

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ФАКУЛЬТЕТ ГОРНОГО ДЕЛА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
КАФЕДРА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА

**ВЛАЖНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМОВ ТИПИЧНЫХ В УСЛОВИЯХ
ВНУТРИВЕКОВОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки
05.04.06 Экология и природопользование
очной формы обучения, группы 81001613
Жильцова Василия Викторовича

Научный руководитель

к.б.н., доцент
Кухарук Н.С.

Рецензент

Заведующая лабораторией
адаптивного растениеводства и
агроэкологии ФГБНУ
«Белгородский ФАНЦ РАН»
Смирнова Л.Г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВЛАЖНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА В ЕСТЕСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ И АГРОЦЕНОЗАХ....	6
1.1. Влажность черноземных почв как индикатор внутривековой климатической изменчивости.....	6
1.2. Динамика влажности в условиях заповедного режима и антропогенно изменённых ландшафтов.....	15
ГЛАВА 2. Объекты и методики исследований	38
2.1. Характеристика условий проведения исследований.....	38
2.2. Объекты и методы исследований.....	63
ГЛАВА 3. ИЗМЕНЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ ЗАПОВЕДНЫХ УЧАСТКОВ ЛЕСОСТЕПИНА ФОНЕ ВНУТРИВЕКОВОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ.....	66
3.1. Анализ метеорологических данных в условиях векового тренда антициклогенеза и циклогенеза.....	66
3.2. Выявление состояния влажности почв черноземов мицелярно– карбонатных в условиях абсолютного заповедования.....	71
ГЛАВА 4. ОТКЛИКИ ЧЕРНОЗЕМОВ МИЦЕЛЯРНО–КАРБОНАТНЫХ В УСЛОВИЯХ ЛЕСНОГО ЦЕНОЗА И МНОГОЛЕТНЕГО ПАРА НА ВНУТРИВЕКОВУЮ КЛИМАТИЧЕСКУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ.....	76
4.1. Анализ состояния влажности почв в условиях лесной растительности.....	76
4.2. Анализ состояния влажности почв в условиях многолетнего пара.....	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	82
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	84

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Проведение комплексного сопряженного анализа полученных, в процессе исследования данных о влажности почв и климатических показателей в природном лесостепном ландшафте под естественной растительностью в режиме заповедования, а также установление цикличности происходящих процессов в почве под действием меняющихся климатических факторов и условий является актуальным для изучения водного режима типичных черноземов на заповедных территориях. На данный момент проводится сравнительно мало исследований с таким же долгосрочным периодом наблюдений.

Цель магистерской диссертации – проведение анализа влажности черноземов типичных в условиях внутривековой климатической изменчивости

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

- 1) рассмотреть влияние климатических факторов на влажность черноземных почв в условиях длительного периода в естественных ландшафтах и агроценозах;
- 2) изучить процесс изменение влажности почв заповедных участков лесостепи на фоне внутривековой климатической изменчивости;
- 3) проанализировать состояние влажности почв черноземов мицелярно–карбонатных в условиях абсолютного заповедования;
- 4) установить зависимость откликов черноземов мицелярно–карбонатных в условиях лесного ценоза и многолетнего пара на внутривековую климатическую изменчивость.

Объектом исследований являются заповедные участки ФГБУ «Центрально–Черноземный государственный природный биосферный заповедник имени профессора В.В. Алехина.

Предметом исследований выступают черноземы на территории Центрально–Черноземного государственного природного биосферного

заповедника имени профессора В.В. Алехина, находящиеся в различных видах использования.

Научная новизна. На данный момент вопрос отражения внутривековой климатической динамики в изменениях режимов влажности целинных черноземов освещен слабо, особенно мало долгосрочных наблюдений и исследований, показывающих воздействие климатических изменений на динамику влажности почв в условиях циклогенеза и антициклогенеза. В данной работе отклик черноземов мицелярно–карбонатных на внутривековую климатическую изменчивость рассматривается на протяжении 70 лет в условиях: абсолютного заповедования, лесного ценоза и многолетнего пара.

Практическая значимость работы. Динамика изменений свойств почв, обусловленная климатическими факторами на территории лесостепи Среднерусской возвышенности, позволила выявить влияние короткопериодических изменений климата на окружающие природные объекты, что позволяет использовать результаты для управления земельными ресурсами и мониторинга состояния почв. Изучение данного вопроса поможет прогнозировать поведения почвенной влаги, в соответствии с климатическими изменениями.

В данной работе использовались следующие **методы исследования:** сравнительный, метод статистического анализа данных.

Информационной базой исследования послужили данные, полученные в ФГБУ «Центрально–Черноземный государственный природный биосферный заповедник имени профессора В.В. Алехина. Также использована учебная и научная литература, нормативные документы и периодические издания по тематике исследования.

Структура выпускной квалификационной работы: введение, четыре главы, заключение, список использованных источников, приложения.

В первой главе выпускной квалификационной работы рассмотрены теоретические вопросы влияния климатических факторов на влажность

черноземных почв в условиях длительного периода в естественных ландшафтах и агроценозах.

Во второй главе описывается характеристика объекта, условия и методика исследования.

В третьей главе анализируются метеорологические данные в условиях векового тренда антициклогенеза и циклогенеза, а также влажность почв заповедных участков лесостепи на фоне внутривековой климатической изменчивости.

В четвертой главе показаны отклики мицелярно–карбонатных черноземов в условиях лесного ценоза и многолетнего пара на внутривековую климатическую изменчивость.

ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВЛАЖНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА В ЕСТЕСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ И АГРОЦЕНОЗАХ

1.1. Влажность черноземных почв как индикатор внутривековой климатической изменчивости.

Проблема изменения климата сейчас актуальна. Изменения суммы осадков, температуры воздуха и других метеорологических величин, существенно сказываются на деятельности человека (сельское хозяйство, экономика). Климат меняется постоянно, однако, в последние столетия замечается его нестабильность по сравнению с предшествующим периодом, в результате чего встал острый вопрос о мониторинге, наблюдениях за тенденциями в изменении климата.

В это направление внесли свой вклад такие ученые, как Э.Я. Ранькова, М.И. Будыко, А.Н. Афанасьев, Е.С. Рубинштейн, Г.В. Груза. В этой области работают и представители Казанской школы: К.М. Шанталинский, Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин и другие. Глобальным климатическим изменениям посвящена обширная научная литература во многих странах мира.

Глобальное потепление и ожидаемые в связи с ним негативные последствия требует регулярной оценки наблюдаемых глобальных и региональных изменений в климатической системе. На конференции ООН в декабре 2016 года обсуждались вопросы климатологии, было принято Парижское соглашение, устанавливающее рамки многостороннего взаимодействия и сотрудничества в связи с изменением климата на период после 2020 года [22].

В отличие от Киотского протокола, на котором главным критерием были суммарные пороговые значения эмиссий парниковых газов, на данной конференции принят иной подход, основанный на целевых порогах изменения температуры в глобальных масштабах. Планируемый результат совместных действий это сдерживание увеличения температуры ниже 2°C по сравнению с доиндустриальным периодом, а также есть желание продолжить эту тенденцию, стремясь к меньшим цифрам температуры до 1.5°C. Более важное значение приобретает постоянное отслеживание текущего состояния климатической системы, ее тенденциями и своевременным обнаружением ее изменений. Не меньше значение имеет мониторинг изменений, которые сопровождают глобальное потепление в системах взаимодействия между атмосферой и океаном в гидрологическом цикле, биоте, криосфере, образующих цепочки определенного рода прямых и обратных связей, в том числе нелинейного характера, способных указать не резкое усиление сигнала глобального потепления.

Изменения происходящие в климате проводят к росту неблагоприятных и в какой-то мере опасных гидрометеорологических явлений. Проходящий в 2017 году Всемирный экономический форум (ВЭФ) в 12-м ежегодном докладе, который обычно посвящен угрозам и рискам, которые потенциально могут воздействовать на человечество, объявил меняющиеся погодные явления одним из основных глобальных рисков, и вторыми по масштабу оказываемого воздействия (после оружия массового поражения). Ежегодные отчеты ВЭФ определенно показывают увеличение значимости гидрометеорологического фактора в устойчивом развитии общества.

Проблемы, которые связаны с изменением климата, побудили Всемирную метеорологическую организацию создать Глобальную рамочную основу климатического обслуживания. Он должна своевременно получать определенные оценки и представления климатического обслуживания с целью снижения риска стихийных бедствий, рационального управления

водными ресурсами, улучшения здоровья населения и повышения продовольственной безопасности.

В России тоже существует тенденция к увеличению неблагоприятных и опасных гидрометеорологических явлений, которые появились определенно благодаря изменениям в климате. На территории Российской Федерации в 2016 году отмечалось до 1000 опасных гидрометеорологических явлений, из которых около 400 нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения. Самый масштабный ущерб нанесли огромные дождевые паводки в Приморском крае и пожары на юге Восточной Сибири.

По данным исследований сделанных до 2016 года, выяснено, что среднегодовая на территории Российской Федерации температура растет почти в 3 раза быстрее глобальной, со скоростью 0.5°C за 10 лет, но быстрее всего эта неблагоприятная тенденция наблюдается в полярной области, скорость роста температуры достигает 0.8°C за 10 лет (Таймыр). Однако, характер у потепления разнообразный и по сезонам отличается. До середины 1990–х годов, когда потепление наступает быстро, зимы стали холодать, за исключением полярной области. Осенью, в середине 1990–х гг. наоборот произошло ощутимое ускорение потепления, похожее на происходившее в то же время «Арктическое усиление» – в Арктике. Нахождение этих изменений и постоянный мониторинг климата становится главной причиной дальнейших исследований в этой области, сопоставления и коррекции климатических проекций на временных масштабах в несколько десятилетий.

С зимы до конца лета 2016 года средняя по России температура превосходила исторический максимум. Но вторая половина осени, которая была холодной, особенно ноябрь, и декабрь температуры которого близки к норме привели к тому, что в целом по году отклонение от нормы достигло величин $+1.7^{\circ}\text{C}$.

Аномально теплое лето характерно отсутствием холодных дней на севере ЕЧР, Западной и юге Средней Сибири, Урале. Лишь на Ямале и

Южном Урале отмечены экстремально жаркие дни. В Северной полярной области (СПО) 2016 г. был рекордно теплым за период с 1936 г. Аномалия составила 3.2°C. Предыдущий максимум 2.4° С наблюдался в 2011 г. За последнее 30–летие исключительно теплый 2016 год в морской Арктике привел к огромному увеличению тренда: от 0.69° С до 0.78° С за 10 лет. Прошлый год стал рекордно теплым в тропосфере и необычно холодным в нижней стратосфере в низких широтах и в Северном полушарии в целом.

Примечательно, что на территории России есть тенденции к росту годовой суммы осадков: со скоростью 2% за 10 лет. Особенно важные аномалии осадков наблюдались зимой и осенью 2016 года. Зима была снежной: 121% климатической нормы для территории РФ и 138% (исторический максимум) в ЕЧР.

Практически на всей территории страны наблюдается тенденция сокращения времени продолжительности залегания снежного покрова. В 2015–2016 гг. в среднем по России данный параметр был на 2.6 дня короче климатической нормы. За зиму высоты снежного покрова в среднем по России увеличивается на 1.97 см за 10 лет. Лед на реках в России сходит раньше нормы, но на многих реках ЕЧР и Арктической части России (АЧР) лед появился в сроки близкие к норме или до двух недель раньше.

Увеличение температуры сопровождается разного рода изменениями в ледовых процессах и криосфере в целом. Потепление климата в Арктике объяснило коротко временное уменьшение площадей морского льда до 3.6 млн. кв. км. в сентябре 2012 года, это существенно меньше, чем в 1980–е годы. Затем, в более холодные она увеличилась и составила в сентябре 2016 года по данным ФГБУ «ААНИИ» 4.4 млн. кв. км. На основной части территории Российской Федерации наблюдается раннее освобождение рек и водоемов ото льда (осенью 2016 г. на многих реках ЕЧР и АЧР лед появился в срок либо на 2 недели раньше). Существующие тренды мощности сезонно–талого слоя вечной мерзлоты положительны за период с 2002 по 2016 для всех площадок, кроме одной вблизи Якутска.

Неизменно растут показатели теплообеспеченности сельскохозяйственных культур. Продолжительность вегетационного периода ($T > 5^{\circ}\text{C}$) превысила среднюю продолжительность за два последних десятилетия на период до 15 суток, кроме Дальневосточного и Центрального ФО. Данные влагообеспеченности на территории зоны земледелия различны. Увеличение весенних осадков продолжается, но летние осадки в южной половине ЕЧР и на Урале наоборот уменьшаются. Гидротермический коэффициента показывающий состояние температурно– влажностного режима для сельскохозяйственных культур (май–август) становится меньше по Российской Федерации, за исключением Дальневосточного и Сибирского ФО. Тенденция индекса сухости положительна на всей территории земледельческой зоны, исключение лишь Северо– Кавказский ФО.

Исследования археологов показывают, что на нашей планете климат изменялся довольно резко. Причины этого объясняются множеством теорий, которые учитывают не только геофизические, но и астрономические факторы [1].

Как утверждает М.О. Френкель, после 1940–х гг. стартовал новый цикл потепления. Так совпало, что как раз в это время начинает проявляться антропогенный фактор, по этому его действие на климат многие ученые исключают. Но после 1970–х гг. антропогенный фактор усилился и в какой–то мере стал воздействовать на природные и климатические изменения.

Система климата на Земле подвергается воздействию определенных факторов, среди которых внешние и возникающие в самой системе. Эти факторы могут накладываться друг на друга и усиливают негативный эффект, либо из воздействие ослабевает, когда фазы не совпадают.[24]

Существует еще ряд антропогенных факторов изменяющих климат. Увеличение содержания в атмосфере газов таких как CO_2 , которые представляют большой риск плодотворно влияя на возникновение парникового эффекта.

Авторы Урманова А.Г., Наумов Э.П., Николаев А.А., Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Шанталинский К.М. [48] определяют следующие причины динамических процессов в климате:

- Изменяющиеся орбитальные параметры
- Альбедо, которое меняется в планетарном масштабе
- Меняющийся состав воздуха в атмосфере
- смена радиационных потоков, на которые влияет излучение Солнца
- перемены границ суши и моря, циркуляции потоков морей и океанов.

Однако локальные изменения климата, могут измениться если в регионе меняется температурный режим. [48]

Воспользуясь архивными данными аномалий средних годовых температур воздуха, собранными в университете Восточной Англии Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин, С.Ф. Батршина, К.М. Шанталинский, А.И. Лысая и В.Д. Тудрий проанализировали межгодовые и внутривековые ходы воздушного приземного термического режима за 142 года (1856–1997 гг.). [12]. Суть полученных ими основных результатов состоит в следующем:

1. На Земле особенно в северном полушарии начинает возрастать температура, в начиная с 1970–х годов стали достигать отметок до 0, 3°C/10 лет. Что касается Южного полушарии, здесь замечена обратная тенденция с 1950–х гг. температура повышается лишь на 0, 1°C/10 лет, ученые связывают это с затратами труда, на таяние материкового льда и тепловое расширение океана.

2. Начавшееся в позапрошлом веке глобальное потепление не теряет развития, как итог средняя температура на земле возросла на 0, 6°C за указанный период. Более 80 % этого повышения связывается с увеличением CO₂ в атмосфере.

3. Внутривековые изменения среднегодовых температур воздуха на полушариях проходили по разным сценариям, имеют разные количественные и временные показатели. В Южном полушарии среднегодовые температуры

воздуха ниже. Чем в Северном полушарии, а среднее различие годовых температур воздуха почти достигло величины в 1, 3°C.

Вышесказанное определяет причины и тренды изменения климата атмосферы планеты, а климат атмосферы многим связан с почвенным климатом. Им свойственны суточные и годовые периоды изменения определенных параметров, распределение в пространстве, изменение во времени, явление и свойства с которыми они взаимодействуют в обязательном порядке меняют их параметры, а они в свою очередь меняют взаимно параметры друг друга. Но у них есть и индивидуальные особенности [2].

Первой особенностью почвенного климата является среда его формирования. В то время как атмосферный климат представляет собой физические явления, протекающие в воздушной оболочке земли, т. е. в смеси газов, почвенный климат формируется в почве, которая, в отличие от атмосферы, является био–органоминеральной системой, имеющей свои особенности развития.

Почвенный покров по составу и свойствам намного разнообразнее даже на не больших территориях, относительно атмосферы. По этому процессы в почве протекают более разнообразно и менее предсказуемо. Так же не малое влияние на динамику протекающих процессов в почве оказывают растительный и снежный покровы, корни растений, животные и микроорганизмы.

По мимо этого климат почвы подвергается интенсивному антропогенному воздействию. Климат почв стоит рассматривать как явление формирующееся долго и постепенно, которое образовалось совместно с появлением в ней живых организмов.

Составными компонентами почвенного климата являются влажность почвы, температура почвы, давление, почвенный воздух, –свет, проникающий в почву, и др. Для формирования и развития почвенного климата важны следующие элементы: 1) почва, 2) форма рельефа и

экспозиция склонов, 3) близость рек, водоемов, либо дренажных систем, 4) высота над уровнем моря, 5) характер подстилающих пород 6) атмосферный климат, 7) растительный, снежный и иные покровы, 8) промышленная деятельность человека, 9) высота стояния грунтовых и поверхностных вод, 10) геологическое строение. Все эти факторы связаны между собой, кроме того они меняют почвенные климат, вследствие чего подвергаются изменениям во времени и в пространстве [12].

Многолетний режим температуры и влажности почвы, их географическое распределение, которое зависит от природных факторов и промышленной деятельности человека, понятие климат почв можно интерпретировать таким образом.

В данной работе будут рассмотрены климатические критерии, а именно осадки и активные температуры, а так же их воздействие на один из составных частей климата почв, это влажность.

Стоит учитывать, что климатические изменения и негативные последствия, которые образуются в результате побуждают ученых проводить постоянную оценку региональных изменений в климатической системе.

Чтобы иметь полное представление о воздействии изменяющегося климата на развитие функционирования природно–антропогенных геосистем в южной части лесостепи Среднерусской возвышенности стоит провести комплексный анализ имеющихся многолетних данных демонстрирующих состояние водного режима черноземов.

Обосновывая отклик почв на короткопериодические климатические флуктуации необходимо найти главные уже существующие закономерности. Исследования Большакова, Роде, Герцык, объясняют, что увеличение атмосферного увлажнения влечет перемены в режиме влажности черноземов лесостепи на территории природного биосферного заповедника имени В.В. Алехина и повышение в них запасов влаги, сквозное промачивание трехметровой почвенной толщи учащённое, а также изменение карбонатного профиля исследуемых почв и ряда их диагностических признаков.

Многие из современных авторов Бойко, 2008; 2010; Овечкин, Базыкина, 2011; 2012; Базыкина 2015; Сухарев, 2012 и др. утверждают, что в определенных климатических циклах, особенно длительных, заметны крупные изменения в растительном и почвенном покрове. Увеличение влажности в период теплых полугодий и увеличение температуры в холодных, начавшиеся после 1970–х годов привели к распространению на некосимой целинной степи древесно–кустарниковой растительности и увеличению процессов олуговения травяного покрова косимой степи. Ученые отмечают изменения в водном режиме черноземов, и увеличение их влажности данных почв.

Перемены климата в значительной мере влияют на почвенные свойства. Например, исследования, проведенные в центральной Канаде, демонстрируют реакцию почвенного органического вещества на климатическую изменчивость [53]. Иные примеры, связанные с эрозией почв, зависят от количества выпавших осадков в период с 1989 по 2007 годы, они рассмотрены в работах немецких исследователей [54]. Установив тенденции климатических изменений, они выработали модели прогнозов до 2100 года, показывающие динамику эрозионных процессов почв.

В исследованиях Mihailović et al. [52] и Ćirić et al. [49] выявлено, что черноземы более чувствительны к климатическим параметрам (температуре воздуха и количеству выпадающих осадков) в сравнении с почвами, имеющими повышенное увлажнение (Fluvisols, Gleysols и Vertisols). Черноземы имеют высокие значения, которые показывают испарение почвенной влаги из профиля и внутрипочвенную миграцию. В итоге получена региональная модель поведения почвы в конкретных климатических параметрах.

Динамика свойств почв, объясняется факторами климата на территории лесостепи Среднерусской возвышенности и позволяет определить степень влияния короткопериодических изменений климата на соседние природные объекты [50;51].

