фазой водного режима. Корреляционный анализ показал, что доля весеннего стока от общего за теплый период зависит от запасов воды в снеге, предшествующего осеннего увлажнения и криогенных процессов. По тесноте связи водосборы располагаются следующим образом: коренные леса с преобладанием ельников - коренные леса с преобладанием кедровников - вырубки с долей участия хвойных до 50% от состава леса - вырубки с преобладанием лиственных пород в составе леса. Доля весеннего стока в суммарном за апрель-октябрь тем выше,

чем больше доля хвойных в составе древостоев.

При анализе объемов половодья на водосборах с различным составом лесов выявлено, что с водосборов, где в составе доминируют лиственные фитоценозы, талой воды стекает больше. В период послерубочных восстановительных сукцессий через 1-4 года суммарный весенний сток увеличивается на 34-44%. Через 5-10 лет увеличение стока по отношению к водосборам с коренными лесами составило 20-44%, а через 18-30 лет – 16-33% (табл.5.1.1). Уменьшение различий между водосборами, отличающимися составом леса, вызвано изменениями в меженных расходах воды. В бассейнах с лиственными молодняками, минимальный сток снизился на 10-20%, а максимальный остался на 20-30% выше, чем на водосборах с коренными лесами (контроль) (табл.5.1.1). Возрастает неравномерность весеннего стока, коэффициент неравномерности в 2-3 раза выше, чем на контроле. Вследствие потепления в зимние и весенние месяцы, изменились процессы промерзания-оттаивания почвы. Начало поступления талых вод из почво-грунтов сдвигается на более ранние сроки. На контрольных водосборах увеличение минимального расхода весной составило 20-60%, неравномерность руслового стока уменьшилась в 4-7 раз.

Таблица 5.1.1.

Характеристики регулирующего влияния леса в весенний период на водосборах с различным составом древостоев и полнотой леса

Период	Отношение к норме		Коэффициент неравномерности				Разность слоя стока, мм		Отклонение весеннего стока от общего, %		Отношение Y_{\max} , мм	
	H_{11-5}	T_{4-5}	1	2	3	4	2-1	3-1	Лес	Вырубка	2/1	3/1
1966-1975	1,1	1,0	26,8	23,9	13,7	19,2	35,9	37,4	33,7	37,9	1,5	1,2
1984-1995	0,95	1,0	3,6	7,3	9,7	4,5	21,7	30,2	23,0	33,0	1,4	1,3

Примечание: 1, 2, 3, 4 - номер исследуемого бассейна; H_{11-5} - осадки за ноябрь - май; T_{4-5} - средняя температура за апрель - май; Y_{\max} - максимальный слой стока.

Методом корреляционного анализа установлено, что коэффициент неравномерности весеннего стока имеет тесную связь с интенсивностью оттаивания почвы. Связь прямая, а величина коэффициента корреляции для водосборов, не пройденных рубкой (1 и 4), составляет 0,79 и 0,75 соответственно, а для расстроенных рубкой водосборов 2 и 3 - 0,64 и 0,52. Минимальный сток весной тесно коррелирует с размерами надземной фитомассы, но их связь на водосборах со сплошной вырубкой (3) - обратная (табл.5.1.2). Следовательно, снижение минимального расхода на нарушенных водосборах связано с восстановительными сукцессиями на вырубках.

Таким образом, водорегулирующее влияние леса в весенний сезон проявляется в характеристиках снеготаяния и промерзания почвогрунтов. Снижая интенсивность этих процессов, лесные насаждения с преобладанием хвойных пород способствуют просачиванию значительного объема влаги в метровый слой почвы. Талые воды постепенно поступают в русловую сеть, снижая максимальный расход половодья и повышая среднюю водность водосбора в весенне-раннелетний период. Все факторы, влияющие на объем и

максимальный слой весеннего половодья (табл. 5.1.2) в лесном бассейне, зависят от биометрических характеристик лесных фитоценозов.

Таблица 5.1.2.