Закономерности климатических изменений, описанные в научных литературных источниках, помогают определить масштабы влияния короткопериодических динамик климата на элементы окружающей среды. При этом, ощущается недостаток информации и опытных данных демонстрирующих влияние внутривековых климатических циклов на почвы и почвенный покров. А недооценивать изучение влияния изменений климата на почвы в сельскохозяйственных регионах России экономически не выгодно и опасно в определенной мере.

1.2. Динамика влажности в условиях заповедного режима и антропогенно изменённых ландшафтов

Вопросы влажности почв в лесу впервые в нашей стране освещены П. А. Костычевым (1876). В статье «Способствует ли разведение лесов уничтожению засух?» [31] он приводит данные Ризлера (1872), который в 1869 г. в Швейцарии определил влажность почв в лесу и в поле и отметил большее иссушение почвы под лесной растительностью. В одной из своих работ П. А. Костычев указал на методические ошибки Эбермайера (1878), который, установив лизиметры в лесу и в поле, нашел, что через первые проходит больше воды и отсюда сделал неправильный вывод о большем увлажнении почвы в лесу.

В дальнейших исследованиях Эбермайер (1884) путем непосредственного определения влажности почв вблизи Мюнхена определил, что верхний слой почвы в лесу бывает влажнее, чем в поле, а уже с глубины 15 см и глубже, где находится еще много корней, почва почти в течение всего года значительно суше, чем на соответствующих глубинах в почвах поля.

Эбермайер считал, что влияние лесов на увлажнение верхних горизонтов почвы в наибольшей мере должно сказываться в местностях с

мощным снежным покровом, который целиком сохраняется в лесах и способствует большому увлажнению почвы. Наибольшее количество воды расходуют жердняки, затем молодняки и меньше всего старые изреженные насаждения. Исследования Раманна подтвердили выводы Эбермайера о том, что влажность верхних горизонтов почв в любых насаждениях во всех возрастах меньше, чем на безлесном пространстве.

В 1882 г. А. В. Вермишев под руководством П. А. Костычева впервые в нашей стране наблюдал влажность почв в лесу. [45] С тех пор за 80 лет проведены многочисленные исследования водного режима почвогрунтов под лесными насаждениями, которые, нам кажется, удобнее изложить, сгруппировав их по следующим периодам:

1882—1892 гг.— первые исследования влажности почв;

1893—1921 гг.— разработка Г. Н. Высоцким, П. В. Отоцким и Г. Ф. Морозовым учения о деградации леса и, в частности, вопроса о влиянии на его водный режим почв;

1922—1942 гг.— исследования водного режима почв лесными и агролесомелиоративными научно-исследовательскими организациями и обоснование Г. Н. Высоцким учения о гидрологической роли лесов;

1946—1962 гг.— комплексные исследования водного режима почти на всей территории европейской части СССР, критика и дальнейшее развитие идей Г. Н. Высоцкого, количественное изучение всех статей водного баланса почв [14].

А. В. Вермишев (1883) в парке Лесного института в Ленинграде сопоставил влажность почв под дубовыми, сосновыми и еловыми насаждениями и рядом расположенным лугом и пришел к выводу, что деревья уменьшают содержание влаги в почве и даже, по-видимому, сильнее травянистых растений.

А. А. Измаильский в 1890—1893 гг. на Полтавщине определял влажность почв в естественной дубраве и на свекловичном поле и нашел, что верхний слой почвы под лесом до глубины 0,6—1,2 м отличается

наибольшей влажностью. После выпадения дождей и осенью влажность верхних горизонтов почв в лесу в наибольшей мере отличается от быстро высыхающих полевых почв, т. к. лес лучше сохраняет влагу. Однако на глубине 213 см лесная почва оказалась суше (9,1—10,9%), чем в поле (11—12%). Наличие глубинного иссушенного горизонта в степных почвах, занятых лесом, он считал нормальным. По его мнению, лесная растительность лучше полевой использует влагу, а лесная почва поразительно мало теряет ее на испарение. А. А. Измаильский (1893—1894) допускал возможность проникновения влаги атмосферных осадков через иссушенный слой, вплоть до грунтовых вод только на совершенно ровной, лишенной балок степи или в западинах и прудах, устроенных в верховьях балок. Он считал, что образование внутripочвенной росы возможно только в почвогрунтах с близкими грунтовыми водами (2,8—3,6 м) [25].

В. В. Докучаев (1892) и А. А. Измаильский (1893) в своих классических работах детально разобрали вопрос об изменении водного режима почв под влиянием углубления оврагов.

В 1891 г. Г. Я. Близнин (1890, 1892, 1896) изучал влажность почв в дубравах Черного леса и на ржаном поле. В мае почва под лесом до глубины 120 см оказалась влажнее, а в конце июля суше, чем в поле. На основании наблюдений за влажностью почвы в течение осенне–зимнего периода он пришел к заключению, что верхние горизонты обогащаются водой за счет парообразного передвижения ее из нижних слоев.

Первые наблюдения влажности почв в искусственных насаждениях Велико–Анадольского леса были проведены сотрудником П. А. Костычева С. Ф. Храмовым (1892, 1893). Оказалось, что в апреле влажность почвы в 25–летнем лесу, на лесосеке и на черном пару была одинаковой. В сентябре наибольшая влажность была на пару, меньше — на лесосеке и наименьшая — в лесу. Доступная растениям вода в почве обнаружена только на пару. Осенью почва в отдельных слоях иссушалась до 11,5%.

С. Ф. Храмов (1893) установил, что чем старше лесное насаждение (возраст от I года до 25 лет), тем больше иссушена почва осенью. Он считал, что зимой вода в виде пара передвигается в почве из нижних слоев в верхние. При этом выделяющееся тепло предохраняет почвы от переохлаждения[45].

Некоторые наблюдения за влажностью обыкновенного чернозема в лесных полосах А. А. де Карриера провел А. Бычихин (1893).

Все эти исследования охватывали обычно один вегетационный период в одном географическом пункте, небольшую толщу почвы (не глубже 2 м) и решали только отдельные вопросы гидрологической роли естественных лесов и искусственных лесонасаждений.

С 1892 г. Г. Н. Высоцкий (1894, 1898, 1899, 1900, 1901, 1902, 1904 и др.) начал свои продолжительные и разносторонние исследования динамики влажности степных почв под лесными посадками в Велико–Анадоле.

В 1898 г. он опубликовал следующие выводы из этих исследований:

а) поверхность почвы наиболее иссушена там, где она открыта, т. е. на черном пару, затем на рано и низко скашиваемой целине, на позже и выше скашиваемом поле и меньше всего в лесу;

б) гумусовый и переходный горизонты сильнее всего иссушаются под травкой, затем под полем, под лесом и менее всего под черным паром;

в) грунт наиболее иссушается под лесом, целиной, под полем и менее всего под черным паром;

г) промачивание суглинистых почв в степи происходит осенью в разные сроки и на различную незначительную глубину. Более заметное промачивание бывает во "время зимних оттепелей, а главным образом — в апреле—мае. Глубина промокания почв под лесными насаждениями в разные годы изменяется от 1,2 до 4 м, а чаще всего составляет 2 м.

Г. Н. Высоцкий установил, что степные и лесостепные почвогрунты характеризуются особым режимом влаги. Почву и верхний слой грунта, промачиваемый осадками, он назвал живым, а нижний — мертвым слоем.

В Мариупольском опытном лесничестве Г. Н. Высоцкий наблюдал большее накопление влаги в почве в осенне–зимний период по сравнению с количеством выпавших за это время осадков. На целинной сенокосной поляне в 1,5–метровом слое почвы превышение составляло 48,5 мм, в 14–летнем ильмово–ясеновом насаждении в метровом слое — 24,5 мм, на вспаханном стерневом поле в слое 1 м — 52,5 мм, на целине в таком же слое — 53,3 мм. Он считал, что «это наводит на мысль о возможности образования внутри почвы росы или о поглощении водяных паров почвою из воздуха». Однако он предостерегал, что к этим данным следует отнестись осторожнее, т.к. нельзя ручаться за полную точность вычисления запасов влаги в почве из–за недостаточности данных по объемному весу и из–за того, что дождемеры даже на полянах недоучитывают 6,7—8,4% осадков.

В Степи и Лесостепи И. Н. Высоцкий установил места питания грунтовых вод при отдаленном от поверхности уровне (с наиболее промытыми почвогрунтами) [14;15;16].

Одновременно с Г. Н. Высоцким влажность почв в Шиповом лесу изучал Н. А. Адамов (1894, 1901). Он также отметил, что почва в лесу влажнее в верхнем горизонте, а под степной растительностью в более глубоких слоях. Вскоре там же Г. Ф. Морозов (1900) установил, что в первой половине вегетационного периода наиболее увлажненной была почва под порослью на лесосеке, затем в старом лесу и наиболее иссушена — в поле. Во второй же половине вегетационного периода наименьшая влажность почвы наблюдалась в старом лесу и в молодняке, а наибольшая — на лесосеке.

К. Э. Собиневский (1894, 1900) в Каменной степи наблюдал, что трехлетние лесные полосы способствовали в первую половину лета большему увлажнению метрового слоя почвы под ними, чем под залежью. К концу июня разница сглаживалась. Г. Ф. Морозов (1902,1930) там же показал, что почва до глубины 75 см под 6—8–летними лесными полосами была до осени значительно влажнее, чем в поле. Он наблюдал подъем (на 2

м) уровня грунтовых вод весной под лесными полосами по сравнению с соседним полем, расположенным в 50 л от места наблюдения. Потока влаги в сторону поля не было замечено. В дальнейшем Н. А. Михайлов (1905) указал, что по сравнению со степью наступление максимума и минимума влажности почвы под лесными полосами запаздывает.

В Велико–Анадоле, в отличие от массивных насаждений, лесные полосы, находящиеся в условиях, способствующих скоплению снега, увлажняют грунт.

П. В. Отоцкий пишет: «Как бы то ни было, мы не можем на все лентообразные лесные посадки распространять те выводы, к которым приводят нас вышеизложенные исследования в сплошных массивах степной полосы, а именно, что в вегетационное время степные леса чрезвычайно иссушают грунт и понижают уровень грунтовых вод».

Г. Ф. Морозов, изучая гидрологические условия жизни подроста, выделил 5 типов распределения влаги в почве, занятой лесом:

1) верхний горизонт почвы в лесу имеет большую влажность, чем на безлесном пространстве в течение всего вегетационного периода или только до осени;

2) верхние горизонты почвы в лесу и на безлесном пространстве весной увлажнены одинаково, и это соотношение состояния влажности сохраняется в течение всего вегетационного периода;

3) верхний более влажный слой в лесу имеет не большую мощность (5 см), более же глубокие горизонты всегда, даже весной, суше, чем на поляне (Шипов лес);

4) верхние и нижние горизонты в лесу значительное время весной и в первой половине лета остаются более влажными, чем на безлесном пространстве (опушки, лесные полосы);

5) в поймах с близким уровнем грунтовых вод осенью после опадения листвы верхний горизонт почвы увлажняется за счет капиллярного поднятия воды.

К сильноиспаряющим древесным породам Г. Н. Высоцкий (1894) отнес вяз и берест, к среднеиспаряющим — клен остролистный, дуб, ясень, ильм, к слабоиспаряющим — татарский клен, боярышник, бирючину, крушину, бересклет, бузину. Меньше всего испаряли сосна обыкновенная и крымская.

Исследования влажности почвогрунтов в Велико–Анадоле были обобщены в капитальных работах Г. Н. Высоцкого «Гидрологические и геобиологические наблюдения в Велико–Анадоле» (1899—1900), «Биологические, почвенные и фенологические наблюдения и исследования в Велико–Анадоле в 1892—1893 гг.» (1901—1902) и «О взаимных соотношениях между лесной растительностью и влагой, преимущественно в южно–русских степях» (1904). В последней работе обобщены все имевшиеся к тому времени данные по изучению влажности почв под лесными насаждениями в нашей стране (Велико–Анадоль, Шипов лес, Черный лес и др.). В этих трудах Г. Н. Высоцкий пришел к выводу, что лес расходует влаги больше, чем сельскохозяйственные культуры и степная растительность. Различие во влажности почвогрунтов в лесу и в поле бывает большим в степях менее засушливых и в годы менее сухие, чем в местностях более сухих и в годы более засушливые. Средний суточный расход влаги в Велико–Анадоле в 1893 г. составлял в лесу 3,45 мм, в поле— 2,85мм.

Максимальный суточный расход влаги в лесу (6,8 мм) был больше, чем в поле (4,1 мм), «Лес начинает расходовать почвенную влагу позже поля, в половине мая, максимум расхода — в июле, затем этот расход сокращается более постепенно, чем в поле» (1929).

Г. Н. Высоцкий вместе со своим помощником А. В. Дуловым впервые применил метод вычисления десукции древостоя по водному балансу почвогрунта. Водный режим почвогрунтов он (1902) делит на два периода: накопления (с октября) и расходования (с мая или апреля) влаги.

А. В. Дулов (1904) опубликовал данные, показывающие, что дубовое насаждение в возрасте 25 лет транспирировало за лето 244 мм, а ясеневое —

262 мм, при осадках 377 мм за год и 200 мм за лето. Испарение с поверхности почвы в насаждении без покрова составляло 42 мм.

В том же году была опубликована статья Н. А. Димо (1904), где он приводит данные по влажности почвы в лесу и в июле в долине р. Вислы в окрестностях Новой Александрии и в основном подтверждает выводы, полученные в дубравах и других насаждениях Г. Н. Высоцким.

В начале этого столетия П. В. Отоцкий (1896, 1899, 1900, 1905, 1915, 1916) на основании исследований в лесостепной и лесной зонах европейской части СССР пришел к выводу о том, что лес понижает уровень грунтовых вод под своим пологом. Он (1905) считал, что лесные площади отдают в атмосферу количество влаги, почти равное атмосферным осадкам и потому не могут питать грунтовые воды.

Э. Анри (1906) во Франции полностью подтвердил выводы П. Отоцкого и подчеркнул, что они могут быть распространены на равнинные районы с неподвижной грунтовой водой. Возвращение этой воды при помощи лесной растительности во влагооборот атмосферы только полезно. Автор отмечает также сухость глубоких слоев лесных почв.

Наблюдения в Германии, Австрии, Швейцарии, Италии, Индии и в других странах, в общем также подтвердили выводы П. В. Отоцкого. Бельгийские исследователи отметили, что если разница в уровнях грунтовых вод остается та же под лесом и вне его, то значит расход воды в обоих случаях одинаковый (Э. Анри, 1906). Однако зимой различия бывают меньшими, чем летом, когда они определяются влиянием леса. Выводы П. В. Отоцкого были также подтверждены А. П. Тольским (1902).

А. Ф. Лебедев в 1909—1910 гг. специальными опытами с почвами в стеклянных трубках установил передвижение парообразной воды. В дальнейшем полевыми наблюдениями в Одессе и в Ростове–на–Дону он подтвердил передвижение парообразной воды из более глубоких горизонтов почвы и грунта в корнеобитаемый слой. Об этом говорили и данные, полученные Г. Н. Высоцким (Вёлико–Аиадоль), Б. П. Орловым (Средняя

Азия, 1928 г.), М. М. Самбикиным (Полтава), С. И. Тюремновым (Кубань), Ф. В. Чириковым, А. Мамогиным (Казань) и Н. А. Качинским (Москва).

На основании опытов, проведенных в Одессе, А. Ф. Лебедев пришел к выводу, что за счет конденсации паров атмосферного воздуха в поверхностном слое почвы за год образуется 60—100 мм воды. Эти данные он получил исходя из предположения, что за ночь конденсируется 0,3—0,5 мм воды, и такое явление наблюдается 200 дней в году. В 1914 г. за период с 26.X по 1. III он наблюдал в Одессе большие величины накопления влаги в двухметровом слое почвогрунта, чем количество выпавших осадков. Превышение составляло 66,2 мм, из них с 26.X до 16.XII—44,7 мм, а с 16.XII по 1.III—21,5 мм.

По его предположению в мертвом горизонте влажность (позднейшими наблюдениями других ученых это не подтвердилось) соответствует максимальной молекулярной влагоемкости и может передвигаться в пленочной форме.

Наличие горизонта с низкой влажностью оспаривалось Н. А. Качинским и Г. М. Туминым. Они считали, что если бы влажность была вычислена в объемных процентах, то не создавалось бы представления о сухости импермацидного горизонта [28]. Несостоятельность этого замечания была отмечена П. К. Фальковским (1935). А. Энглер в Швейцарии установил, что лес в горах путем транспирации расходует воды в 3–4 раза больше, чем выгон, луг и поле, но зато испаряет с поверхности лесной почвы в три раза меньше, т. е. суммарный расход на испарение воды в атмосферу лесными насаждениями по сравнению с сельскохозяйственными культурами не большой. Нужно отметить, что методика определения транспирации и испарения почвы была весьма несовершенной. Большую сухость лесной почвы Энглер объясняет испарением воды деревьями и зимой, а также рыхлостью лесной почвы, где хуже осуществляется капиллярный подъем воды снизу, а также меньше задерживается ее в корнеобитаемых слоях.

А. Энглер и Н. Бургер большое значение придавали крупным пустотам и каналам, образующимся в лесной почве на месте сгнивших корней, ходов животных, или в результате растрескивания почвы под влиянием ранних морозов и пр. По их данным, на просачивание воды на выгоне требуется в 50 раз больше времени, чем в лесу. Энглер считал, что уровень грунтовых вод в лесу может залегать ниже, чем в поле, в связи с более глубоким проникновением воды в лесном грунте по упомянутым ходам, которых в нелесной почве нет. Повышение уровня грунтовых вод на лесосеке он связывал с уплотнением почвы и заиливанием корневых ходов.

Н. А. Качинский (1924) опубликовал результаты изучения влажности почв в 1920–1923 гг. в Московской области в лесу и в поле. Запас доступной растениям воды в метровом слое почвы под осиново–березово–дубовым древостоем оказался во влажный год больше, а в сухой— меньше, чем под залежью (1927). Н. А. Качинский указал, что в первую очередь иссушаются горизонты, где есть корни, и критикует Г. Н. Высоцкого за то, что тот при взятии образцов почвы на влажность не учитывал генетических горизонтов и вычислял доступную растениям воду, принимая во внимание одну величину неусвояемой влаги (11% для всей толщи почвы и грунта до глубин 15 м). Поэтому для Н. А. Качинского весь балансовый расчет «мертвого», «живого» и «оборотного» запасов воды, сделанный Г. Н. Высоцким, представляется сомнительным [28;29;30].

Н.А. Качинский 1930 в работе « О влажности почвы и методах ее изучения». Влажность почвы определяется суммой факторов, которые грубо можно разделить на факторы вне почвы лежащие, но с нею сосуществующие, как климат, количество метеорологических осадков, рельеф (микро и макро) местности и т. д., и факторы, заложенные в самой почве, с нею нераздельно связанные.

У большинства авторов (имею в виду главным образом полевые работы) наибольшей детализации подвергнуто воздействие на влажность почвы признаков первой категории. Укажем на замечания одной из работ (А.

А. Измаильский — «Влажность почвы и грунтовая вода», 1894 г.), в которой детализация этих признаков проведена особенно подробно. А. А. Измаильский пишет: «Наблюдения показывают, что влага весьма неравномерно распределяется в одной и той же почве на соответствующих глубинах и на небольшом расстоянии между взятыми пробами. Ни самое незначительное углубление, ни небольшая местная покатость не остаются без влияния на влажность почвы». Как средство для избегания «индивидуальных» образцов, он рекомендует не брать пробы в местах, носящих в каком-либо отношении случайный характер [25].

В условиях подзолистых почв, в которых проводил исследования Н. А. Качинский (1924, 1927), действительно крайне важно брать образцы почв по генетическим горизонтам. Г. Н. Высоцкий же изучал черноземные почвы, где горизонты переходят друг в друга очень постепенно, не резко различаются по своим свойствам, в том числе и по количеству недоступной растениям воды.

В таких условиях по абсолютной влажности почвы на разных глубинах можно правильно судить о водном режиме почв и доступных растениям количествах воды.

С 1924 г. Г. Н. Высоцкий организует некоторые наблюдения за влажностью почв и уровнем грунтовых вод в лесах Белоруссии. В это время в пойме р. Волхов наблюдения над грунтовыми водами проводит Н. П. Порывкин (1927).

П. К. Фальковский (1935) подтвердил мнение А. Ф. Лебедева о том, что в почве, насыщенной влагой до максимальной молекулярной влагоемкости, инфильтрация происходит без резкого повышения влажности.

Промокание почвы в Тростянце начиналось в сентябре, а в мае прекращалось. Глубина промокания до влажности 17,5% изменялась в пределах 2,0—3,1 м и изредка достигала 4 м. Запасы воды весной в импермацидном горизонте (пятый метр грунта) на 30% меньше максимальной молекулярной влагоемкости и на 76% выше максимальной гигроскопичности. Отклонения в отдельные годы не превышали 5% .

Г. Н. Высоцкий и П. К. Фальковский (1935) считали, что импермацидный горизонт образуется путем высушивания грунта корнями растительности при отсутствии промачивания. Так как нижняя граница импермацидного горизонта в почвогрунтах Лесостепи под лесом находится на глубине 15,5 м, трудно представить, чтобы отдельные корки в дубравах, проникающие по водяным трещинам на большую глубину, могли столь равномерно иссушить всю массу грунта, как это наблюдается в импермацидном горизонте.

С 1932 по 1938 гг. К. Н. Дашкевич, В. Г. Епифанова, Ф. Н. Харитонович, а потом и И. Ф. Гриценко (1940, 1951) изучали влажность почв под лесными полосами.

Мариупольской агролесомелиоративной опытной станции и в соседних колхозах. Наибольшая влажность почв отмечена на опушках лесных полос. В почве под лесными полосами в течение всего вегетационного периода

И. Ф. Гриценко (1940) наблюдал большую влажность, чем в открытом поле. Самое большое различие отмечено весной в засушливом году. В почве под лесным массивом влажность была меньше, чем под полосой, но иногда бывала больше по сравнению с открытым полем.

В этот же период некоторые наблюдения за влажностью почв и грунтовыми водами были проведены на опытных станциях и опытных пунктах ВНИИАЛМИ.

В частности, Н. В. Родник в 1938—1939 гг. и Н. М. Горшенин в 1941—1942 гг. наблюдали весенний подъем неглубоко залегающих (4—7 м) грунтовых вод под лесными полосами Тимашевского участка. В открытом же поле такое явление не отмечено. В лесных полосах и вблизи от них 70—95% запасов весенних вод впиталось в почвогрунт и только 5% снеговых вод израсходовано на испарение. В открытом же поле даже на водораздельных участках было поглощено всего 25—66% снеговых вод. По Н. М. Горшенину (1956), подъем грунтовых вод на этом пункте наблюдался весной не только под лесными полосами, но и возле них в пределах 70—150 м.

В 1959 г. Ю. Ф. Готшалк опубликовал некоторые дополнительные материалы по изучению влажности почвогрунтов на Тростянецкой станции. На основании стационарного изучения (1930—1933 гг.) он показал большее увлажнение почв под лесосекой по сравнению с лесом.

Влажность почвы под клевером второго и третьего года пользования была выше, чем в лесу. Наиболее сухой почвогрунт был под густым лесом, несколько влажнее—под редколесьем и наиболее влажным на поле под свеклой. Запасы влаги в почве наибольшими были в «окне» (прогалине), на втором месте был молодняк и на третьем — спелый лес. В балке, покрытой лесом, влажность почвы была выше, чем в балке с задерненной почвой.

Запасы влаги на облесенном склоне весной были большими, чем на безлесном, а осенью они сравнялись. В заключение Ю. Ф. Готшалк разработал схему изменения запасов влаги в почвогрунтах в конце лета на разных элементах равнинного лесного ландшафта.

Наблюдения Тростянецкой станции и некоторые выводы Г. Н. Высоцкого были критически рассмотрены Д. Г. Смарагдовым (1940). Он считал, что «...вывод качественного характера о большем расходе влаги в атмосферу с небольших лесных площадок, по сравнению с расходом с таких же полевых площадок, нет основания отвергать по всем без исключения объектам исследований.

Заключение же об иссушающей роли леса по отношению к большим площадям равнин не может быть признано доказанным, так как оно сделано лишь на основании аналогии с малыми площадями и не обосновано данными, полученными в результате изучения этого явления с учетом разнообразия физико–географических условий больших площадей».

По наблюдениям Г. А. Харитонова (1949), в 1939 и 1940 гг. в Шиповом лесу в 127–летнем дубовом насаждении за счет накопления снега и сокращения поверхностного стока лесная почва получала в среднем за год на 107 мм больше воды, чем полевая.

В 1938—1939 гг. некоторые наблюдения над влажностью почв под — лесными полосами на Владимирской станции провели В. И. Лебедев (1939, 1940) и Б. И. Логгинов (1940), о чем будет сказано в следующем разделе.

В. И. Рутковский (1940) изучал влажность суглинистых почв под елово—лиственным и древостоями на Тосненской станции Ленинградской области, а Н. П. Роговой (1940, 1948) — песчаных, супесчаных и суглинистых почв в БССР.

Нам остается коротко осветить точки зрения некоторых ученых (почвоведов, лесоводов, гидрологов, климатологов и др.), которые хотя сами непосредственно и не изучали водный режим почв под лесной растительностью, но их взгляды нашли отражение в учебниках и научной литературе.

В начале XX в. В. Р. Вильямс (1948), вопреки выводам Г. Н. Высоцкого, писал, что «лес тратит меньшее количество воды, чем луговая растительность, а распространенное мнение о том, что истребление леса влечет за собой иссушение местности, не лишено основания...» В дальнейшем он, однако, отмечает наличие в степных почвах мертвого горизонта.

К. К. Гедройц полагал, что «главным фактором почвообразования является влага». По Л. С. Бергу, в Степи и частично в Лесостепи лес высушивает грунты, а в лесных областях это не наблюдается. Н. Лундегард (1930) отмечал, что если лес проник в степь, то водный баланс почвы изменяется в сторону большей влажности. Г. Р. Бергман и П. С. Кузин (1949) считали, что «Лес и поле являют собой диалектическое единство противоположностей, проявляемое в непрерывной борьбе влаги и тепла».

Исходя из данных Г. Н. Высоцкого и С. Ф. Храмова, Н. Н. Степанов (1932) тоже полагал, «что в степной полосе искусственно разведенный лес расходует влаги больше, чем степная растительность». Он указывал на необходимость различать скорость, или интенсивность, расхода воды из

почвы и его продуктивность. Скорость определяется временем и количеством влаги, испарившейся с единицы поверхности.

Влажность светло-каштановых в разной мере солонцеватых суглинистых почв на Юго-Востоке под лесными полосами изучали В. П. Козлов (1950), Ф. С. Черников (1951, 1954, 1957), Л. Т. Земляницкий (1950), Н. А. Качинский (1951, 1953), А. Ф. Макаров (1953), А. Ф. Вадюнина (1954), П. Д. Никитин (1959), И. Н. Антипов.

Каратаев (1959), С. Я. Краевой (1961). В. П. Козлов отмечает, что на светло-каштановых почвах Заветинского опорного пункта древесная растительность после израсходования влаги в корнеобитаемом слое (2 м) не погибает в связи с передвижением воды в жидком виде из нижних горизонтов. Такое же передвижение влаги наблюдал Л. Т. Земляницкий (1950), не указывая, в каком состоянии (жидком или парообразном) передвигается вода.

Ф. С. Черников (1954, 1957) обобщил результаты изучения влажности почвогрунтов в Заветном за 12 лет.

В 1949—1950 гг. в условиях светло-каштановых почв он наблюдал значительное превышение накопления влаги над количеством выпавших осадков. Он полагает, что за счет конденсации парообразной воды из глубоких горизонтов грунта в каждом метровом слое почвы под лесной полосой может накапливаться 15—20 мм воды.

В поле зимнее увеличение увлажнения было менее уловимо в связи с меньшим по сравнению с лесополосой иссушением почвы осенью. Под лесными полосами иссушение почвы было на 1 — 1,5% ниже величины полуторной максимальной гигроскопичности.

Ф. С. Черников (1954, 1957) сопоставил количество фактически израсходованной воды в лесной полосе с потребностью. Последнюю он определял по испаряемости, вычисляемой по Н. Н. Иванову. В первую половину лета водообеспеченность была в пределах 13—130%, а во вторую

половину — гораздо меньше (5—73%). За счет наносов снега весенний запас влаги в почве был довольно большим и служил основным источником воды.

Летние осадки составляли во влагообеспечении значительно меньшую долю.

А. Ф. Макаров (1953) под Волгоградом отметил благоприятный водный режим легкосуглинистых и супесчаных светло-каштановых почв под лесными посадками первого года жизни. Еще Г. Н. Высоцкий указывал, что в засушливых районах лесорастительные условия на легких по механическому составу почвах лучше, чем на тяжелых.

Н. А. Качинский и А. А. Роде (1954) считают, что сплошное, полосное и оазисное полезащитное лесоразведение, а также искусственный микрорельеф и глубокая вспашка являются основными мероприятиями по повышению влагообеспеченности этих почв [30].

Н. М. Милосердов в 1954—1961 гг. изучал режим влажности каштановых солонцеватых почв под лесными полосами на Партизанском опытном пункте в Херсонской области. В годы с большим количеством снега увлажнение почвы под лесными полосами плотной структуры достигало глубины 3—5 м, а под продуваемыми — до 1—2 м. Более раннее и более глубокое иссушение почвы при большом количестве снега наблюдается под продуваемыми полосами, а в бесснежные зимы — под плотными. Расход влаги лесными полосами плотной структуры всегда выше.

Влажность темно-каштановых почв под лесными насаждениями изучали Н. В. Родников, А. А. Романов (1951), Л. Т. Земляницкий (1950), Л. К. Серебрякова (1951, 1953), В. М. Докучаев (1956), П. Д. Никитин (1959), В. В. Лисовин (1959) и др.

А. А. Романов (1951) установил, что на темно-каштановых почвах Красноармейского опорного пункта (Куберле) сплошная вырубка кустарников в лесной полосе уменьшает снегоотложение, приводит к задернению почвы и усыханию насаждения из-за иссушения почвогрунта и неэкономного расходования воды. На участках, где кустарники были

вырублены на 50% и где они полностью сохранились, несмотря на большее снегонакопление, тоже наблюдалось усыхание отдельных деревьев дуба и ясеня. Влажность почвогрунтов под лесными полосами разного состава существенно не различалась, однако под дубово–гледичиевой и дубово–акациевой полосами она была несколько выше. На целине почва была иссушена больше, чем под лесными полосами [45].

Комплексные исследования южных черноземов, в том числе и влажности почв под лесной растительностью, в совхозе «Белые пруды» Волгоградской области в 1949—1953 гг. провели Е. А. Афанасьева, С. Н. Карандина, Т. Я. Киссис, И. Н. Оловянникова (1952—1955). Они установили, что расход влаги массивным насаждением из двухметровой толщи почвогрунта составляет 258—312 мм. В кленово–дубовом насаждении общий расход влаги из 4-метровой толщи достигал в 1950 г. 395 мм, в 1951 г.—281 мм. Расход воды из весеннего запаса в почве составлял в 1950 г.—64% от общего расхода, а в 1951 засушливом году—96% (Е. А. Афанасьева, 1954). В районах южных черноземов и темно–каштановых почв при высокой температуре и большой сухости воздуха указанных выше количеств воды, которые лесонасаждения могли взять из почвы, было недостаточно для хорошего их роста. С. В. Зонн (1959) отмечает особые, несколько нетипичные природные условия в Белых прудах.

В подзоне южных черноземов некоторые данные по влажности песчаных почв под лесными насаждениями были получены А. Г. Гаелем (1949) на второй террасе среднего Дона, А. А. Молчановым (1952) в Арчедин–ском–лесничестве и А. В. Судаковым (1960) на Нижнеднепровских песках [40].

Наиболее обширные исследования водного режима почв под лесными насаждениями проведены в подзоне обыкновенных черноземов. Мы уже осветили исследования С. Ф. Храмова, Г. Н. Высоцкого, А. В. Дулова, К. Н. «Пашкевича, В. Г. Епифановой, Ф. Н. Харитоновича, И. Ф. Гриценко в Велико–Анадоле и на рядом расположенной Мариупольской

агролесомелиоративной опытной станции. Сюда же относятся наблюдения И. М. Лабунского (1948—1952). Он сопоставил уровень грунтовых вод, который был замерен П. Земятченским и Г. Н. Высоцким в 1893 г., с наблюдениями 1946 г. и последующих лет и нашел во всех случаях значительный подъем их уровня. Прогрессивный подъем грунтовых вод в Велико-Анадоле, как уже отмечалось, Г. Н. Высоцкий (1929) наблюдал в течение почти 8 лет. Таким образом, наблюдения И. М. Лабунского не были новыми, а объяснение этому явлению он дал неправильное.

Подъем уровня грунтовых вод он объяснял только влиянием леса на прекращение стока поверхностных вод, снижением испарения влаги с поверхности почвы, улучшением водопроницаемости почвогрунтов за счет ходов корней и трещин, но совершенно не учитывал смены многолетних сухих и влажных периодов, на что указывал в свое время Г. Н. Высоцкий, а позже — В. И. Рутковский (М. Г. Пинчук, 1948). По И. М. Лабунскому, лес начал питать грунтовыми водами окружающие сельскохозяйственные земли. Подъем грунтовых вод часто наблюдался летом и поэтому главным источником питания грунтовых вод он считал воды ливней. Под влиянием леса, по его мнению, мертвый горизонт исчезает.

Он приходит к выводу, что хороший рост леса в Степи всецело зависит от подбора древесных пород, рекомендует древесно-теневой тип посадок для всех лесорастительных условий Степи и отбрасывает древесно-кустарниковый тип. И. М. Лабунский заявлял, что никакого критического возраста при росте лесных культур в Степи нет и рекомендовал создавать здесь массивные лесонасаждения.

Изучение обыкновенных черноземов под лесными полосами в Каменной степи, помимо упомянутых исследований влажности почв К. Э. Собиневского, Г. Ф. Морозова и Н. А. Михайлова, а также некоторых наблюдений П. П. Заева (1932), проводил и Г. Ф. Басов. В 1948—1954 гг. он опубликовал итоги наблюдений за режимом вод с 1892 г. и за поверхностным стоком. Грунтовые воды залегают здесь на глубине 3.7—10 м и находятся в

сфере влияния корневых систем древесных пород, почему лесорастительные условия в Каменной степи значительно лучше, чем в Велико–Анадоле. Сезонные и годовые колебания их уровня зависят от осадков, дефицита влаги в почве и барометрического давления. Питание грунтовых вод происходит весной и осенью. В противоположность И. М. Лабунскому, Г. Ф. Басов считал, что летние осадки проникают до грунтовых вод только в незначительных количествах, да и то только после длительных дождей. Лесные полосы к осени снижают уровень грунтовых вод, причем чем они шире, тем сильнее понижение. Весной в почвогрунте под полосами наблюдается повышенное стояние грунтовых вод, которые, по мнению Г. Ф. Басова, в течение лета пополняют таковые прилегающих полей. В зоне лесных полос грунтовые воды имеют запасы на 40—60 мм больше, чем на открытых полях. В Каменной степи наблюдаются многолетние колебания уровня грунтовых вод продолжительностью 10—12 лет. Суточная амплитуда колебаний уровня грунтовых вод была 0—6 см; месячная: осенью — 0—16 см, а весной—10—78 см; годовая — 72—295 см; многолетняя — 548 см. Систематическое понижение уровня под лесными полосами не отмечено. После дождливой осени и холодной зимы он (1949) наблюдал повышенный сток весенних вод. Почва под лесной полосой на склоне поглощала 425 мм воды.

В. В. Рахманов (1961) приводит данные Каменностепной гидрогеологической станции за 1954—1955 гг. по изучению влажности почвы до глубины 5 м под лесной полосой и в защищенном ею поле, показывающие увеличение зимой и донной влажности грунта, особенно под полосой.

На третьем участке экспедиции В. В. Докучаева в Деркуле, по сравнению с Велико–Анадольским и Каменностепным участками, исследования в прошлом были более ограниченными. Влажность почв изучалась только в течение одного сезона в 1898 г. С. П. Кравковым (1901). В послевоенные годы Институт леса АН СССР организовал здесь научно–

исследовательскую станцию по полезащитному лесонасаждению, на которой раз вернулись широкие комплексные исследования.

С. В. Зонн, В. Н. Мина, П. Д. Варлыгин (1953—1955) в 1950—1956 гг. и А. А. Молчанов (1962) изучали водный режим почвогрунтов под массивными и полосными насаждениями. Лесорастительные условия в Деркуле хуже, чем в Каменной степи и Велико–Анадоле, т. к. климат здесь засушливее, грунтовые воды залегают на недоступной для корней глубине, а черноземы переходные от обыкновенных к южным.

Водный режим обыкновенных черноземов под лесными полосами изучен был также на Росташевском участке (В. А. Бодров, Н. В. Родников, Н. М. Горшенин) и Тимашевском пункте (Т. П. Алифанова, П. Д. Никитин).

На последнем под узкими лесными полосами в связи с наносами снега наблюдалось сквозное протачивание почвогрунта и поднятие уровня грунтовых вод, как и в Каменной степи.

В 1959 г. П. Д. Никитин опубликовал результаты наблюдений влажности, проведенных на Тимашевском пункте в 1947—1955 гг. По его наблюдениям, старые лесные полосы расходовали значительно больше почвенной влаги, чем аллеи посадки и полевые культуры.

В среднем ежедневный расход влаги в весенний период составлял 3—5 мм, а в сухую и жаркую погоду 6—7 мм.

Летом из–за недостатка влаги расход ее уменьшался (1,5—3 мм). Автор считает, что на этом пункте лесные насаждения могли использовать капиллярный подъем грунтовых вод, находящихся на глубине 8—10 м. По приблизительному подсчету от коррективного подъема летом лесные полосы получают в день 1,5—2 мм влаги.

Однако не показан расход влаги из нижних толщ грунта, и поэтому сделанный вывод не аргументирован. Кроме того, в более поздней работе (1962) автор отмечает грунтовые воды на глубине 4–7 м [23].

Наиболее длительные и глубокие исследования водного режима почвогрунтов под дубравами Лесостепи проведены Почвенным институтом

АН СССР им. В. В. Докучаева в Центрально–Черноземном заповеднике Курской области и Институтом леса АН СССР в Тедлермановском лесу Воронежской области [23].

А. Ф. Большаков (1961) опубликовал монографию, в которой подвел итоги семилетнего изучения влажности мощного чернозема на двучленном наносе в целинной степи заповедника, в лесу, на поляне, на полях, на многолетнем паре. Лес расположен в верхней части пологого склона балки, к нему подтекают поверхностные воды с вышележащих по рельефу пространств. Поэтому он находится в условиях водопоглощающих насаждений, которые увеличивают влагооборот в почве, больше накапливая и расходуя воды. А. Ф. Большаков установил особенности водного режима почв на двучленном наносе. В весеннее время, когда почва пересыщена водой, он допускает возможность внутрипочвенного стока над горизонтом двух ярусов суглинка (на глубине 2 м) и считает, что осадки до 5 мм не поступают в почву, испаряясь с поверхности растений.

Наиболее эффективны в лесу, по его мнению, ливневые осадки. В годы с достаточным количеством влаги потребность в воде обеспечивалась, из 1,5—2-метровой толщи почвогрунта, а в засушливые годы влага использовалась до глубины 3,5 м. Среднесуточный расход влаги из почвы лесом был 3,8—4,5 мм, а в открытой степи—2,1—3,2 мм. Из толщи почвогрунта 3,5 м в условиях, благоприятных для экономного использования воды, лес в среднем за 7 лет расходовал ее 517—776 мм, т. е. такое количество, которое значительно превышает расход воды в подзоне южных черноземов даже в отдельные исключительно влажные годы, каким был 1952 г.

При подобных условиях влагообеспеченности растут высокобонитетные дубовые насаждения.

Почвенный профиль мощного чернозема по режиму влажности А. Ф. Большаков (1961) разделил на четыре зоны 1) увлажнения летними осадками,

2) верхняя сильного иссушения, 3) повышенного содержания влаги, 4) нижняя сильного иссушения [9].

В 1952 г. А. А. Роде (1952, 1954, 1955, 1960) опубликовал монографию по водным свойствам почв, где обобщил многочисленные исследования в этой области (С. П. Долгова, И. С. Васильева, Н. Ф. Созыкина, М. М. Абрамовой, А. Ф. Большакова и многих др.). Вместе с М. М. Абрамовой он установил закономерности передвижения капиллярно–подвешенной влаги и считает, что связность водной системы почвы определяет возможность подтягивания ее вверх. При некотором высушивании связность теряется и передвижение воды прекращается. Наименьшую влажность почвогрунта, при превышении которой влага приобретает способность передвигаться сплошной массой к местам расхода, названа влажностью разрыва капиллярной связи [42].

В 1956 г. А. А. Роде, развивая идеи Г. Н. Высоцкого, предложил различать пять типов водного режима почв с подтипами.