Парные коэффициенты корреляции максимального и минимального весеннего стока с климатическими параметрами и размерами надземной фитомассы

Коррелируемая величина	Максимальный сток, м ³ /сек				Минимальный сток, м ³ /сек			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Запас воды в снеге, мм	0,71	0,66	0,48	0,62	-0,53	-0,16	0,30	-0,18
Осадки за апрель-май, мм	0,06	0,03	0,24	0,05	0,76	0,50	0,56	0,78
Сумма температур за апрель-май	-0,24	-0,10	0,04	-0,19	0,78	0,58	0,65	0,85
Интенсивность оттаивания, см/сутки	0,73	0,58	0,61	0,76	-0,56	0,17	0,27	-0,54
Общая фитомасса, т	-0,67	-0,82	-0,88	-0,72	0,44	-0,12	-0,46	0,56
Фитомасса хвойн, т	-0,89	-0,75	-0,52	-0,80	0,80	-0,06	-0,37	0,74

5.2. Формирование стока в период циклонической деятельности в коренных и восстанавливающихся лесах

Отмечается, что преобладающим типом формирования стока в исследуемом бассейне является паводочный режим в летне-осенний период.

Анализируется более 200 паводков и отмечается, что на формирование паводка структура лесного покрова в бассейне оказывает значительное влияние. В разные периоды лесовосстановления паводки отличаются по объему стока, по амплитуде максимальных расходов воды, интенсивности подъема. Характеристики дождевых паводков изменяются по мере восстановления лесной растительности и различаются на водосборах с различным составом леса (рис.5.2.1).

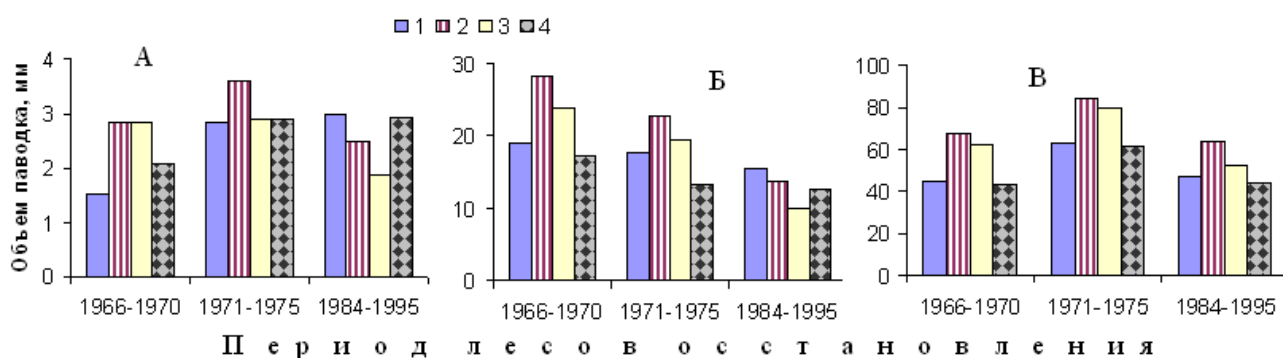


Рисунок 5.2.1. Изменение объема паводка на водосборах с коренными лесами (1, 4) и на вырубках (2, 3) в разные периоды лесовосстановления при осадках менее 50 мм (А), от 50-100 мм ((Б) и более 100 мм (В).

Объем паводков на вырубках - на начальных этапах лесовосстановления, в 1,4-2 раза выше, чем в коренных лесах. При увеличении запаса леса на вырубках в 6-10 раз, на них возрастают потери паводочных вод на суммарное испарение. Несмотря на высокие максимумы, объем воды на бывших вырубках по сравнению с контрольными участками уменьшается на 10-26% при осадках,

формирующих сравнительно короткие паводки. При продолжительных паводках, вызванных осадками более 50 мм максимальные расходы и слой паводка выше на водосборах с преобладанием молодняков. При сохранении коренных лесов в нижней части водосбора (2), водоносность этого участка реки, через 10-30 лет после вырубki, сравнима со средним расходом воды на водосборах не затронутых рубкой. В период прохождения небольших паводков в первые 15 лет лесовосстановления, 43% от их общего количества на водосборе 2 - это паводки с максимальными расходами выше, чем на водосборе со сплошной вырубкой. Через 20-30 лет после вырубki количество таких паводков возрастает до 73%. Превышения максимумов на водосборе 2 случаются при образовании паводка на спаде предыдущего. Это, вероятнее всего, связано с накоплением и отдачей влаги почво-грунтами под различными лесными фитоценозами, что особенно проявляется в меженные периоды.

Таким образом, на трансформированных водосборах происходит снижение минимальных расходов и возрастание неравномерности летне-осеннего стока. В большей степени этому подвержен сток на водосборе со сплошной рубкой. Под воздействием лесной растительности различного состава, полноты и возраста характеристики водного режима значительно различаются и в период повышенной водности, и в засушливые годы (табл. 5.3.1).

Таблица 5.3.1.

Различия суммарного стока на водосборах с коренными и вторичными лесами в годы с различным характером увлажнения

Характеристика периода по отклонению осадков от среднего многолетнего (К), %.	Количество лет после вырубki	Отклонение слоя стока, мм		
		4	2	3
Средний По влажности год	1-4	6,49	27,6	30,0
	5-10	-42,9	9,18	-20,0
	18-30	-36,7	24,9	-72,5
Сухой K ≤ 15	1-4	13,5	52,6	10,1
	5-10	-10,8	15,6	3,2
	18-30	-0,70	-26,2	-42,3
Влажный K ≥ 15	1-4	-2,71	53,3	55,2
	5-10	5,67	91,4	13,0
	18-30	-3,08	-26,4	-31,7

Примечание: 4, 2 и 3 - бассейны, имеющие в составе соответственно 30, 50 и 80% олиственных пород. Минус при значении означает снижение стока на водосборах с преобладанием лиственных пород

При обработке экспериментальных материалов этот тезис был подтвержден зависимостью суммарного стока за июнь-сентябрь с гидроклиматическими параметрами и биометрическими характеристиками лесного полога:

Водосборы с высокополнотными лесами с преобладанием пихты и ели

$$Y_{л-0} = 128,5 + 0,523 * N - 16,6 * T_{ср} + 1,84 * K_{хл}; R^2 = 0,85; \sigma = 34,5; F = 28 \quad (5.2.1)$$

Водосборы с преобладанием в составе лиственных пород

$$Y_{л-0} = 238,2 + 0,588 * N - 12,7 * T_{ср} - 39,1 * K_{хл}; R^2 = 0,92; \sigma = 30,5; F = 54 \quad (5.2.2),$$

где $Y_{л-о}$ - сток, H - осадки, $T_{ср}$ - средняя температура воздуха за июнь-сентябрь;; $K_{хл}$ – размер хвойно-лиственной массы, т; R^2 - коэффициент детерминации; σ - среднеквадратическая ошибка, мм; F - критерий Фишера.

Зависимости показывают, что на расстроенных рубками водосборах сток будет уменьшаться на 25-40 мм на каждую тонну прироста хвойно-лиственной массы. Длительность уменьшения стока будет зависеть от соотношения фитомассы хвой и листвы. При дальнейшем замещении лиственных видов деревьев коренными хвойными породами должно произойти улучшение водоохраных функций лесного полога и стабилизация руслового стока на трансформированных водосборах.

Изменения руслового стока в теплый сезон за 30-летний период прошли следующие стадии:

- Резкие изменения воднобалансовых характеристик произошли в первые 5 лет. Увеличивается количество осадков, достигающих поверхности почвы, возникает поверхностный сток. Как следствие, происходит увеличение объема паводочных вод и максимальных модулей стока, эрозионных процессов, снижается качество речных вод.
- Через 7-10 лет на вырубленных площадях преобладают подрост древесных пород и травяно-кустарниковые сообщества, увеличивается надземная фитомасса. Под древостоями улучшается почвенный водообмен, возрастает эвапотранспирация, что приводит к увеличению потерь паводочных вод. Пологом лиственного леса задерживается до 10% от поступивших на водосбор осадков. Сток паводков, максимальные и минимальные расходы выше, чем на водосборах с коренными лесами
- Через 20-30 лет на водосборах с восстановившимися древостоями возникает динамическое равновесие воднобалансовых характеристик, соответствующее новым условиям окружающей среды. Во вновь сформированных древостоях увеличивается расход влаги на продуктивный расход, происходит уменьшение меженных расходов воды в реках трансформированных бассейнов. Объем воды сравнительно коротких паводков в экспериментальных бассейнах поддерживается примерно на одном уровне. При паводках, образованных осадками от 50 мм, максимальные расходы превышают контрольные в 1,5-3 раза.