Тип I. Мерзлотные режимы.

Тип II. Промывные и периодически промывные режимы.

Группа А. Промывные.

Подтипы: таежный, полуболотный, болотный, грунтовотаежный, грунтово–полу болотный, грунтово–болотный, таежный глубоко промывной.

Группа Б. Периодически промывные.

Подтипы: лесостепной, степной потускулярный.

Тип III. Непромывные режимы.

Подтипы: степной с мощным сухим горизонтом, степной.

Тип IV. Выпотные режимы.

Подтипы: лугово–горно–степной, луговой, солончаковый.

Тип V. Ирригационные режимы.

Большинство этих типов и подтипов водного режима почв наблюдается в естественных лесах и в искусственных лесонасаждениях. Лесостепной подтип водного режима почв назван А. А. Роде так потому, что

он наиболее характерен для лесостепной зоны. Однако это не значит, что во всей Лесостепи господствует только этот подтип и что он встречается только в Лесостепи. По А. А. Роде, под лесами в Лесостепи наблюдается и степной подтип непромывного типа. Однако он допускает возможность выделения под лесонасаждениями в Лесостепи особого непромывного типа, если будут установлены отличия этого подтипа от степного [41;43;44].

Черноземы характеризуются уравновешенным увлажнением. В условиях степной зоны осадков выпадает столько, сколько их могло бы испариться за счет поступающего здесь тепла. Плодородие южных черноземов в первую очередь зависит от обеспеченности их водой.

Поэтому изучению водного режима почвогрунтов совместно с необходимыми элементами микроклимата под различными культурами было уделено основное внимание.

Более актуальные тенденции, касающиеся изучения вопроса водного режима почв будут описаны далее с результатами долгосрочных наблюдений и исследований.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Характеристика условий проведения исследований

Постановлением Президиума ВНИК был утвержден Центрально–Черноземный государственный заповедник им. проф.В. В. Алехина 10 февраля 1935 г. В данном Постановлении были указаны задачи заповедника, основной из которых являлось: «Сохранение целинных ственных участков в их сочетании с лесами всех типов (дубравы, боры, осиновые кусты) как комплекса природных условий северных степей для изучения степных биоценозов, процесса образования черноземов, взаимоотношения между лесом и степью, влияния леса на борьбу с засухой, определились научные обоснования наиболее рентабельного использования природных условий степей северной и средней степной полосы Европейской части СССР для сельского и лесного хозяйства».

В связи с этим научными сотрудниками в заповеднике проводится детальное изучение этого уникального природного комплекса. В лабораториях и в поле более 40 лет ведут свои исследования ботаники, почвоведы, зоологи.

Кроме того, заповедник представляет собой солидную научную базу для различных организаций и учебных заведений Москвы, Воронежа, Курска и других городов России. На его территории проводят исследования различные научные экспедиции, проходят производственную практику и выполняют дипломные работы студенты вузов.

При изучении растительности, животного мира, почв и почвообразующих процессов необходимо знать климат данной территории, учитывать его влияние, так как он является важнейшим компонентом всех биоценологических процессов, протекающих в природе. И потому вопросы климата неоднократно затрагивались в работах целого ряда исследователей: В. В. Герцык (1957 г.), Л. О. Большаков (1961 г.), Л. М. Грин (1965 г.), и др.

Но во всех этих работах изучались только некоторые гидрометеорологические экспоненты и компоненты климата. Так, Е. А. Афанасьева и В. В. Гордый анализировали температуру и осадки, Ю. Л. Раунер, Л. М. Ананьева и Н. И. Руднев – элементы теплового баланса. А. М. Грин и Е. П. Чернышев – элементы водного баланса и т. д.

Первая попытка обобщить накопленные материалы метеорологических данных и дать более полную характеристику климата была сделана в 1964 г. сотрудником УГМС ЦЧО Е.Н Можайкиным. Эта работа (в рукописи) находится в библиотеке заповедника и представляет определенную ценность. Но число лет, взятых для исследования (14), и количество показателей, используемых в работе для характеристики климата (25), явно недостаточно. Первое вносило определенную погрешность при вычислении статистических показателей, второе — не давало полной картины исследуемой территории.

В настоящее время накопился более богатый (27 лет) материал метеорологических наблюдений метеостанции заповеднике с 1947 по 1973 г. На основании анализа этих данных с использованием результатов исследований предыдущих авторов в настоящей работе сделана попытка дать более полную климатическую характеристику территории Центрально–Черноземного заповедника [18;19;38;39].

Анализ проводился на основании наблюдений метеорологической станции, расположенной на Стрелецком участке заповедника. Поэтому выводы, полученные в результате этой работы, могут быть распространены только на два участка: Стрелецкий и Казацкий, расстояние между которыми не превышает 15 км. Для остальных же участков заповедника приводятся только средние многолетние и крайние значения метеоэлементов по ближайшим станциям Госгидромета.

Стрелецкий участок Центрально–Черноземного заповедника расположен в средней части лесостепной полосы Среднерусской возвышенности, в бассейне р. Сейма, в 18 км к югу от г. Курска.

Площадь участка составляет 2048 га, из которых 911 га приходится на

степную целину, а оставшаяся часть распределяется между лесами: «Дуброшина» с «Соловьятником», «Петрин лес», «Дедов–Веселый» и маленькими лесными массивами «Бабка» и «Селеховы кусты».

Рельеф территории заповедника имеет мягкие очертания с преобладанием платообразных форм с пологими склонами, которые прерываются разветвленной сетью логов и оврагов, большей частью покрытых лесом.

Абсолютные высоты Стрелецкого участка достигают 263,5 м (у Откормсовхоза), Разница между наивысшими и наименьшими точками достигает 55 м (Откормсовхоз — устье Хвощева лога).

Увалообразные водораздельные элементы рельефа осложнены сильно развитым микрорельефом, наиболее распространенными формами которого на Стрелецкой степи являются блюдца, западины и бугорки различных очертаний и величин. По мнению А. Ф. Большакова [9], бугорковый микрорельеф обязан своим происхождением деятельностью почвообразующих животных: слепышей, сусликов, полевок и пр., а в прошлом и сурков. Что касается степных блюдец, то они, как полагает Большаков, образовались вследствие суффозии. В условиях преобладания нисходящего тока влаги, выщелачивавшего карбонаты, в углублениях происходило уплотнение грунтов в результате переупаковки частиц, как следствие наблюдалось проседание поверхности почвы.

Коренные породы представлены мергелями и мелом верхнемелового возраста, а также песчаными отложениями третичного периода. На коренных породах сплошным плащом залегает светлопалевый лессовидный суглинок, мощность которого на водоразделах в среднем достигает 2,5 м.

Почвенный покров заповедника представлен мощными черноземами.

На водоразделах наиболее распространенной почвой является мощный типичный и слабовыщелоченный тяжелосуглинистый чернозем.

Под лесами распространены тоже черноземные почвы. Химический и минералогический состав почвообразующих пород описан в работе

Е, А, Афанасьевой [4;5]. Рельеф, материнские породы и почвы Центрально–Черноземного заповедника и его окрестностей типичны для лесостепной полосы Среднерусской возвышенности.

Растительный покров заповедника в основном представлен целинной разнотравно–луговой растительностью, которая приурочена к водоразделам и приводораздельным склонам. Вторым полноправным членом естественной растительности в заповеднике является широколиственный дубовый лес.

Метеорологические наблюдения в Центрально–Черноземном заповеднике проводятся с 1937 г. В июне 1941 г. метеорологические наблюдения, как и все работы заповедника, были прерваны войной и возобновились только после ее окончания.

Никаких данных метеонаблюдений в довоенный период не сохранилось. И поэтому началом работы метеостанции можно считать дату возобновления ее работы после войны (1 июля 1946 г.). До 1947 г. программа наблюдений была очень неполной. Велись в основном бесприборные наблюдения над атмосферными явлениями и облачностью, а также наблюдения над скоростью и направлением ветра по флюгеру.

И только с января 1947 г. начались регулярные инструментальные наблюдения над основными метеорологическими элементами: температурой воздуха, атмосферным давлением и осадками.

Первоначально метеорологическая площадка располагалась в непосредственной близости от хозяйственного двора заповедника. Но по мере развития самого заповедника происходило изменение и местности, окружающей метеостанцию, приближались хозяйственные постройки, росли деревья, в расположенном рядом фруктовом саду, и окружающие сад ветрозащитные полосы.

В 1965 г. ветроломные полосы, находящиеся в непосредственной близости от метеоплощадки достигли 15–20–метровой высоты, а хозяйственные постройки приблизились вплотную к метеоплощадке. Закрытость горизонта по южному и юго–западному румбам была довольно

большой (рис. 2.1). Это вносило существенные искажения в метеорологические наблюдения, особенно над ветром и осадками. Поэтому 9 октября 1965 г, метеоплощадка была перенесена на новое место, которое находится в степи в 300 м от крайних хозяйственных построек заповедника. Определенная в 1971 г. закрытость горизонта по всем румбам оказалась незначительной (рис. 2.1). Это изменение в месте положения станции внесло соответствующее изменение в ряды наблюдений, которое необходимо было учитывать при обработке материала.

При сравнении рядов наблюдений над температурой воздуха и почвы особых различий обнаружено не было, и потому весь ряд наблюдений был принят как однородный. При обработке данных об осадках необходимо было учитывать изменение местоположение станции, а так же еще ряд существенных обстоятельств. Так, например, в июне 1958 г. дождемер с защитой Ниффера был заменен на более точный прибор — осадкомер Третьякова. Поэтому возникла необходимость в приведении показаний дождемера к показаниям осадкомера.

Кроме того, с 1 января 1966 г, в показания осадкомера стала вводиться дополнительная поправка на смачивание осадкомерного сосуда.

Следовательно, нужно было все данные по осадкам до этого года исправить еще и поправкой на смачивание. Прделав все эти операции, мы получили однородный ряд наблюдений по осадкам, который и использовали в данной работе.

Следует заметить, что в силу указанных обстоятельств данные по осадкам, приведенные в настоящей работе, несколько отличаются от данных по осадкам в более ранних работах Е. Н. Можайкина (1964 г.), А. Ф. Большакова (1961 г.), Е. А. Афанасьевой (1966 г.).

Кроме наблюдений над осадками, в заповеднике проводятся наблюдения над температурой воздуха и поверхности почвы, влажностью воздуха, атмосферными явлениями, направлением и скоростью ветра, метеорологической дальностью видимости, облачностью, снежным покровом

и состоянием поверхности почвы.

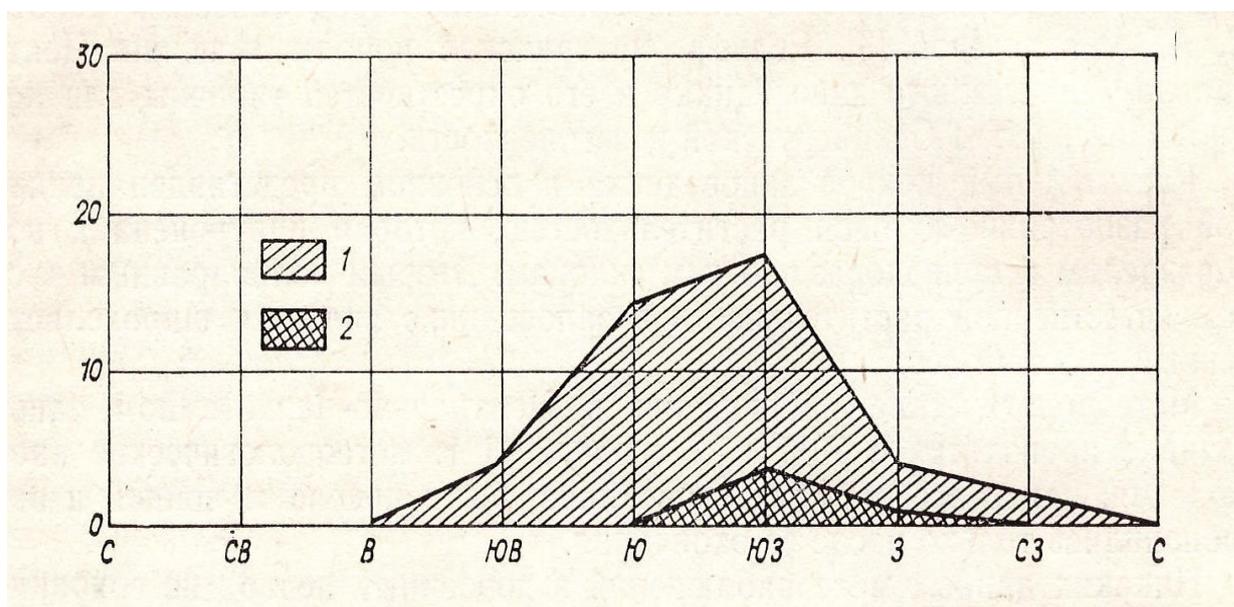


Рис. 2.1. Закрытость горизонта с метеоплощадки.

1) до переноса; 2) после переноса. По оси абсцисс—румбы; по оси ординат—высота .

Зимний период, под которым понимают период со средними суточными температурами воздуха ниже 0°C , продолжается 135 дней с 13/ХІ по 27/ІІІ .

В отдельные годы эта продолжительность может изменяться от 118 дней (1973 г) до 166 дней (1952 г.). Первую часть этого периода, до даты образования устойчивого снежного покрова (12/ХІІ) Галахов называет «предзимьем» [64]. Этот период продолжительностью 30 дней характеризуется частой сменой положительных и отрицательных температур. Дни с морозом, иногда очень сильным, сменяются внезапным потеплением. Твердые осадки (снег, снежная крупа) чередуются с жидкими (дождь, морось), а иногда выпадают вместе. Выпавший снег, как правило, долго не лежит. После этого периода, от даты образования снежного покрова, начинается собственно зима.

Количество солнечной радиации, достигающей поверхности земли, в

зимнее время очень мало. Суммарная радиация в декабре составляет от 1,0 до 1,5 ккал/см², прямая радиация при этом составляет 0,2—0,3 ккал/см². Вместе с общим уменьшением количества падающей радиации происходит изменение и в процентном соотношении между прямой и рассеивающей радиацией. Если летом (май—сентябрь) прямая радиация составляет более 50% от всей радиации, то зимой доля прямой радиации сокращается до 18% (январь). Этому способствует целый ряд факторов, главным из которых можно считать малую высоту солнца и увеличение облачности.

Кроме того, особенностью зимнего периода является отражение падающей радиации гораздо в больших размерах, чем в другое время. В период со снежным покровом (декабрь—март) в среднем 60–70% падающей радиации отражается назад в атмосферу вследствие высокого альbedo снежного покрова. Вот эта высокая отражательная способность снега на фоне уменьшения общего прихода тепла приводит тому, что радиационный баланс в течение почти всей зимы отрицателен, поскольку расходная часть баланса превышает его приходную часть. Переход радиационного баланса от положительных значений к отрицательным происходит в конце первой декады ноября, а обратный — во второй декаде февраля.

Наибольший отрицательный радиационный баланс отмечается в декабре, иногда в январе и достигает —0,4, —0,5 ккал/см². Сумма радиационного отрицательного баланса за весь период составляет —1,0—1,5 ккал/см². В отдельные годы минимальные значения радиационного баланса могут достигать в декабре и январе —0,9, —1,2 ккал/см².

В результате отрицательного радиационного баланса зимой происходит интенсивное выхолаживание. Температура почвы и приземных масс воздуха опускается ниже 0°С, что обуславливает образование нежного покрова, его накопление и сохранение в течение более или менее продолжительного времени. После своего образования снежный покров начинает сам оказывать существенное воздействие на местные климатические условия главным образом благодаря своему большому

альбедо.

Погода зимой пасмурная, ветреная с небольшими морозами. Средняя температура зимы (декабрь—март) — $6,3^{\circ}\text{C}$, минимальная температура редко опускается ниже — 30°C .

Самая холодная декада отмечена в феврале 1956 г., когда средняя за декаду температура составила — $27,4^{\circ}\text{C}$. Эту температуру можно считать нижним пределом декадных температур для заповедника. Самой же теплой была третья декада марта 1966 г, с температурой $3,1^{\circ}\text{C}$.

В периоды активной циклонической деятельности на юге и юго-западе ЕТС наиболее глубокие и развитые циклоны, проникая до центральных областей, приносят вместе с осадками, как правило, и резкое потепление. Иногда эти потепления весьма чувствительны, температура удерживается выше 0°C в течение 3—5 дней. И в то же время ежегодно в отдельные декады при вторжении холодного арктического воздуха возможны длительные понижения температуры до — 25 , — 28°C , а в исключительных случаях могут быть дни с морозом до — 35°C .

В первой декаде февраля 1956 г, была зарегистрирована самая низкая температура воздуха — $35,4^{\circ}\text{C}$.

Осадков зимой выпадает мало. За 4 зимних месяца (декабрь—март) выпадает 26% годовой суммы. Меньше всего осадков выпадает в феврале (30 мм). Но вместе с тем число дней с осадками зимой наибольшее, это объясняется тем, что осадки зимой выпадают очень часто, но, как правило, в таком малом количестве, что порой их не удается измерить. Очень часто зимой отмечают такие трудно поддающиеся учету виды осадков, как иней, различные виды изморози и др.

Осадки ливневого характера зимой очень редки. Более половины зимних осадков выпадает в твердом виде (снег, снежная крупа, снежные зерна). В среднем на долю твердых осадков приходится 53% суммы всех зимних осадков, 21 % приходится на долю жидких осадков (дождь, морось) и 26% на долю смешанных (мокрый снег, дождь со снегом и др.). Твердые

осадки образуют снежный покров, и в зависимости от процентного соотношения твердых, жидких и смешанных осадков в каждый конкретный год устанавливается снежный покров той или иной мощности. Так, в зимы 1953—54, 1956—57, 1959—60, 1963—64, 1967—68, 1969—70 гг. преобладание твердых осадков выразилось в установлении мощного снежного покрова (выше средней величины), который продержался до конца зимы. Жидкие и смешанные осадки выпадают в периоды потеплений и носят, как правило, непродолжительный, ливневой характер.

Снежный покров лежит в течение всей зимы, немного подтаивая и оседая при оттепелях, бывают отдельные годы, когда снежный покров разрушается полностью или частично в середине зимы (1969, 1971 и 1972 гг.).

Зимние оттепели—обычное явление, количество их от года к году может сильно варьировать, но бывают они ежегодно. Наименьшее число дней с оттепелью отмечается в середине зимы, в январе—6, феврале—7, наибольшее в начале и конце зимы (декабрь—12, март—15). Интенсивность и продолжительность оттепелей тоже разная, от нескольких часов до нескольких дней. Во время оттепелей нередко происходит выпадение жидких осадков, которые приводят к оседанию и уплотнению снежного покрова, в результате таких возвратов тепла с последующим похолоданием происходит образование снежных корок, иногда очень плотных, внутри и на поверхности снежного покрова. Количество таких слоев, как правило, соответствует количеству зимних оттепелей.

Погода зимой в основном пасмурная, среднемесячная облачность, как общая, так и нижняя, самая высокая в зимние месяцы (ноябрь—март). Средняя за период наблюдений нижняя облачность зимой составляет 6—8 баллов, а общая 8—9 баллов (табл. 2, 3). Резко возрастает число дней с туманами. Так, в ноябре, декабре и январе в среднем каждый третий день — с туманом.

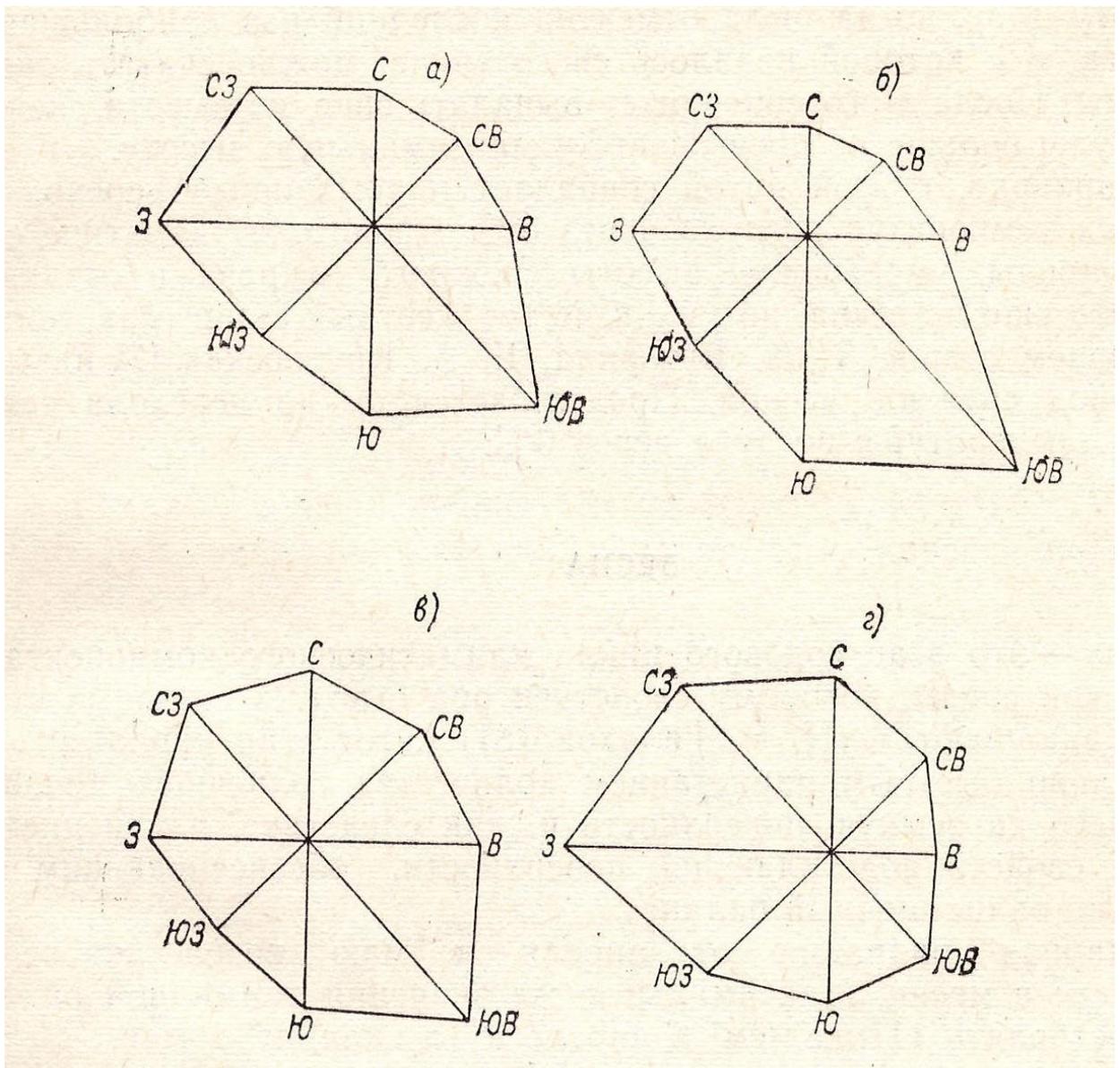


Рис. 2.2. Розы ветров.

а) год; б) ноябрь—апрель; в) май—июнь; г) июль—октябрь.

Зима —самый ветренный сезон года. Средняя скорость ветра в зимний период составляет 5—6 м/с.

Сильные ветры нередко вызывают метели, которые продолжаются иногда по несколько дней. Больше всего метелей отмечается в январе и феврале (соответственно 9 и 8). В отдельные годы число дней с метелью доходит до 16—17 в месяц, как, например, в 1952 и 1955 гг.

В феврале 1969 г. сильный ветер, разрушив снежный покров, вызвал пыльную бурю, которая продолжалась в течение почти целой декады.

Направление господствующих ветров в зимний период восточное и юго–восточное (рис. 2.2). Как правило, эти ветры и вызывают сильные продолжительные метели. Скорость ветра в отдельные периоды может достигать 20—24 м/с., а отдельных порывов до 30 м/с и более.

Ветры западного и северо–западного направлений зимой бывают значительно реже. Такие ветры, как правило, непродолжительны и не очень сильны. Они несут с собой теплый и влажный воздух с Атлантики и Западной Европы.

С началом марта зима вступает в свою последнюю фазу. Заметно увеличивается продолжительность дня, возрастают дневные максимальные температуры, увеличивается количество, интенсивность и продолжительность оттепелей, начинает подтаивать снег. Бывают случаи, когда снег полностью сходит в начале марта и больше не восстанавливается. Но, как правило, процесс снеготаяния начинается во второй половине марта, в конце второй— в начале третьей декады.

Вот эту дату, когда была отмечена последний раз наибольшая высота снега, и с которой началось снеготаяние, можно считать окончанием зимы. После этого еще может выпадать снег, но высота снежного покрова уже больше не превышает ту максимальную высоту.

Как правило, с этой датой совпадает и устойчивый переход максимальных температур воздуха через 0°C. Происходит заметное оживление природы, уменьшение высоты снежного покрова и оттаивание почвы. Т. Н. Буторина, Е. А. Крутовская [11] называют этот период снежной весной. Продолжается он до перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C.

«Весна—это этап годового цикла климатического компонента географической среды, которому свойствен ряд быстрых сезонных становлений в ландшафте» [10]. Этот этап характеризуется относительно быстрым нарастанием количества солнечного тепла, поступающего на земную поверхность и, как следствие, изменением физических свойств

подстилающей поверхности, обеспечивающим положительный радиационный баланс.

Суммарная радиация от апреля к маю возрастает от 9 до 13 ккал/см² в месяц. Максимальные же значения суммарной радиации могут составлять 11 ккал/см² в апреле и 15 ккал/см² в мае.

Это увеличение прихода солнечной радиации происходит за счет увеличения высоты солнца, продолжительности дня и общего числа ясных дней. Все это приводит к освобождению поверхности почвы от снега, а следовательно, к изменению ее альбедо, сокращается количество отраженной радиации (альбедо в апреле и мае равно 20%), и увеличивается количество поглощенной радиации, что приводит к быстрому оттаиванию и прогреванию почвы.

Соответственно возрастает и радиационный баланс. Месячные суммы баланса в апреле и мае составляют 3,9—6,7 ккал/см².

Начинается весна 28 марта с переходом среднесуточных температур воздуха через 0°С в сторону повышения и продолжается в среднем 59 дней. В этот короткий промежуток времени происходит быстрый рост температуры воздуха. Через две недели происходит устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 5°С (11/IV). Еще через 18 дней осуществляется переход через 10° (29/IV) и (26/V) весна заканчивается, о чем говорит устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 15°С.

Указанные здесь даты соответствуют средним многолетним срокам перехода среднесуточной температуры воздуха через указанные пределы, но в каждый конкретный год они могут сильно варьировать по отношению к средним.

В первую фазу весны, до даты перехода через 5°С, происходит постепенный сход снежного покрова и оттаивание почвы. Продолжительность этого процесса зависит от мощности снежного покрова и от величины теплового напряжения. Обычно рост температуры в этот период происходит довольно интенсивно. Бывают годы, когда даты перехода

температуры через 0 и 5°C совпадают или разница между ними очень мала: 2—4 дня (1950, 1951, 1952, 1960, 1962, 1965 гг.). В эти годы отмечен быстрый сход снежного покрова, быстрое оттаивание и прогревание почвы.

В другие же годы этот период затягивается до 20—30 дней и более (1953, 1954, 1957, 1961 гг.), а в 1955 г. этот период продолжался 43 дня (с 17/111 по 29/IV). Это, естественно, наложило свой отпечаток на процессы снеготаяния, оттаивания, прогревания почвы.

Следующий период между датами перехода температуры воздуха через 5 и 10°C, характеризуется также быстрым нарастанием температур и возобновлением вегетации многих травянистых и древесно-кустарниковых пород. В среднем этот период продолжается 18 дней, но в отдельные годы он может сокращаться до 1—3 дней (1954, 1955, 1957 и 1963 гг.) или увеличиваться до 30 дней (1951, 1956, 1961 и 1962 гг.). В зависимости от этого изменяется и скорость пробуждения живой природы.

Следующий период (между датами перехода температуры воздуха через 10 и 15°C) продолжается несколько дольше. Средняя его продолжительность 27 дней, но в отдельные годы она может изменяться от 5 до 8 дней (1961 и 1967 гг.) до 50 дней (1955, 1968 и 1969 гг.).

Таким образом, в зависимости от конкретных климатических условий продолжительность весеннего периода в целом может значительно отклоняться как в ту, так и в другую сторону. Наиболее продолжительные вёсны за годы наблюдений отмечались в 1947, 1951, 1959, 1961, 1968 и 1969 гг. (70 и 80 дней), а в 1955 г. отмечена самая затяжная весна (97 дней). Наиболее короткими были вёсны 1949 и 1967 гг. Их продолжительность составила соответственно 37 и 34 дня. В 1963 г. была отмечена самая короткая весна, продолжавшаяся всего 21 день.

За два весенних месяца выпадает в среднем 94 мм осадков или 16% годовой суммы. Осадки весной выпадают главным образом в жидком виде, и только в начале весны (первая декада апреля) возможны и твердые осадки в виде снега или мокрого снега

Весной уменьшается количество облачности и увеличивается число ясных дней, уменьшаются скорости ветра и выравниваются розы ветров. Если в апреле еще преобладают ветры южного и юго-восточного направлений, то в мае такого преобладания уже нет.

Лето начинается 26/V и продолжается 100 дней по 2/IX включительно. Сроки наступления этих дат могут как позже, так и раньше, но в целом продолжительность летнего сезона меняется незначительно. Наиболее коротким было лето 1970 г. (76 Дней), а наиболее продолжительным—1963 и 1967 гг., соответственно 137 и 128 дней.

Летний сезон характеризуется наибольшей продолжительностью дня при максимально возможных для данных широт высотах солнца над горизонтом. Это обеспечивает получение поверхностью наибольшего в году количества суммарной солнечной радиации, которое возрастает в июне—июле до 14,6—14,3 ккал/см² в месяц. Радиационный баланс в это время тоже достигает наибольших значений (8,0—7,5 ккал/см² в месяц).

Альbedo поверхности летом сравнительно невелико и однородно. Альbedo степных участков 20%, а лесных—18%, Следовательно, количество поглощенной солнечной радиации летом составляет примерно 80% суммарной.

Приход наибольших в году количеств солнечной радиации обуславливает интенсивное прогревание почвы и приземных масс воздуха, Средние суточные температуры воздуха колеблются в пределах 15 – 25°С, а максимальные температуры нередко достигают 30°С и более.

Еще больших величин достигает температура поверхности почвы. В дневные часы она нередко нагревается до 40—50°С и выше.

В летний период, когда относительная влажность воздуха в своем годовом ходе опускается до минимальных значений, а весенние запасы влаги почти полностью исчерпаны, большое значение приобретают атмосферные осадки, их количество и интенсивность.

В среднем многолетнем выводе летний сезон увлажнен достаточно

хорошо. За три летних месяца (июнь—август) выпадает 34 % годовой суммы осадков—больше, чем в любой другой сезон года. Но в отдельные годы эти суммы осадков могут сильно варьировать. И если увеличение осадков в наших условиях оказывает только благоприятное действие, как, например в 1948—1950, 1958, 1963—1965 и 1969 гг., то уменьшение осадков в этот период приводит возникновению засух и к резкому снижению урожайности (1951, 1959 и 1970 гг.).

Суховейные явления отмечаются, как правило, при сухих восточных или юго—восточных ветрах, сопровождаются они резким падением относительной влажности воздуха до 30% и ниже и прекращением выпадения осадков на более или менее длительный период на фоне высоких дневных температур. Все это может привести к резкому несоответствию между количеством влаги, необходимой для роста и развития растений, и ее фактическим наличием в почве, что в конечном счете может вызвать необратимый физиологический процесс увядания и отмирания растений.

Необходимо отметить, что бездождный период—это еще не засуха. При достаточных запасах влаги в почве (например, весной) и высокой относительной влажности воздуха сам по себе бездождный период не страшен. Наибольшую опасность представляют бездождевые периоды в конце весны в начале лета, когда идет интенсивное накопление вегетативной массы растениями и их потребность во влаге резко возрастает.

Летние осадки в отличие от зимних носят преимущественно ливневой характер. Известны случаи, когда за сутки выпадало 115 мм осадков (14/VII 1964 г.). Поэтому число дней с осадками летом значительно меньше, чем зимой, несмотря на общее увеличение количества выпадающих осадков.

Летом отмечается наибольшее количество ясных дней и наименьшая в году облачность. Направление преобладающих ветров летом меняется на западное и северо — западное. Скорости ветра летом наименьшие и составляют 3,5— 10 м/с.

По определению Галахова [11]: «Осень — это этап годового цикла климатического компонента географической среды, характеризующийся убыванием количества солнечной радиации, поступающего на земную поверхность и обуславливающего переход к установлению отрицательного радиационного баланса подстилающей поверхности, обострением термических контрастов между широтами и между материками и океанами, приводящими к усилению циркуляционной деятельности атмосферы и внешне выражающимися в ряде относительно замедленных сезонных становлений в ландшафте».

Осенью осуществляется ликвидация летних условий становления предпосылок зимнего сезона и прежде всего—уменьшение количества солнечной радиации. Суммарная радиация уменьшается от 7,5 ккал/см² – в сентябре до 1,7 ккал/см² – в ноябре, а радиационный баланс соответственно от 3,2 ккал/см² до 0,3 ккал/см² в месяц. Это уменьшение прихода солнечной радиации происходит за счет уменьшения высоты солнца над горизонтом, продолжительности дня и общего числа ясных дней.

Начинается осень 4/IX с переходом среднесуточной температуры воздуха через 15°С и продолжается в среднем 70 дней но 12/X включительно. В этот период происходит постепенное падение температуры воздуха со всеми сопутствующими этому процессу явлениями.

Осень, как и весна, является переходным сезоном года, промежуточным звеном между основными этапами годового климатического цикла—летом и зимой. Но климатические изменения осенью приносят несколько медленнее, чем весной. «Осень наступает и развивается в отличие от весны в условиях состояния воздушной среды, которая в это время года значительно богаче водяным паром и больше запылена (наследие летнего сезона), что усиливает экранирующие свойства атмосферы и сезонное охлаждение деятельного слоя земной поверхности замедляется» [64]. Термическое состояние самого деятельного слоя земной поверхности осенью существеннее чем весной: он обладает известными запасами тепла, что

обуславливает определенную инерционность в протекании климатических процессов. В связи с этим продолжительность периодов между датами перехода через соответствующие пределы осенью несколько растянута.

Первая фаза осени между датами перехода среднесуточной температуры воздуха через 15 и 10°C продолжается в среднем 22 дня. Но в определенные годы эта продолжительность может меняться от 2 до 3 дней (1952;1960 гг.) до 50 дней (1961, 1962, 1969 гг.). Характерным знаком этой фазы является заметное уменьшение количественных показателей радиационных факторов. Уменьшается продолжительность солнечного сияния и убывают суммы тепла и прямой солнечной радиации, что обуславливается развитием циклонической погоды и увеличением в связи с этим облачности.

Начало осени характеризуется значительным развитием осенних фенологических процессов. У листвы подавляющего большинства древесных и кустарниковых растений в это время начинается осенняя раскраска, а у ряда растений начинается листопад. Усиливается осенняя миграция птиц.

Вторая фаза сезона между датами перехода температуры через 10 и 5°C характеризуется становлением процессов и явлений, типичных для переходного сезона. В дневные часы, благодаря еще значительному прогреву воздушных масс, наблюдаются условия летней погоды. Температура воздуха еще поднимается до 20°C и выше, однако ночью начинает заметно сказываться радиационное выхолаживание приземных масс воздуха и увеличивается вероятность заморозков. Убывает продолжительность солнечного сияния и количество прямой солнечной радиации.

В этот период особенно резко бросаются в глаза сезонные изменения в живой природе. Наблюдается массовая раскраска листьев у большинства деревьев. Одновременно идет и листопад. Продолжается миграция птиц.

Вторая фаза продолжается в среднем 24 дня (с 25/IX до 19/X). В отдельные годы эта продолжительность может меняться от 2 до 8 дней (1949, 1957, 1963 и 1965 гг.) до 40 дней (1948, 1960, 1966 и 1967 гг.).

Третья и последняя фаза сезона между датами перехода среднесуточной температуры воздуха через 5 и 0°С характеризуется заметным похолоданием. Продолжительность солнечного сияния и количество прямой радиации продолжают убывать. В конце этой фазы радиационный баланс меняет свой знак. Ночные заморозки становятся обычным явлением, а часто и днем температура воздуха опускается ниже 0°С. Именно в этот период обычно отмечается первый снег.

К фенологическим явлениям, свойственным этому периоду, относится окончание процесса осенней раскраски листвы, массовый листопад, продолжение миграции птиц. С датой окончания этого периода совпадает и дата установления первого снежного покрова.

В среднем многолетнем этот период продолжается 24 дня, но в отдельные годы его продолжительность может меняться от 3 до 10 дней (1953, 1955, 1961, 1967) до 51—57 дней (1948 и 1949).

В течение осеннего сезона выпадает 130 мм осадков или 23% годовой суммы. Количество осадков, выпадающих в каждый из трех осенних месяцев (сентябрь—ноябрь), почти одинаково (в среднем по 45 мм), но характер их выпадения резко различен. Если в начале осени (сентябрь) преобладают осадки летнего типа (ливневые), то в ноябре они носят, как правило, обложной характер. Кроме того, во второй половине октября и особенно в ноябре возможно выпадение смешанных и твердых осадков.

Осенью усиливается преобладание западных ветров и возрастают их скорости.

Термический режим территории является важнейшей климатической характеристикой, определяющей вид и распределение осадков, запасы снега, снеготаяние, промерзание почвы и т. д.

Исключительное значение имеет температура воздуха для всех физиологических процессов, происходящих в организме растений и животных.

Рассматриваемая территория расположена в зоне умеренно холодного

климата. Степень континентальности района по А. А. Борису [66] равна 41—50%. Средняя годовая температура воздуха $5,3^{\circ}\text{C}$. Самыми холодными месяцами года являются январь и февраль (соответственно— $9,1$ и $-8,6^{\circ}\text{C}$), самыми теплыми—июнь, июль, август (соответственно $17,4$, $19,0$ и 18°C).

Как видим, в многолетнем разрезе самым холодным месяцем является январь, но самая низкая среднемесячная температура зарегистрирована в феврале ($-19,2^{\circ}\text{C}$) в 1956 г. Именно этот год имел и самую низкую годовую температуру ($3,0^{\circ}\text{C}$). Несколько теплее, но тоже довольно холодным был и 1969 г., когда средняя за год температура воздуха оказалась равна $3,9^{\circ}\text{C}$. В основном же годовая температура воздуха колеблется в пределах от $4,5$ до 6°C . Июль же по праву считается самым теплым месяцем.

Среднемесячные температуры января и февраля близки, как и температуры июня, июля и августа. Это говорит о том, что эти периоды (январь—февраль и июнь—август) наиболее устойчивы в термическом отношении. Ход температуры от месяца к месяцу довольно ровный, без резких колебаний.

В отличие от них период подъема температуры (март— май) и период падения (сентябрь—ноябрь) характеризуется резким изменением температуры от месяца к месяцу. Особенно резкая смена температуры происходит от марта к апрелю. Здесь период температур составляет $10,3^{\circ}\text{C}$, а в отдельные годы может достигнуть 20°C и более.

Такое резкое повышение температуры вызывает быстрое таяние снега, прогревание почвы и возобновление вегетации растений.

Осеннее понижение температуры происходит более плавно. Так, от августа к сентябрю, от сентября к октябрю и от октября к ноябрю падение температуры происходит в каждом случае на $5—6^{\circ}\text{C}$.

Средние месячные температуры воздуха одних и тех же месяцев могут колебаться в довольно больших пределах. Наибольшей амплитудой колебаний отличается температура зимних месяцев. Так, в феврале она достигает $17,3^{\circ}\text{C}$. Разница между средними температурами самого холодного

(январь) и самого теплого (июль) месяцев составляет 20°C .

В отдельные годы эта величина может достигнуть 40°C .

Среднемесячные температуры довольно общие, хотя и необходимые характеристики термического режима. Они не могут дать четкого представления о внутримесячном ходе температуры, о том, какие величины температуры наиболее и какие наименее вероятны в данном месяце.

Последняя декада января и первая декада февраля являются самыми холодными в году. Это своего рода климатическая середина зимы, после которой заметна тенденция к потеплению. Самая теплая—вторая декада июля ($19,6^{\circ}\text{C}$). Разница между самой теплой и самой холодной декадами составляет 30°C , если сравнить между собой только средние температуры. В некоторые годы эта разница может превышать 50°C ,

В теплую половину года температурный ход более ровный по сравнению с ходом в холодный период. Возможные отклонения среднедекадных температур от средней многолетней летом не превышают 15°C (в редких случаях больше), зимой же эти отклонения могут превышать 10°C как в ту, так и в другую сторону. Так, в 1966 г. средняя за первую декаду февраля температура воздуха составила $27,4^{\circ}\text{C}$ при средней многолетней $-10,2^{\circ}\text{C}$. Это объясняется тем, что зима в наших районах неустойчивая, с частой сменой холодных арктических вторжений и глубоких продолжительных оттепелей, чередование которых и приводит к резким колебаниям среднедекадных температур воздуха.