Глава 5.3. Зависимость влагооборота малых рек от функций лесного полога

Для обоснования физического смысла взаимосвязи характеристик стока с размерами хвойно-лиственной массы в период послерубочных сукцессий необходимо проанализировать суммарные потери руслового стока на водосборах (рис.5.3.1).

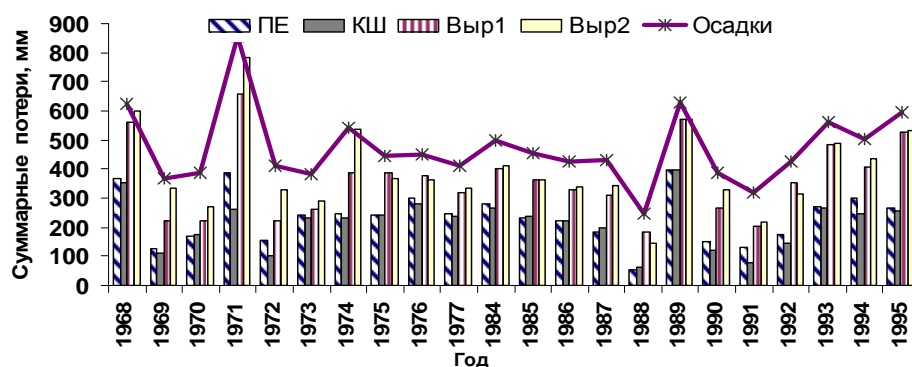


Рисунок 5.3.1. Динамика суммарных потерь стока на водосборах, различающихся составом и возрастом фитоценозов: ПЕ – пихтово-еловые леса средний возраст 120 лет; КШ – кедрово-широколиственный лес, средний возраст 160 лет; Выр1 – вырубка 30-летней давности, средний возраст 70 лет; Выр2 - вырубка 30-летней давности, средний возраст 50 лет.

Для анализа составлены уравнения водного баланса исследуемых водосборов.

Для участков без дополнительного притока воды – водосборы 1 и 4

$$Z = X - X_3 - Y - W_k + W_n \quad (5.3.1)$$

Для участков с дополнительным притоком воды – водосборы 3 и 4

$$Z = X + Y_v - Y - X_3 - W_k + W_n \quad (5.3.2),$$

где Z – суммарные потери, мм; Y_v – сток с верхнего участка, мм; W_k, W_n – соответственно запасы влаги в почве на конец и начало анализируемого периода, мм. X, X_3 – соответственно осадки на открытом месте и задержание осадков кронами древостоев, мм; Y – русловой сток, мм;

Осадки, задержанные пологом леса, испарение с поверхности почвы и травяного покрова, сток были измерены инструментально. Запасы влаги в почве определялись по результатам непосредственных определений влажности почвы с использованием ранее определенных водно-физических характеристик в лесу и на вырубке. По имеющимся данным, были построены графики связи изменения влагозапасов ($\Delta W = W_k - W_n$) и осадков за рассматриваемый период. Связи статистически достоверны, с коэффициентами корреляции для вырубки – 0,74, для хвойно-широколиственного леса в возрасте 80-160 лет – 0,80. Расчет для недостающего периода производили по полученным уравнениям зависимости.

Суммарные потери – расход влаги на суммарное испарение, поверхностный сток и почвенно-грунтовый отток. Анализ измеренных величин и литературных данных позволил установить, что в первые годы после вырубки до 80% потерь поступающей влаги расходуется на трансформированных участках на поверхностный сток и непродуктивное испарение. Баланс прихода и расхода влаги в коренных приспевающих лесах складывается таким образом, что расход ее на транспирацию перекрывается за счет их высоких водоохранных свойств. Величина транспирационного расхода (продуктивный расход) увеличивается с возрастом древостоев. Максимум расхода влаги на транспирацию, как установлено многими исследователями - до 62% от суммарного испарения - приходится на средневозрастные леса. В лиственных лесах максимум транспирации и большая влагоудерживающая способность