В температурном отношении год делится на две неравные части: теплую и холодную. Теплой частью принято называть период между датами перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C весной и осенью. В условиях заповедника он продолжается 230 дней (с 28/III по 12/XI), но может изменяться от 271 до 187 дней.

Продолжительность теплого периода ежегодно сокращается заморозками, которые кончаются значительно позже устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C весной и начинаются раньше этого перехода

осенью. Средняя дата прекращения заморозков весной 28/IV, а средняя дата начала заморозков осенью 3/X. Таким образом, средняя продолжительность безморозного периода составляет 158 дней в отдельные годы она может изменяться от 116 до 207 дней.

На почве продолжительность безморозного периода сокращается еще больше и составляет в среднем 129 дней; наименьшая—94 дня, наибольшая— 173 дня.

Даты наступления и прекращения заморозков определенным образом связаны со среднесуточными температурами и суточной амплитудой температуры воздуха. Сравнение даты наступления безморозного периода с началом периода со среднесуточной температурой воздуха выше 10°C показывает, что они наступают почти одновременно (29/IV) и продолжительность этих периодов тоже почти одинаковая (150 и 158 дней).

Известно, что эта величина в большой степени зависит от состояния неба.

Зимой на фоне отрицательных температур разница между дневными и ночными температурами, как правило, незначительна. Летом же в дневные часы воздух прогревается до 25–30° С, ночью охлаждается до 10–15° С, а в тихие и ясные ночи до 10—12° С. Отсюда и большая величина амплитуды в теплое время года.

Минимальная температура воздуха, отмеченная на высоте 2 м в психометрической будке, в среднем несколько выше минимальной температуры различных поверхностей, например поверхности растений поверхности почвы. Однако эти данные более точны и сравнимы, чем данные по температуре указанных поверхностей, что следует учитывать при их использовании.

Абсолютный минимум температуры, так же как и средний, сильно варьирует из года в год.

Наблюдения над температурой поверхности почвы в заповеднике ведутся с 1957 г. Измерения проводятся на метеоплощадке на постоянном

оголенном участке размером 3х4 м.

Измеряется максимальная, минимальная и срочная температура.

Согласно исследованиям С. А. Сапожниковой, данные на почвенных термометров соответствуют температуре поверхностного слоя почвы толщиной 0,5—1,0 см, а не самой поверхности, поэтому измеряемая температура в дневное время несколько ниже, а в ночное—выше, чем действительная температура поверхности почвы. Однако поверхность почвы является деятельной поверхностью, которая играет большую роль в процессах теплообмена, в условиях среды, определяющей произрастание растений и др. Поэтому температурные характеристики поверхности почвы, вычисленные даже с такой точностью, имеют большое практическое и теоретическое значение.

Водяной пар является неустойчивой составной частью атмосферы, содержание его сильно меняется в зависимости от времени года, циркуляционных особенностей атмосферы, состояния поверхности почвы и даже от времени суток. О влажности воздуха можно судить по величине упругости водяного пара, содержащегося в воздухе, относительной влажности воздуха, а также и по недостатку насыщения воздуха водяным паром.

Упругость водяного пара, или абсолютная влажность, на рассматриваемой территории обуславливается сравнительно большой повторяемостью циклонов, с которыми связаны приход влажных воздушных масс атлантического происхождения и осадки.

В теплую часть года содержание водяного пара увеличивается еще за счет испарения с поверхности водоемов, болот, с поверхности почвы и транспирации. В условиях заповедника отсутствуют две первые группы испаряющих поверхностей. Но поскольку атмосфера не является статическим телом, то над территорией заповедника поочередно оказываются то влажные морские воздушные массы, то теплые и сухие массы воздуха, приходящие с юга и юго-востока азиатского материка.

В зимнее время упругость водяного пара в воздухе наименьшая. С марта начинается увеличение упругости водяного пара, особенно резко при переходе от мая к июню. В июле значения упругости водяного пара достигают максимума затем снова начинается падение.

Относительная влажность воздуха, характеризующая степень насыщения воздуха водяным паром, меняется в течение года в широких пределах. В годовом ходе относительная влажность представляет картину, противоположную годовому ходу абсолютной влажности: максимум зимой (декабрь—январь), минимум летом (май—июнь). Идет равномерное понижение относительной влажности, от зимы к лету, от лета к зиме—повышение.

Суточный ход относительной влажности тоже противоположен суточному ходу упругости водяного пара. Ночью в течение всего года значения относительной влажности высокие (90—100 %), днем ниже. Но значения относительной влажности днем в большой степени зависят от времени года. Зимой разница между дневными и ночными значениями относительной влажности невелика, а иногда и совсем отсутствует. Поэтому суточный ход относительной влажности зимой сглажен. Летом же разница между дневными и ночными значениями бывает очень большой. В отдельные дни (сухие периоды) значения относительной влажности днем (12—15 ч) могут опускаться до 20% и ниже. В такие дни суточная амплитуда может достигать 60—80%.

Суточные колебания относительной влажности обуславливаются прогреванием воздуха днем и охлаждением ночью. Следовательно, чем больше суточная амплитуда температуры воздуха, тем больше и амплитуда относительной влажности. Причем суточный ход относительной влажности обратен суточному ходу температуры. Минимальная относительная влажность приходится на 13—15 ч, а максимальная—на 4—6 ч.

Зимой (декабрь—январь) суточная амплитуда относительной влажности уменьшается до 2—5%, с увеличением продолжительности дня, а

с уменьшением облачности заметно увеличивается и суточная амплитуда относительной влажности воздуха.

Важной характеристикой влажности воздуха является повторяемость дней с низкими значениями относительной влажности (меньше 30 %) в любой из сроков. При такой низкой влажности и достаточно большой скорости ветра (больше 10 м/с) создаются благоприятные условия для быстрого иссушения почвы. Такие дни называются суховейными. И если наблюдается подряд несколько таких суховейных дней и это может отрицательно сказаться на росте и развитии растений, особенно травянистых, корневая система которых находится в верхнем слое почвы.

Недостаток насыщения воздуха водяным паром, или дефицит влажности, находится в обратной связи с относительной влажностью воздуха. Чем больше относительная влажность, тем меньше дефицит и наоборот, чем меньше влажность, тем больше дефицит.

Зимой (декабрь—февраль) при высокой относительной влажности и низкой температуре воздуха дефицит составляет всего лишь 0,3—0,4 мбар. Начиная с марта он увеличивается, достигая максимальных значений в июне и июле. Весной и осенью, периоды понижения и повышения относительной влажности воздуха, дефицит тоже быстро изменяет свою величину.

Суточный ход недостатка насыщения тоже хорошо выражен летом, т. е. в период наиболее резких изменений относительной влажности.

По времени суток максимальные значения недостатка насыщения приходятся на те же часы, когда отмечается минимум относительной влажности (13–15 ч).

По значениям дефицита тоже можно составить представление о влажности воздуха. Высокие значения дефицита, так же как и низкие значения относительной влажности, могут быть вредными и даже опасными для живых организмов.

Осадки над территорией ЦЧО в течение всего года определяются главным образом циклонической деятельностью. Осадки, связанные с

местной циркуляцией, даже летом составляют незначительную долю.

Центрально–Черноземный заповедник находится в зоне умеренного увлажнения. Годовая сумма осадков значительно превышает величины годового испарения.

На территории заповедника более 20% процентов осадков выпадает в твердом виде, эти осадки формируют снежный покров. Он является влиятельным фактором формирующим климат в зимний период. У снега большая отражательная способность, поэтому более 70% падающей радиации направляются обратно в атмосферу. А у свежеснег выпавшего снега альбедо достигает величины 80% .

Не стоит забывать и о значении снега, как термоизолятора, имея низкую теплопроводность, он не позволяет почве сильно промерзнуть, а многолетние растения под снегом имеют больше шансов выжить.

Так как заповедник расположен в двух типах ландшафта, а именно в лесу и степи, то и наблюдения за данным параметром разделяются по условиям. Проводятся ежедневные наблюдения за высотой и характером залегания, а также снегомерные съемки.

Появляется снежный покров практически в то же время, когда среднесуточная температура опускается до 0⁰С. Колебания в сроках выпадения снега из года в год сильно отличается и порой достигает разницы более чем в месяц. Первый снег обычно не устойчив и тает быстро.

Если между выпадением и установление постоянного снежного покрова разница между лесной и степной зоной не большая по времени, то полный сход снега в лесу, как правило на пару недель задерживается, относительно степи. Это объясняется и разницей в количестве попадающей солнечной радиации и высотой снежного покрова. Появляется устойчивый снежный покров в основном в конце ноября, разрушается в середине апреля.

Однако, далеко не вся влага, образовавшаяся после разрушения снежного покрова впитывается в почву, существенная часть этой влаги пополняет речные и овражно–балочные сети, при чем объемы стока не

постоянны и зависят от величины влагозапасов снежного покрова, интенсивности его снеготаяния и характера подстилающей поверхности.

2.2. объекты и методы исследований

Исследование по определению изменений влажности почв в слое до 3–х метров проводилось на основе материалов, которые были получены на территории заповедных участков ФГБУ «Центрально–Черноземный государственный природный биосферный заповедник имени профессора В.В. Алехина [3;32;33].

В процессе исследований проанализирован водный режим целинных почв в природном лесостепном ландшафте под естественной растительностью в режиме абсолютного заповедования, а также в условиях леса и многолетнего пара. Анализировались первичные исходные величины, а именно влажности почв (в % к сухому весу почвы).

Многолетние данные о влажности мощных черноземов являются уникальными, т.к. наблюдения на протяжении всех лет, начиная с 1946 г. и по настоящее время, ведутся по одной методике. Важным является тот факт, что влажность почвы изучается в толще большой мощности – от 0 до 3–х м.

Участок заповедника, где ведутся наблюдения, расположен в юго–западной части Среднерусской возвышенности, в 20 км к югу от г. Курска. Рельеф заповедника представляет собой не однородные по высоте выпуклые водоразделы, расчлененные балками. Склоны балок задернованы, современная эрозия не выражена. Водоразделы плавно переходят в приводораздельные склоны. Абсолютные высоты водоразделов около 250 м. над уровнем моря.

Почвообразующая порода – светло–палевый лессовидный суглинок двучленного сложения. Верхний тяжелый суглинок мощностью 2–3 м подстилается средним пылеватым суглинком, граница между наносами большей частью нерезкая. Двучленное сложение материнской породы

существенно сказываются на водном режиме мощных черноземов. Грунтовые воды на территории заповедника расположены на глубине 13–16 м. Питание почв влагой осуществляется при атмосферных осадках со среднегодовой суммой за столетний период с 1897 по 1996 гг., составляющей 590 мм. Средняя многолетняя сумма осадков холодного периода за этот же срок наблюдений составила 245 мм и теплого периода – 345 мм. Пополняются влагой мощные черноземы в осенне–зимне–весенний период. Максимальные запасы влаги в почве бывают, в основном, весной после разрушения снежного покрова. Почвенный покров заповедника как в степи, так и в лесу представлен как правило, мощными типичными и выщелоченными черноземами, тяжелосуглинистыми по механическому составу.

Осадки в летний период обычно напитывают влагой лишь верхние слои почвы до 20 см почвы. Но бывают летние месяцы с интенсивным выпадением осадков, тогда мощные черноземы могут промокнуть до одного метра, возможно и больше. Подобная активность летних осадков явление редкое. В пополнении запасов влаги в почве, в определенные годы, существенную роль играют осенние осадки, так как в данный период расходы влаги на транспирацию и физическое испарение сравнительно мал. В целом водный режим мощных типичных и слабовыщелоченных черноземов лесостепной полосы Среднерусской возвышенности относится к периодически промывному типу.

Изучались черноземы типичные мощные в соответствии с действующей классификацией черноземы миграционно—мицелярные под разнотравно–луговой степью.

Методика определения влажности почвы в заповеднике проводилась по А.А. Роде (1960). Определение влажности почвы основано на термостатно—весовом методе. Образцы почвы брались почвенным буром. Влажность почвы определялась до глубины 3 м, послойно, в каждом 10–сантиметровом слое (в верхних 10 см через каждые 5 см: 0–5 и 5–10 см).

Повторность при взятии образцов до глубины 1 м принята четырехкратной, ниже, от 1 до 3 – х м, – двухкратной. Влажность почвы определена в процентах от сухого веса почвы. Следует отметить, что частота наблюдений за режимами влажности почв не одинакова, а наблюдения в течение всего года; только в течение вегетационного периода – с апреля по октябрь, один раз в месяц; летом наблюдения могли проводиться с периодичностью дважды в месяц.

Проводился анализ метеорологических данных, полученных на метеостанции заповедника «Стрелецкая степь» (Стрелецкого участка) с постоянными восьмисрочными наблюдениями. Комплекс этих параметров, представленный по годам разнообразен: ежемесячная сумма осадков, средняя температура поверхности почвы, число дней с атмосферными явлениями, средняя температура воздуха, экстремальные значения температуры воздуха и поверхности почвы, высота снежного покрова зимой, результаты снегомерных съемок, климатическая характеристика года по сезонам, климатические особенности года исследования. Для задач нашего исследования первостепенное значение имели такие показатели, как ежемесячная сумма осадков, средняя температура воздуха для расчета и построения графиков изменения ГТК.

ГЛАВА 3. ИЗМЕНЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ ЗАПОВЕДНЫХ УЧАСТКОВ ЛЕСОСТЕПИ НА ФОНЕ ВНУТРИВЕКОВОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

3.1. Анализ метеорологических данных в условиях векового тренда антициклогенеза и циклогенеза

Анализ метеорологических данных в условиях векового тренда антициклогенеза и циклогенеза начался с исследований Э.А. Брикнера с его научными утверждениями был согласен известный климатолог А.И. Воейков, который более 100 лет назад в 1901 г. опубликовал данные о циклических внутривековых изменениях климата, отметив при этом, что в Западной Азии циклы не совпадают по срокам с европейскими. Самыми наглядными были изменения климата в засушливых районах (в Северном Казахстане, на юге Западной Сибири), где они показывались по уровню наполнения озер.

Многие ученые климатологи считают, что сочетание большого количества света и тепла с высоким плодородием почв способствовало переходу лесостепной и степной зон Русской равнины в высокопродуктивные агроландшафты. В лесостепной и степной зонах производится большая часть товарного зерна и животноводческой продукции.

Основным фактором, который снижает продуктивности почв, является дефицит влаги, это в большей мере актуально для зоны степей. В степных регионах засухи являются привычным процессом и для определенных частей данных территорий различаются только частотой и интенсивностью. Мировой производственный кризис в 2010 году, создал необходимость существенно увеличить цены на сельскохозяйственную продукцию, это ещё больше указывает на важность скорейшего решения проблем связанных с обеспечением влагой почв.

Решение данной проблемы можно частично решить путем орошения, однако, интенсивное развитие этого метода в ряде регионов лесостепной и степной зон повлияло на переувлажнение многих территорий, что впоследствии может привести к засолению сельскохозяйственных земель и деградации высокопродуктивных черноземов. Данные обстоятельства создают необходимость для разработки теоретических основ управления гидрологическим режимом почв, его связи с климатом и управлением этих процессов в границах их взаимосвязи [4;8;9;47].

Как сказано выше, еще в конце XIX в. русскими учеными Э.А.Брикнером и А.И.Воейковым [37] выдвигались гипотезы о циклических изменениях климата, то есть смена прохладно-влажных и тепло-сухих периодов в интервале 35–45 лет. Затем данные научные утверждения были рассмотрены глубже и шире А.В.Шнитниковым (1957, 1969) в виде стройной теории о внутривековой и многовековой изменчивости климата и общей увлажненности материков Северного полушария.

А.В. Шнитников считал, что период отдельных внутривековых «брикнеровских» климатических циклов колеблется от 20–30 до 45–47 лет, на фоне которых развиваются циклы с меньшей продолжительностью в 7–11 лет. В каждом втором «брикнеровском» цикле максимальные и минимальные значения температуры и влажности сильно превышают внутривековые показатели и классифицируются как циклы векового масштаба проявления. Вековые циклы, в свою очередь, развиваются в интервале 60–80 лет, приближаясь в северных районах к 90 годам.

После 1950-х годов – по 2000-е годы, в условиях внутривековой прохладно-влажной фазы климата, развивается обратная тенденция – многовековая тепло-сухая эпоха согласно циклов Брикнера [46].

К тому же вековая тенденция потепления и внутривековой рост увлажнения создают разные комбинации в климатических трендах. Повышение скорости таяния ледников, как итог вековой тенденции потепления с одной стороны и увеличение объемов зимних осадков, как

следствие внутривековой прохладно–влажной фазы – с другой, вызывают ощутимое увеличение стока рек, повышенное влагонакопление в отдельных регионах и последующий быстрый перенос накопленных водно–воздушных масс, которые выпадают в виде обильных дождей или снегопадов в несвойственных ранее районах. Вековые тепло–сухие фазы создают благоприятные условия для развития жары и засухи, а определенные моменты их старта выпадают большие объемы осадков на локальные территории. Следствием вековой и внутривековой климатических тенденций, а также векового гелиогеоритма являются обильные снегопады и крупные наводнения, проявившиеся в 2004–2006 гг. по Западной Европе, Американским континентам, Австралии, землетрясения последних лет на Сахалине и в Японии, Иране, Турции, Индии, цунами 2004 г. в странах юго–восточной Азии [26]

Данные полиномиального сглаживания хода средних летних температур воздуха и средних летних количеств атмосферных осадков дают возможность построить модель поведения климатических циклов, начиная с конца 19 века и по настоящее время. На рис. 3.1 показано волнообразное изменение метеорологических данных, которые подтверждают чередование фаз циклогенеза и антициклогенеза в соответствии с циклами Брикнера. Фаза циклогенеза, отмеченная на рисунке 3.1, начинается с 1902 года и заканчивается в 1935 году. После чего наступает определенная температурная норма в фазу антициклогенеза, когда волна осадков и температуры находится в равновесном состоянии, которое затем, постепенно, начиная с конца 40–х годов сменяется фазой циклогенеза. Главной особенностью данной фазы можно назвать повышенную увлажненность и уменьшение средних температур. В этот период на территории заповедника было выполнено определение почвенной влажности – одного из основных показателей климатической изменчивости.

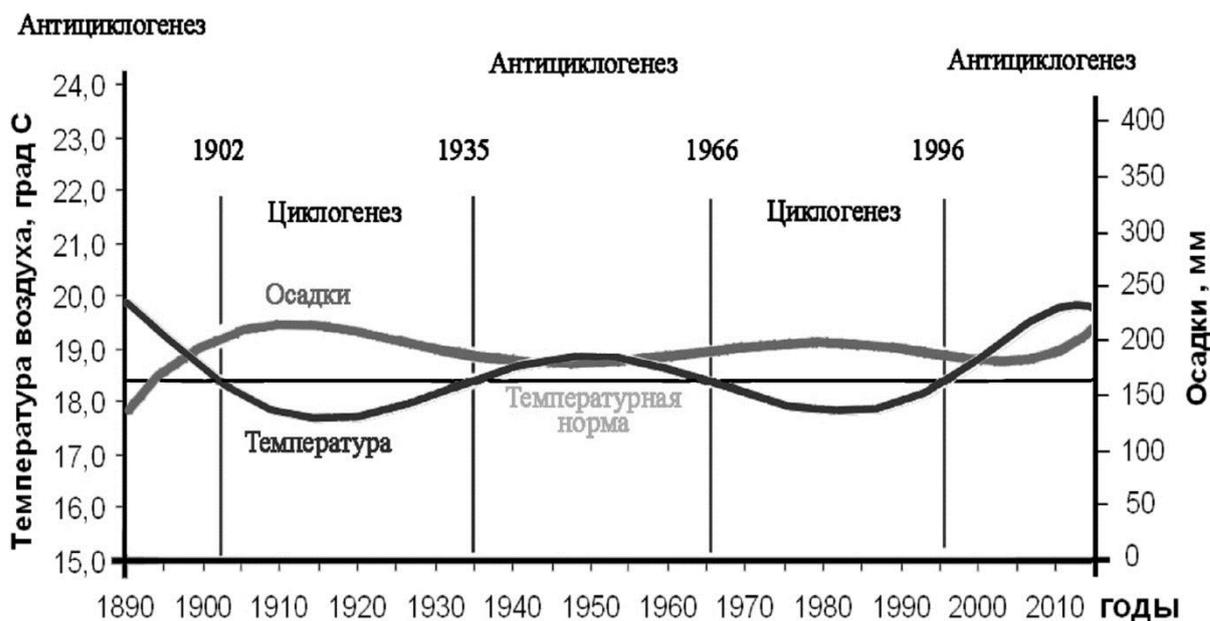


Рис. 3.1. Циклы Брикнера по данным полиномиального сглаживания хода средних летних температур воздуха и средних летних количеств атмосферных осадков (июнь–август) [37]

Проведена обработка данных по многолетней динамике влажности почв на абсолютно заповедном участке с целью нахождения особенности откликов параметров влажности на короткопериодические внутривековые климатические флуктуации в природных условиях лесостепных ландшафтов. Выбор данного участка обоснован тем, что необходимо было исключить влияние антропогенных факторов. Для этого подготовлены вариационные ряды данных для выявления климатообусловленных реакций почв за длительный период с 1946 г. по 2016 г.