наблюдается в период 10-30 лет, в хвойных 40-60. Таким образом, при сукцессионной динамике восстановление гидрологических свойств речных водосборов произойдет за 40-50 лет. Увеличение суммарного стока в связи с возрастанием общей надземной фитомассы происходит в результате воздействия лесного полога на величину суммарного испарения. Под пологом высокополнотных коренных лесов, за счет их охлаждающего влияния, снижаются потери влаги на физическое испарение и таким образом сохраняются внутриобъемные запасы. В лиственных молодняках почвы увлажняются лучше, но большая часть поступившей влаги расходуется на продуктивность возобновившихся фитоценозов и на подпологовое испарение, за счет их лучшего прогревания в летний период. Русловой сток, характеризующий водоохранную роль лесов, уменьшается (рис. 5.3.2). На водосборах с сохраненными лесными полосами из коренных пород уменьшение стока составило 5%, а в бассейне со сплошной вырубкой – 8% от контроля.

Для малого речного бассейна, подверженного антропогенным воздействиям, получена модель руслового стока, которая дает адекватную количественную оценку динамики руслового стока и способности лесов восстанавливать свои водорегулирующие функции в зависимости от конкретных природных условий и степени антропогенной нарушенности.

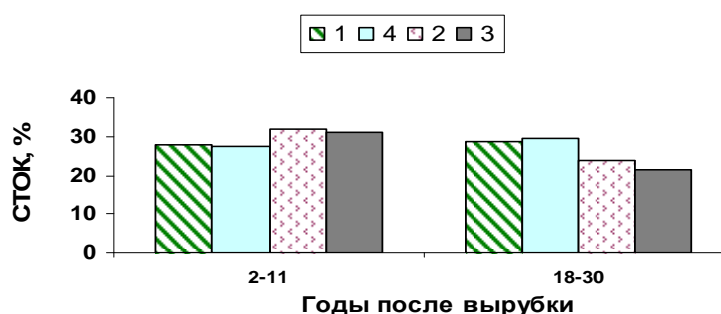


Рисунок 5.3.2. Изменение суммарного стока за май-октябрь на исследуемых водосборах: 1 и 4 – с коренным лесом; 2 и 3 – с лиственными молодняками

$$Y_{\text{тп}} = -39,1 + 0,654 \cdot H_{\text{гг}} - 6,52 \cdot T_{\text{ср}} + 0,806 \cdot P - 22,3 \cdot K_{\text{хл}} \quad (5.3.3)$$

$$R^2 = 0.68; \sigma = 76,6 \text{ мм}; F = 23,2, \text{ где}$$

$Y_{\text{тп}}$, $T_{\text{ср}}$ - сток (мм) и средняя температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$) за теплый период (май-октябрь); $H_{\text{гг}}$ - осадки гидрологического года (ноябрь-октябрь), мм; $K_{\text{хл}}$ - размер хвойно-лиственной массы; P – средняя величина максимального промерзания почвы, см; R^2 - коэффициент детерминации; σ – среднеквадратическая ошибка, мм; F - критерий Фишера.

Анализ уравнения свидетельствует, что сток за теплый сезон года находится в прямой зависимости от количества жидких и твердых осадков и глубины промерзания почвы и в обратной – от температурного режима и размеров надземной фитомассы. При увеличении в составе доли хвойных пород на площади водосбора возрастает регулирующее влияние лесного полога. Введением в уравнение величины максимального промерзания почвы объясняется роль мерзлоты, как фактора формирования речного стока в

теплый сезон года. Значительная часть влаги, поступившая на водосборы осенью, с наступлением отрицательных температур воздуха консервируется в почво-грунтах. На следующий год эта влага включается в активный влагооборот, принимая участие в формировании стока.

Лесогидрологический эффект, обусловленный структурой лесного полога, в теплый период года проявляется через трансформацию баланса снеговой и мерзлотной влаги, которая приводит к изменению расходной части водного баланса покрытых лесом водосборов. Количественные составляющие изменения руслового стока через 18-30 лет после вырубki выражаются так: уменьшение на 8-10% в антропогенно-нарушенных водосборах и увеличение на 1-2% - в незатронутых рубкой лесах.

Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что с увеличением лесистости на антропогенно-трансформированных водосборах наблюдается снижение минимальных расходов по отношению к контрольным значениям (рис.5.3.3,Б). Максимальные расходы воды, в связи с изменением тепло- и влагообеспеченности в районе исследований, снизились на 20-30% на всех водосборах. На вырубке с оставленными полосами коренного леса вдоль ручья (2), максимум сопоставим со значениями, наблюдающимися на водосборе с преобладанием кедрово-широколиственных лесов. На водосборе со сплошной вырубкой (3) максимум стока все еще больше на 15-30% (5.3.3,А).

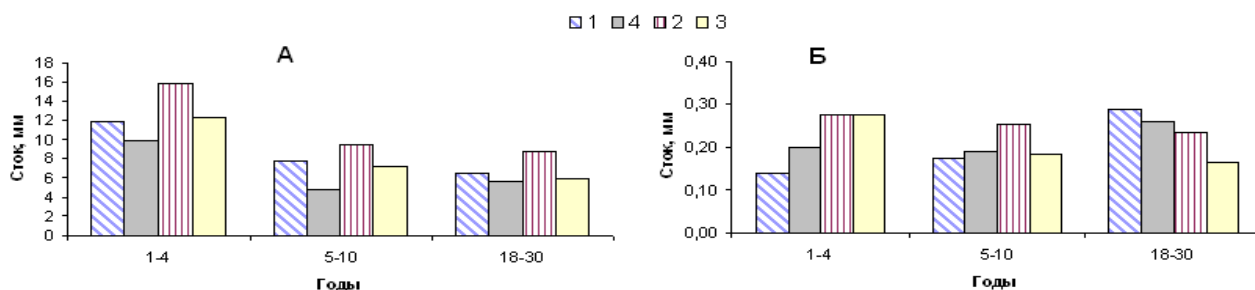


Рисунок 5.3.2. Изменение максимального (А) и минимального (Б) стока на водосборах с коренными лесами (1 и 4) и расстроенных рубками (2 и 3) в годы, связанные с восстановительными сукцессиями

Несмотря на снижение суммарного стока, в бассейне поддерживается достаточная водность водотока, пересыхания не наблюдается даже в самые маловодные годы. По сравнению с контрольными водосборами (1 и 4) уменьшение стока, в зависимости от увлажненности, составило 1-23%. В бассейне, где были оставлены лесные полосы вдоль русла, водорегулирующие функции восстанавливаются через 15-20 лет. Большой изменчивости подвержен водосбор, где была произведена сплошная рубка леса (№3). Водорегулирующие функции на этом водосборе через 30 лет после вырубki не восстановились.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- Происходящее преобразование лесных ландшафтов, отрицательная динамика лесного покрова негативно сказывается на влагообороте речных бассейнов разного уровня.

- Динамика водного баланса в горных бассейнах, величины его приходно-расходных элементов находятся в зависимости от таксационных и биометрических характеристик лесного полога.
- Зависимость руслового стока от размеров хвойно-лиственной массы на водосборах в наибольшей степени проявляется в весенний период. Максимальный подъем уровня воды и дальнейшая водопродуктивность бассейнов связана с трансформацией лесами разного состава и возраста твердых осадков и с условиями промерзания-оттаивания почво-грунтов.
- На водосборах с коренными пихтово-еловыми и кедрово-еловыми лесами задержание жидких осадков перекрывается дополнительным приходом конденсационной влаги. В этих лесах большая часть осадков трансформируется в сток и идет на пополнение почвенно-грунтовых запасов влаги.
- В бассейнах с коренными кедрово-широколиственными лесами увеличивается испарение и количество задерживаемых кронами деревьев осадков. Эти леса способствуют большему регулированию паводочных вод.
- На основе уравнений множественного регрессионного анализа показано, что изменения руслового стока, наиболее динамичны на трансформированных водосборах до периода достижения лесистости 50 - 60% (через 10 - 15 лет). Обосновано, что при формировании лиственных молодняков на сплошных вырубках происходят более интенсивные изменения элементов водного баланса через 15-30 лет.
- Изменение знака водопродуктивной функции антропогенно-нарушенных хвойно-широколиственных лесов отражено в уравнениях связи руслового стока с факторами его формирования.
- В годы с повышенной влажностью наиболее полно проявляются водорегулирующие функции лесных экосистем. В маловодные циклы их водорегулирующая и водоохранная функции ослаблены и зависят от доли хвойных пород в составе древостоев.
- На водосборах, где при рубках сохранились коренные хвойные леса, водорегулирующие функции восстанавливаются через 10-15 лет. Для бассейнов, где проведены сплошные рубки, период восстановления гидрологических функций увеличивается и в большей степени зависит от транспирационного расхода влаги в процессе восстановительного развития лесов и фоновой погодноклиматической ситуации.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах:

1. Кожевникова Н.К. Водный режим горных лесных бассейнов в период циклонической деятельности / Н.К. Кожевникова // Вестник КрасГАУ, Вып.6. - Красноярск, 2008. - С. 70-79

2. Кожевникова Н.К. Динамика сезонно-мерзлотных характеристик почв в лесах южного Сихотэ-Алиня / Н.К Кожевникова. // Вестник КрасГАУ, Вып.2. - Красноярск, 2008. - С. 58-65.
3. Кожевникова Н.К. Изменения экстремальных температур при динамике лесовосстановления / Н.К. Кожевникова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. - Казань 2008, №3. - С. 118-121.
4. Кожевникова Н.К. Динамика погодно-климатических характеристик и экологические функции малого лесного бассейна/ Н.К.Кожевникова// Сибирский экологический журнал. 2009 - №5. С.693-703

Статьи, опубликованные в других периодических изданиях

5. Кожевникова Н.К. Преобразование осадков в сток в теплый период на водосборах с различной лесистостью и составом леса / Н.К.Кожевникова // Экосистемные исследования горных лесов Сихотэ-Алиня (ВУС). - Владивосток-Хабаровск, 2004. - С.141-152.
6. Кожевникова Н.К. Распределение жидких осадков в хвойно-широколиственных лесах и их вырубках в Южном Приморье / А.С. Жильцов, Т.М.Ильина, **Н.К Кожевникова**.// Экосистемные исследования горных лесов Сихотэ-Алиня (ВУС).- Владивосток-Хабаровск, 2004.- С.93-110.

Работы, опубликованные в материалах научных конференций

7. Kozhevnikova N.K. Forest Watershed Conservation and the protectiv role estimation in Various Types of Water Flow Basips / A.S. Zhilsov, **N.K. Kozhevnikova** // Korean Pine-Broadleaved Forests of the Far East. - Oregon, USA, 2000. - P.203-204.
8. Кожевникова Н.К. Бассейновые принципы оценки уровня водопродуктивности горных территорий южного Сихотэ-Алиня / Н.К. Кожевникова // Классификация и динамика лесов Дальнего Востока. - Владивосток, Дальнаука, 2001. - С.152-154.
9. Кожевникова Н.К. Оптимальная лесистость малых горных бассейнов и водоносность речных систем / Н.К. Кожевникова // Аграрная политика и технология производства сельскохозяйственной продукции в странах Азиатско-Тихоокеанского региона. - г. Уссурийск, 2001 г. - С.138-142.
10. Кожевникова Н.К. Экологические функции горных лесов в малых речных бассейнах южного Сихотэ-Алиня / Н.К.Кожевникова // Структурно-функциональная организация и динамика лесов. - Красноярск, 2004. - С.157-159.
11. Кожевникова Н.К. Влияние сезонного промерзания почво-грунтов на русловой сток весенне-летнего периода в лесах южного Сихотэ-Алиня / Н.К. Кожевникова // Природная и антропогенная динамика наземных экосистем. - Иркутск, 2005. - С. 308-311.
12. Kozhevnikova N.K. Hydrological Regime Dynamics and Restoration of Dark Coniferous Forests after Experimental Logging in Southern Sichte-Alin / **N.K.**

Kozhevnikova, L.A.Sibirina // Proceedings International Simposium on Restoration of Forest Ecosystem Functions on Different Forest Zones. - Seoul, Korea, 2009. - P. 159-162.

13. Кожевникова Н.К. Использование индикационных свойств лесного полога при определении элементов водного баланса / Н.К. Кожевникова // Леса российского Дальнего Востока: 150 лет изучения. - Владивосток. 2009. - С. 61-63.