На рис. 2 показана динамика влажности почвы в метровом слое, этот слой максимально показательно реагирует на изменения в климате. За период исследований, представленный на графике, почвенная влажность изменяется в зависимости от климатических параметров, а именно от количества выпавших осадков и температуры воздуха. Период исследования составляет 55 лет от 1946 до 2000 гг.

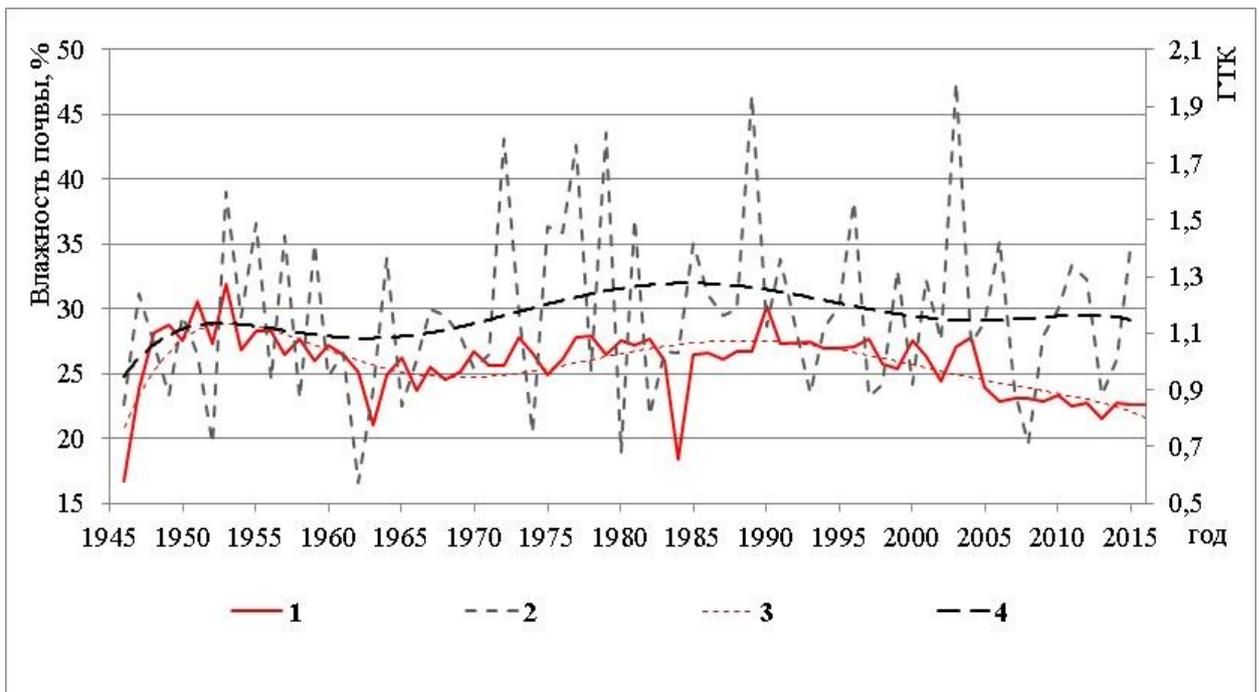


Рис. 3.2. Динамика влажности чернозема типичного в метровом слое на заповедном участке (1 – Влажность почвы (в % к сухому весу почвы), 2 – значения ГТК, 3 – полиномиальная кривая влажности почвы, 4 – полиномиальная кривая ГТК).

Чтобы увидеть отклики влажности почвы на короткопериодические климатические флуктуации нами проанализированы гидротермический коэффициент и полевая влажность почв, выраженная в %. Для описания представленного ряда наблюдений за влажностью почв и установления тренда ее динамики использовали полином 6–ой степени. Построенный полином помог выявить засушливые и влажные периоды. В засушливый период влажность почв в среднем составляла 25.0 %, во влажный – 27.4 %. За изучаемый период определена умеренная связь между влажностью почвы и ГТК ($r=0.51$). При этом видно, что запаздывание изменений значения влажности почв от значений ГТК находится в пределах 3–х лет.

Общая направленность климатического процесса тяготеет в сторону увеличения значений ГТК, т.е. увлажненность территории на фоне роста

положительных температур за время исследования нарастает. Замечено уменьшение континентальности климата.

На представленном графике (рис. 2) полиномиальные влажность и ГТК в период с 1946 по 1950 гг. находятся в близких диапазонах. После 1950 по 1956 эти данные накладываются друг на друга, что говорит о полной зависимости этих параметров друг от друга в указанный период. Начиная с 1960 начинается новый цикл, он завершается в 2000 годы, полиномиальная кривая влажности очень схожа с кривой ГТК, период цикла до 40 лет, соответствует Брикнеровскому.

С 2000 гг. наблюдается расхождение кривых. Кривая, характеризующая ГТК, снижается до минимальных значений с 1.28 до 1.1. Кривая влажности, так же имеет тренд на снижение, но ее форма отличается от кривой ГТК, у них есть взаимосвязь, но она меньше, чем была до 2000 годов. За весь исследуемый период, продолжительность низких значений влажности самая долгая, более 10 лет. Это связано со множеством факторов, но для полного объяснения и подтверждения существующих версий необходимо еще время для проведения исследований, в результате которых современные тенденции зависимостей ГТК и влажности покажутся в полной мере и будут ближе к завершению цикла Брикнера.

Стоит указать на то, что влажность почвы миграционно—мицеллярного чернозема заповедного участка степи в абсолютно заповедном режиме описывается внутривековой цикличностью в зависимости от синоптических изменений в составе климатических факторов. [21].

3.2. Выявление состояния влажности почв черноземов мицеллярно—карбонатных в условиях абсолютного заповедования

Для пространственно—временного анализа исследуемых почв, выделения областей увлажнения и недостатка влаги в почвенном профиле

нами были составлены хроноизоплеты влажности 3–х метровой толщи миграционно—мицелярного чернозема (рис. 3.3).

Получено двухмерное отображение зон с определенной влажностью почвы, в % к сухой почве хронологически связанное с метеопараметрами температуры воздуха и количеством выпавших за период исследований осадков по вегетационным периодам отдельных лет. Эти данные представляют единый ряд изменения влажности почв со среднегодовыми значениями всех показателей, используемых в анализе.

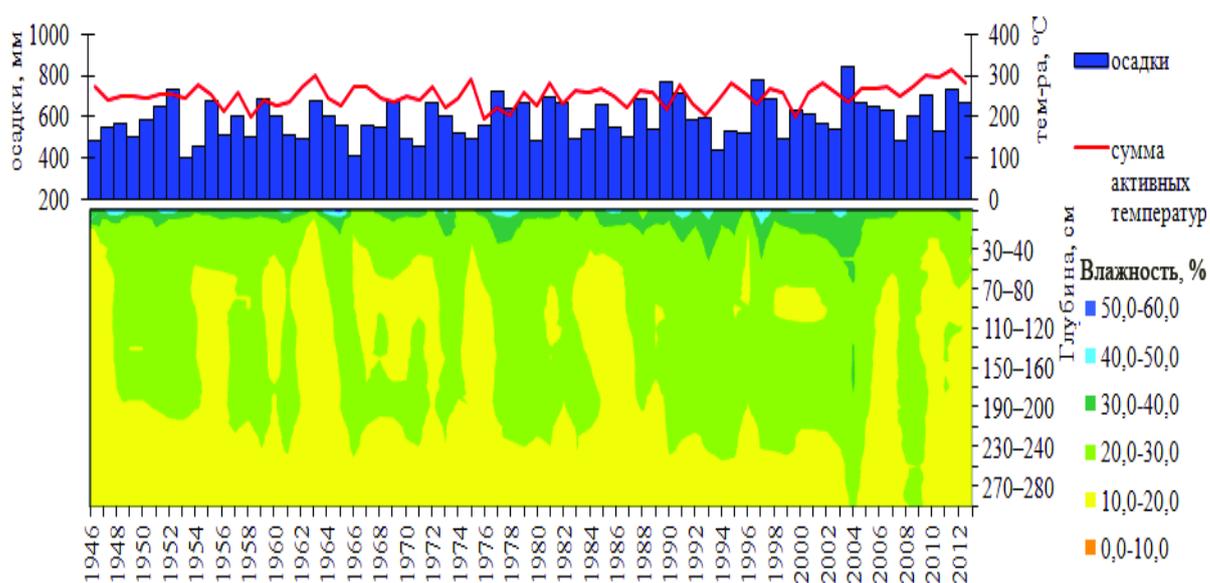


Рис. 3.3. Хроноизоплеты влажности 3–х метровой толщи миграционно—мицелярного чернозема, (среднегодовые значения за теплый период влажности почвы в % к сухому весу почвы).

Области почвы разбиты на шесть классов, на которых демонстрируется влажность почв: 0–10 %; 10–20 %; 20–30 %; 30–40 %; 40–50 % и 50–60% реально зафиксированных в почвенном профиле.

Графическое отображение областей с определенными значениями влажности весьма наглядно для выявления отклика почвы, обусловленное изменениями климатических показателей. Пересчет влажности из % в мм через объемный вес по слоям почвы и определение категорий доступности почвенной влаги для целей нашего исследования, состоящего в выявлении отклика на климатическую изменчивость, не имели целесообразности.

Продельвая анализ временного графика влажности чернозема, можно выявить закономерность в распределении областей увлажнения и иссушения в слое почвы до 300 см. На рис. 3.3 выделяется несколько областей состояния влажности почвы. До 1948 г. значения показателей влажности в % к сухому весу почвы неравномерны от 10 до 20 %. С 1948 по 1954 гг. наблюдается нарастание влажности вплоть до 2-х метров, при этом влажность составляла преимущественно 30–40 %. Характерной чертой данного периода является сравнительно неглубокое промачивание. Такие же переменные изменения в состоянии почвенной влажности затрагивающие разновременные интервалы наблюдались в следующие периоды: 1955–1956, 1957–1962, 1963–1965 и 1966–1969 годы, т.е. в указанные периоды фазы иссушения сменялись фазами увлажнения.

В вегетационном периоде каждого года встречается неоднородные изменения по месяцам, обусловленная соответствующими метеорологическими особенностями, что увеличивает общую изменчивость количественных параметров влажности почв, отраженных на рисунке 3.3.

Так же временный интервал отличается длительным влажным периодом с 1977 г. по 1984 г. Промачивание почвы увеличивалось до глубины 2,5 м. Наблюдается чередование сухих сезонных периодов, сменяемых влажными фазами различной по длительности. На глубине 250–300 см в 1988 и 1989 годах отмечается иссушение данного слоя до 10 %.

Но с 1989 г. по 2005 г. усиление увлажненности территории и увеличение глубины промачивания до 3,0 м. Практически происходит смыкание зон увлажнения в интервале 30–40 %. Исключение составляет области сезонного уменьшения влажности по профилю. С 2006 г. и до конца периода наблюдения, заметно нарастание зон с влажностью почвы от 10 до 20 %. Выделяются пространственные области на глубине более 2-х метров с влажностью от 0 до 10 %. В этот период заметна тенденция к нарастанию положительных температур, которые процессы испарения делают активными и иссушают почву на значительную глубину.

Проведенный анализ многолетних данных режима влажности черноземов не противоречит и схож с закономерностями, которые были установлены исследователями А.Ф. Большаковым, В.В., Герцык, А.А. Роде, Г.С. Базыкиной, О.С. Бойко, С.В. Овечкиным, Г.С. Базыкиной на протяжении 50 лет. Но современный тренд динамики климата, наблюдающаяся в начале XXI века однозначно изменяет режимы и свойства черноземов лесостепной зоны, которые так же являлись в нашем исследовании объектами [6;7;35].

Логично, что особое внимание в процессе исследований выделено для рассмотрения трендов режима влажности миграционно—мицелярных черноземов под разнотравно—луговой степью в настоящее время. Когда сранивались многолетние метеорологических показателей погодных условий и параметры водного режима трехметровой толщи черноземов заповедной степи и в процесс анализа временного интервала с 2006 по 2013 гг. было выявлено, что с увеличением увлажнения атмосферы и температуры за 7 лет участились случаи сквозного промачивания черноземов в результате осенне—зимней влагозарядки, которая у них возрастает.

Анализ метеорологических данных, предоставленных метеостанцией, работающей на территории заповедника показывает, что изучаемый промежуток времени накладывается на фазу антициклогенеза (по Брикнеру). Этот хроносрез имеет особенность, аномально высокие температуры при обильном увлажнении, это однозначно влияет на критерии влажности мицелярно—карбонатных черноземов и их режимов.

На рисунке 3.3 отвечены области влажности на уровне диапазона ВРК – НВ в диапазоне до 50 % на глубинах 30–40 см в период времени с 2000 по 2005 гг., что подтверждает не постоянное сквозное промачивание, проявившееся в период обильного увлажнения. Ниже этого слоя отмечается влага на уровне ВРК. На глубинах до 2,5 м и вниз до 3 м видна зона соответствующая ВЗ. Её можно считать стабильной во времени, однако, с 2006 г. территория иссушения распространяется на вышележащие слои почвенной толщи, в определенные периоды доходя до поверхности.

Интенсивность протекания процессов иссушения возрастает в почвах во времени – так выделяются фрагментарные зоны меньше влажности завядания на различных глубинах в 2007 г., 2010 г., 2012 г., 2013 г. Подобная тенденция имеет место быть и в почвах южных степей, она не характерна для мицеллярно–карбонатного чернозема.

Выявляя отражения внутривековой климатической динамики в изменениях режимов влажности целинных черноземов на примере заповедного участка им. Алехина, можно сделать вывод, что влажность почвы является наиболее остро реагирующим показателем, что дает возможность рассматривать его в качестве индикатора внутривековой изменчивости климата.

ГЛАВА 4. ОТКЛИКИ ЧЕРНОЗЕМОВ МИЦЕЛЯРНО–КАРБОНАТНЫХ В УСЛОВИЯХ ЛЕСНОГО ЦЕНОЗА И МНОГОЛЕТНЕГО ПАРА НА ВНУТРИВЕКОВУЮ КЛИМАТИЧЕСКУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

4.1. Анализ состояния влажности почв в условиях лесной растительности

Для того, чтобы сделать анализ состояния влажности почв в условиях лесной растительности на территории заповедника, мы составили хроноизоплеты влажности 3–х метровой толщи миграционно—мицелярного чернозема (рис. 4.1). Но в данном анализе временной ряд больше, до 2016 года. Эти данные также представляют единый ряд изменения влажности почв со среднегодовыми значениями всех показателей, используемых в анализе.

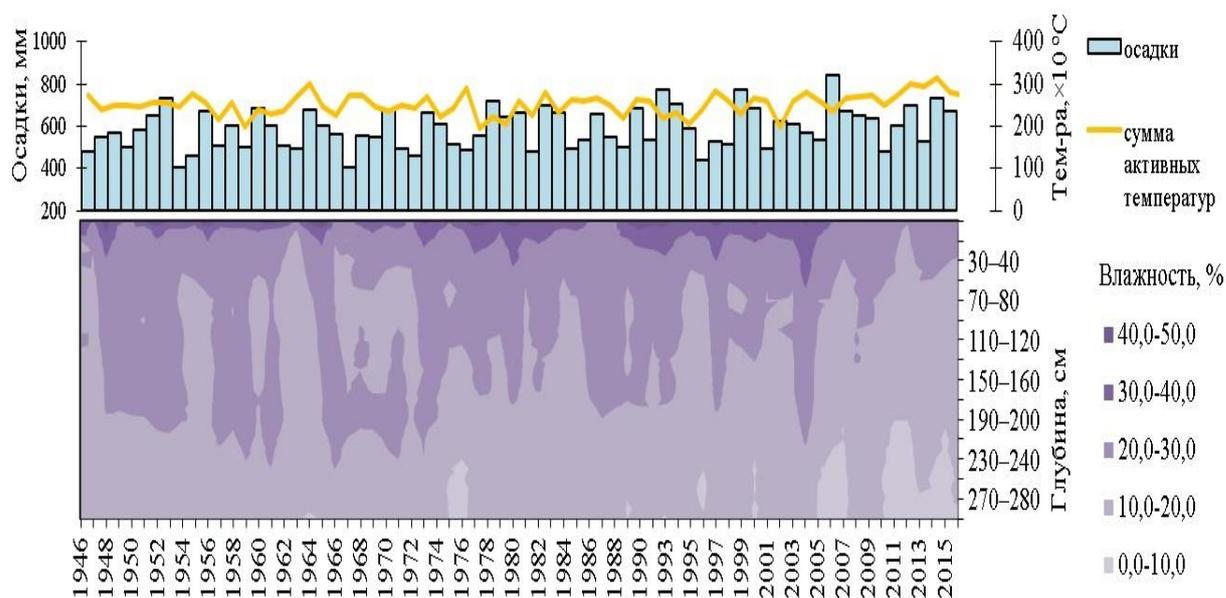


Рис. 4.1. Хроноизоплеты влажности 3–х метровой толщи миграционно–мицелярного чернозема, в лесных условиях (среднегодовые значения за теплый период влажности почвы в % к сухому весу почвы).

Области почвы разбиты не пять классов показателей влажности почв, а на 5: 0–10 %; 10–20 %; 20–30 %; 30–40 %; 40–50 % реально зафиксированных в почвенном профиле.

На данном графике, проявляется неоднородность промачивания почв и наблюдается определенная зависимость влажности от осадков и температурного режима в исследуемый период.

На графике видно, что после 1954 года показатель влажности, который до этого периода в слое до 200 см. достигал значений свыше 30%, сменился в диапазоне глубин 50–200 см. на 20 % порог. Известно так же, что в этот период суммы активных температур превысили 2500° С за год, а осадки наоборот были низкими, около 500 мм. Данные факторы говорят о взаимосвязи исследуемых критериев климата и влажности.

Еще один пример, который подтверждает существование отклика черноземов мицелярно—карбонатных в условиях лесного ценоза на внутривековую климатическую изменчивость можно привести анализируя данные с 1961 по 1966, в это время зависимость рассматриваемых в работе процессов так же сильна и наглядна. В 1961 на глубине превышающей 200 мм. отмечается резкое снижение влажности. Это явление поднимается до глубины 20 см в 1964, после чего до 1966 влажность данного района достигает параметров, которые были 5 лет назад.

Рассматривая причины такого резкого скачка влажности, можно снова убедиться в том, что это связано с уменьшением количества осадков и обратному процессу увеличения суммы активных годовых температур. Описанная ситуация создала благоприятные условия на тот отрезок времени для интенсивного испарения влаги из почвы, при этом осадков было мало, что не способствовало накоплению влаги в почве.

Интересен процесс продвижения влаги в почве в период с 1992 года, когда резкое снижение температур и увеличение количества осадков, через 3 года сменяется полностью противоположными климатическими параметрами. В данный период влага интенсивно скапливалась в верхнем слое почвы 0–30 см. но при смене климатических параметров уменьшение влажности произошло на всей глубине профиля. После чего влажность резко увеличилась в слое до 1,5 м. при незначительном увеличении осадков.

Корневая система лесной растительности потребляет влагу с более глубоких слоев почвы, поэтому редко можно встретить ситуации, когда влажность достигает значений свыше 20 %. Особенно это приобретает наглядность после 1970 года. В указанное время начинается новый цикл, когда осадки увеличились, а температуры начали снижаться. Но не смотря на это сходство в изменении влажности почв в условиях абсолютного заповедования и лесного ценоза начали пропадать. Сохраняя лишь общие тенденции на фоне резких скачков температур и обильного выпадения осадков.

Более того после 1974 года влажность превышающая 30 %, на глубине более 2-х метров достигла этих значений лишь в 2004 году, за эти 20 лет 30 % показатель влажности достигал лишь глубин 160–170 см. в 1980, 1986–1990, 1993 и 1997 году. В основном, этим годам предшествовали дождливые периоды, длившиеся порой несколько лет.

До 1970 годов заметна схожесть хроноизоплетов влажности 3-х метровой толщи миграционно—мицелярного чернозема, в условиях многолетнего пара и в условиях абсолютного заповедования. После этого времени тенденции к уменьшению либо увеличению влаги сохраняются, но изменения влажности в лесных условиях более динамичные и резкие, наряду с тем, что в условиях абсолютного заповедования влага в почву проникает глубже и ее содержание в почве больше. Как фактор, влияющий на данный процесс можно назвать развитие лесной растительности, в связи с чем потребление влаги увеличилось, а процессы изъятия ее из почвы корневой системой изменились.

Кроме того, что начинается новый период смены поведения осадков и температур, объяснить разность в содержании влаги в почвах разных условий, лес и зона абсолютного заповедования, можно различием растительности. На лесной территории деревья потребляют большее количество влаги и на больших глубинах относительно степной

растительности. Эти выводы схожи с теоретическими данными ученых приведенными в пункте 1.2 данной работы.

Лесная растительность интенсивно использует почвенную влагу в слое до 2–х метров, и даже если в верхнем слое до 30 см. влажность превышает 30 %, уже на глубине 80 см, она может не достигать и 20 %. Это заметно в 1981, 1994–1996, 2001–2004 годах, после обильных осадков, и возрастания температур, деревья активно потребляют почвенную влагу, создавая в слое от 70 до 200 см условия для ВРК, а влага с более насыщенных верхних слоев просачиваться не успевает.

Особый дефицит влаги в обоих рассмотренных зонах замечен после 2009 года. Наибольшая актуальность этих изменений испытали почвы под лесной растительностью, где на всей глубине профиля почвы влажность не превышала 20 %. Это можно объяснить сменой периода циклогенеза на новый период антициклогенеза, для которого свойственны довольно резкие увеличения температурных показателей в положительную сторону, совместно с небольшим коротковременным снижением осадков, а затем увеличения превышающего 200 мм. в год.

4.2. Анализ состояния влажности почв в условиях многолетнего пара

Существенно отличаются хроноизоплеты построенные по данным с территорий под многолетним паром. Изменения влажности малодинамичные, на всем исследуемом периоде влажность делится на зону с влажностью до 30 % и влажностью до 20 %. Граница данных зон находится на глубине 180–190 см.

Есть несколько примеров резкого снижения влаги в почве, в 1962 и 1984 годах. Оба случая связаны с малым количеством выпадающих осадков, а так же увеличением температур. Эти годы расположены в разных циклах

Брикнера, но не смотря на это и в 1962 и в 1984 наблюдается тенденция к увеличению количества осадков и снижению температур (Рис. 3.1).

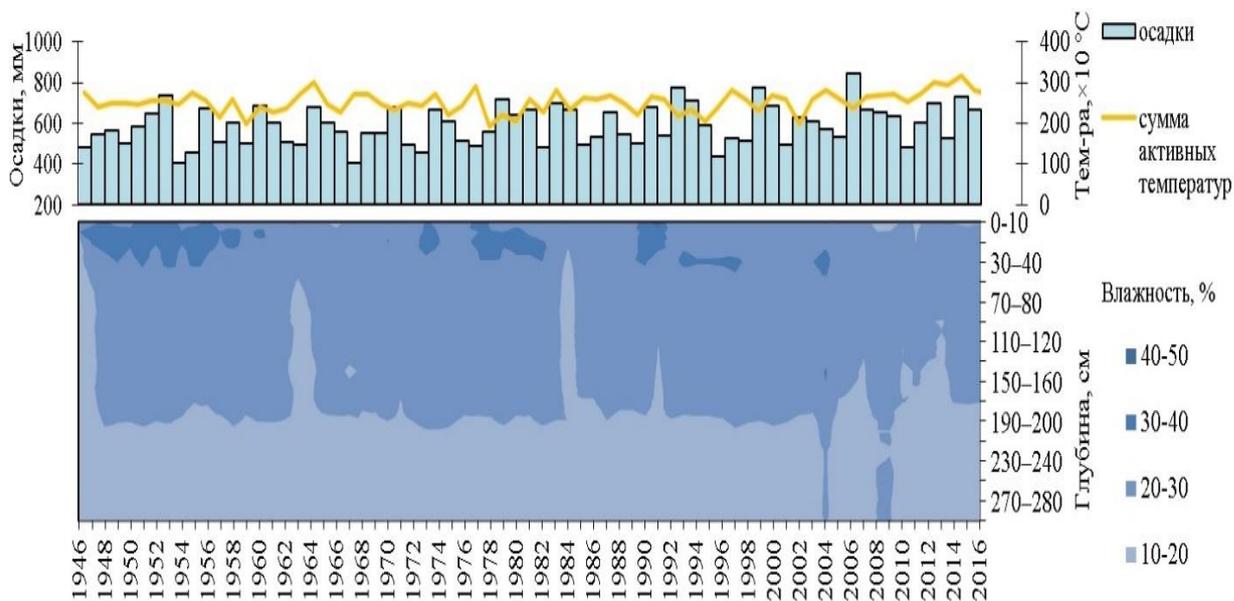


Рис. 4.2. Хроноизоплеты влажности 3-х метровой толщи миграционно-мицелярного чернозема, в условиях многолетнего пара (среднегодовые значения за теплый период влажности почвы в % к сухому весу почвы).

Примеры этих лет, которые наблюдаются и в лесной зоне и в зоне абсолютного заповедования, говорят о том, что в течении цикла Брикнера, с определенными трендами температуры и осадков, а так же условиями характерными для циклогенеза и антициклогенеза, существуют внутрициклические периоды продолжительностью до 4-х лет, которые не подчиняются тенденциям текущего цикла.

Ключевым моментом динамики влаги в почве под многолетним паром, является то, что она мало изменчива. Основные изменения параметров влажности с 10 до 20 % происходят в диапазоне глубин 160–190 см. Глубже до 300 см. на всем исследуемом временном интервале влажность не превышает 20 %, за исключением 2-х коротких периодов 2003–2005 и 2007–2010 годы. Эти периоды так же наглядны в других исследуемых зонах,

и соответствуют внутрициклическим периодам антициклогенеза, для которых характерно обильное выпадение осадков наряду с температурами, имеющими не высокий показатель.

Выше по почвенному профилю 40–160 см. влажность так же не меняется за все 70 лет, кроме 2–х случаев, описанных выше.

Незначительная изменчивость в показателях почвенной влаги под многолетним паром объясняется отсутствием растительности, которая вносит существенные изменения, не только в количество влаги в почве, но и ее содержания в профиле.

Выпавшие осадки, практически полностью просачиваются в почву, их количество на пути в низ не обусловлено растительностью, как это происходит на территории других участков заповедника. Соответственно, под многолетним паром влага либо накапливается, просачиваясь вниз, либо испаряется, при недостаточном выпадении осадков и увеличении температуры.

Изменения связанные с климатическими свойствами антициклогенеза после 2009 года, на всех исследуемых зонах заметно уменьшение влажности под многолетним паром, встречаются периоды, когда в верхних слоях профиля, до 10 см. влажность меньше 20 %. Заметен существенный недостаток влаги и на территории абсолютного заповедования, так же до 20 % на глубине от 70 до 300 см. более 5 лет. В лесной зоне недостаток влаги ощущается так же остро, а на глубинах свыше 2–х метров, влажность не достигает и 10%.

В последнее десятилетие количество осадков увеличилось, даже превышает сумму, которая была 30 лет назад в прошлом циклогенезе, однако этого нельзя сказать про температуры, которые ведут себя иначе, после 2009 года. Суммы температур последние годы росли и достигали аномальных значений, наибольших за 70–й период, что влияет на увеличение потребности растений использовать для своего развития больше почвенной влаги.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе сопряженного анализа многолетних значений влажности почвы, количества выпавших осадков и температуры воздуха выявлены определенные взаимоотношения абиотических показателей. Так исследования, проведенные на участках государственного природного биосферного заповедника имени профессора В.В. Алехина в абсолютно заповедном режиме, в условиях многолетнего пара и под лесными массивами показывают климатообусловленную динамику состояния почвенной влажности, обладающую определенной цикличностью, которая варьирует в пространственно–временной модели, полученной в ходе исследования.

Связь климатических параметров и отклик почвы в виде динамики влажности описывается полиномом 6–го порядка. Построенный полином позволил установить засушливые и влажные периоды. В засушливый период влажность почв в среднем составляла 25,0 %, во влажный – 27,4 %. За изучаемый период выявлена умеренная связь между влажностью почвы и ГТК ($r=0,51$). При этом отмечается запаздывание изменения значения влажности почв от значений ГТК на 2–3 года.

Графическая модель поведения влажности почвы во внутривековом климатическом цикле отражает периоды увлажнения и иссушения для зоны абсолютного заповедования в слое 0–300 см. Отмечается постепенная увлажненность территории во времени. С 1948 по 1954 гг. наблюдается нарастание влажности вплоть до 2–х метров. Временной интервал с 1977 по 1984 г.г. показывает увеличение глубины промачивания до 2.5 м. С 1989 по 2005 г.г. наблюдается усиление увлажненности территории и увеличение глубины промачивания до 3–х м.

В ходе анализа временного интервала с 2006 по 2013 гг., который накладывается на фазу антициклогенеза (по Брикнеру) было установлено, что с увеличением атмосферного увлажнения и ростом температур за 7 лет произошло увеличение числа зон с влажностью почвы от 10 до 20 %. В этот

период отмечаются нарастание положительных температур, которые усиливают процессы испарения и иссушают почву на значительную глубину.

Процессы с подобной динамикой демонстрируют хроноизоплеты влажности почв под на территории леса, однако изменения влажности более динамичны, т.к. корневая система деревьев использует больше почвенной влаги, чем степная растительность.

Изменения влажности почв под многолетним паром, свидетельствуют о том, что на водный режим черноземов влияют не только климатические условия, но и произрастающая растительность, а также ее активность использования почвенной влаги.

Комплексный сравнительный анализ динамики климата и влияния синоптических процессов на почвы позволил сформулировать некоторые рекомендации по использованию черноземных почв. Так в современных условиях использование почвенного покрова в сельскохозяйственном производстве требует ландшафтного подхода к решению производственных задач. Необходимо определять целесообразность проектируемых почвозащитных мероприятий и их видов с учетом региональных особенностей землепользования в зоне юга лесостепи Среднерусской возвышенности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алисов Б.П., Извеков Б. И., Покровская Т. В., Рубиштейн Е. С. Курс климатологии/ Б.П. Алисов, Б. И. Извеков, Т. В. Покровская, Е. С. Рубиштейн. -Гидрометеонздат, -1940. -435 с.
2. Алисов Б. П. Климатические области и районы СССР. / Б. П. Алисов.- М., ОГИЗ, -1947.-10 с.
3. Анализ многолетних данных мониторинга экосистем Центрально–Черноземного государственного заповедника. Труды Центрально–Черноземного государственного заповедника. -2000. -№16. - С. 7–22.
4. Афанасьева Е. А, Черноземы Среднерусской возвышенности. М., «Наука», 1966. 223 с.
5. Ананьсва Л, М, Тепловой баланс естественных травостоев лесостепи.—«Изв. АН СССР, сер. геогр.», 1967, № 1, с. 54—60.
6. Базыкина, Г.С.Влияние аномальных погодных условий последних десятилетий на водный режим мощных черноземов заповедной степи (Курская область) / Г.С., Базыкина, О.С. Бойко // Почвоведение. -2008. -№ 7. -С. 833–844.
7. Базыкина, Г.С.Особенности режима влажности типичных черноземов косимой степи и пашни (Курская область) в условиях аномальной погоды последних десятилетий / Г.С., Базыкина, О.С. Бойко // Почвоведение.– 2010. -№ 1.- С. 58–70.
8. Белый А. М. Водный режим в севообороте на черноземных почвах Юго–Востока / А. М. Бялый. Л.: Гидрометеониздат, 1971. – 206 с.
9. Большаков А. Ф. Водный режим мощных черноземов Средне русской возвышенности. М., «Наука», 1961. 199 с.
10. Борисов А, А. О континентальности, как показателе климата, вып. 3, № 18. Л., с. 28—41.
11. Буторина Т. Н., Крутовская Е. А. Сезонное развитие природы горной тайги— «Тр. заповедника «Столбы», Красноярское кн. изд, 1958, вып.

2.- С. 33—69.

12. Верещагин М. А., Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Тудрий В.Д., Батршина С.Ф., Лысяя А.И. О некоторых результатах изучения векового хода и межгодовой изменчивости глобального термического режима во второй половине XIX-го и в XX-м столетии // Метеорология на рубеже веков: итоги и перспективы развития. Тез. докл. Всеросс. науч. конф. Пермь, 2000. С. 33–34

13. Вольтаков А. Ф. Водный режим мощных черноземов Средне-русской возвышенности. М., «Наука», 1961. 199 с.

14. Высоцкий Г. Н. Избранные сочинения. Т.1.: Работы в Велико-Анадоле / Г. Н. Высоцкий. М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 497 с.

15. Высоцкий Г. Н. Избранные сочинения / Г. Н. Высоцкий. М.: Изд-во Москва. 2009. – 499 с.

16. Высоцкий Г.Н. О гидрологическом и метеорологическом влиянии лесов. Изд. 2. М. – Л., 1952. – 112 с.

17. Галахов Н. Н. Изучение структуры климатических сезонов года. М., «Наука», 1959. 182 с.

18. Герцык В, В, Некоторые данные о роли осадков вегетационного периода использования запаса влаги в почве— «Тр, Центрально-Черноземного заповедника», ВЫП.4, 1957, с. 73—85.

19. Грин А. М. Исследование внутризональных закономерностей водного баланса лесостепной зоны Европейской части СССР.» Тр. Центрально-Черноземного заповедника», вып 8, 1965, с. 346—350.

20. Грин А. М. Динамика водного баланса Центрально-Черноземного района. М., «Наука», 1965. 146 с.

21. Динамика влажности почв заповедных участков лесостепи на фоне внутривековой климатической изменчивости. / Н.С.Кухарук, Л.Г.Смирнова, А.Г.Нарожняя, Ю.Г.Чендев, Г.П. Глазунов // научный

рецензируемый журнал научные ведомости белгородского государственного университета. – № 25 (274), вып. 41. 2017. – 217. – С. 79–91. – режим доступа: <http://nv.bsu.edu.ru/nv/>– систем. Требования: ibm; internet explorer.

22. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2016 год. 2017. М, Росгидромет: 70.

23. Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь / В. В. Докучаев.- М.: Сельхозгис. 1953. -84 с.

24. Дроздов О.А. Арапов П.П., Лугина К.М., Мосолова Г.И. Об особенностях климата при потеплениях последних столетий // Тез. докл. Всеросс. науч. конф. Казань, 2000. С. 24–26.

25. Измаильский А. А. Избранные сочинения А. А. Измаильский. М.: Сельхозгиз, 1949. – 335 с.

26. Израэль Ю.А. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий. / Ю.А.Израэль, Г.В.Груза, В.М.Катцов, В.П. Мелешко //Метеорология и гидрология. -2001.- № 5. – С. 5–21.

27. Кароль И.Л. Введение в динамику климата Земли. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. 215 с.

28. Качинский Н. А. Почва, ее свойства и жизнь / Н.А. Качинский. М.: Наука, 1975.–290 с.

29. Качинский Н. А. Структура почвы (итоги и перспективы изучения вопроса) / Н. А. Качинский. М.: Изд–во Моск. ун–та, 1963. – 89 с.

30. Качинский Н. А. Физика почвы. Водно–физические свойства и режимы почв / Н. А. Качинский. М.: 1970 – 415 с.

31. Костычев П.А. Избранные труды / Под ред. И.В.Тюрина. М.: Изд–во АН СССР, 1951. –660с.

32. Летопись природы. Научный отчет Центрально–Черноземного государственного природного биосферного заповедника имени профессора В.В.Алехина. Пос. Заповедный. 1951–2002. Кн. -С. 1–51.

33. Материалы стационарного изучения компонентов лесостепных заповедных биогеоценозов. Климат, влажность почвы и фитофенология.

1979. Л. Гидрометеоздат. -427 с.

34. Никитин П.Д. Выращивание полезащитных лесных полос. М.: Колос, 1972.– 100 с.

35. Овечкин, С.В. Карбонатный профиль черноземов лесостепи ЦЧО и его трансформация в зависимости от глобальных изменений климата / С.В. Овечкин // Вест. МГПУ. Сер. Естественные науки. -2008. -№ 1 (20). - С. 40–46.

36. Покровская В. М, Описание растительности Ямской степи. «Центрально–Черноземного заповедника», 1940, вып. 1, М., -С. 369-407.

37. Почвы и растительность юга Среднерусской возвышенности в условиях меняющегося климата.. Отв. ред.: Ю. Г. Чендев, М.Г. Лебедева. Белгород. КОНСТАНТА. - 2016-С. 326

38. Раунер 10, Л. К методике экспериментальных исследований теплового баланса лесных и безлесных ландшафтов,»—«Гр. Центрально–Черноземного заповедииКа»,1965, вып. 8, с. 356—365.

39. Раунер Ю. Л., Ананьева Л. М. Радиационный баланс и структура испарения лугово–степной растительности. «Изв. АН СССР, сер. геогр.», 1967, М: -№ 4. -С. 104—112.

40. Рахманов В.В. Водоохранная роль лесов. М., 1962. – 235 с.

41. Роде А. А. Вопросы водного режима почв / А. А. Роде. Л.: Гидрометеоздат, 1978.–214 с.

42. Роде А. А. Водный режим и его регулирование\ А. А. Роде. М.: Изд–во АН СССР, 1963.– 116 с.

43. Роде А. А. Избранные труды. Т.4. Проблемы гидрологии почв / А. А. Роде.– М.: ГНУ Почвенный ин–т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2009.– 598 с.

44. Роде А. А. Почвенная влага / А. А. Роде. М.: Изд–во АН СССР. 1952. –445 с.

45. Скородумов А. С. Влияние лесной растительности на водный режим почв / А.С. Скородумов. Изд-во «урожай». Киев — 1964. 313 с.
46. Смирнова Л.Г. Почвенный покров юга лесостепи Среднерусской возвышенности на фоне внутривековых климатических изменений. / Л.Г. Смирнова, Н.С., Кухарук, Ю.Г. Чендев // Почвоведение. -2016.- №7. -С 775–784.
47. Судницын И. И. Закономерности передвижения почвенной влаги / И. И. Судницын. -М.: Наука, 1964. – 121 с.
48. Урманова А.Г., Наумов Э.П., Николаев А.А., Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Шанталинский К.М. Проявления современного потепления климата Земли на территории Татарстана. // Сборник науч. трудов. Казань. - 1998. -С. 111–132
49. Ciric V.I., Dreskovic N., Mihailovich D.T., Mimich G., Arsenis I., Durdevis V. 2017. Which is the response of soils in the Vojvodina Region (Serbia) to climate change using regional climate simulations under the SRES–A1B. Catena. 158. 171–183. (in English)
50. Chendev Yu.G. 1997. Agrotechnogenic Transformation of Dark Gray Forest Soils in the Central Forest–Steppe Zone during the Last 200 Years. Eurasian Soil Science. Vol. 30. (1). 5–15. (in English)
51. Chendev Yu.G., Petin A.N., Lupo A.R. 2012. Soils as indicators of climatic changes. Geography, Environment, Sustainability. 1. 4–17. (in English)
52. Mihailovich D.T., Dreskovic N., Arsenis I., Ciric V., Durdevis V., Mimich G., Pap I.I., Balazh 2016. Impact of climate change on soil thermal and moisture regimes in Serbia: An analysis with data from regional climate simulations under SRES–A1B. Science of The Total Environment. 571. 398–409. (in English)
53. Purton K., Pennock D., Leinweber P., Walley F. 2015. Will changes in climate and land use affect soil organic matter composition Evidence from an ecotonal climosequence. Geoderma. 253–254: 48–60. (in English)

54. Routschek A., Schmidt J., Kreienkamp F. 2014. Impact of climatechange on soil erosion – A high–resolution projection on catchment scale until 2100 in Saxony. Germany. *Catena*. 121. 99–109. (in English)