

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

ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ

**Кафедра природопользования и земельного кадастра**

**ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА  
НА РАЗВИТИЕ ЭРОЗИИ ПОЧВ**  
(на примере Белгородской области)

Выпускная квалификационная работа  
обучающейся по направлению подготовки  
21.04.02 Землеустройство и кадастры  
заочной формы обучения, группы 08001658  
Савковой Анастасии Сергеевны

**Научный руководитель:**  
кандидат биологических наук  
доцент Кухарук Н.С.

**Рецензент:**  
директор ООО «Межевик»  
Красов П.Н.

**БЕЛГОРОД 2019**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ЭРОЗИИ ПОЧВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ .....	7
1.1. Общая характеристика почв Белгородской области .....	7
1.2. Этапы исследования эрозии почв .....	9
1.3. Механизм воздействия основных климатических факторов на эрозионные процессы почв .....	18
ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ .....	31
2.1. Методика исследования климатических факторов .....	31
2.2. Методика изучения эрозии почв .....	48
ГЛАВА 3. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКА .....	52
3.1. Анализ и оценка вариаций термического режима .....	52
3.2. Исследование режима увлажнения .....	59
3.3. Анализ ветрового режима .....	72
ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КЛИМАТА НА ЭРОЗИЮ ПОЧВ .....	83
4.1. Трансформация эрозии почв за исследуемый период .....	83
4.2. Роль показателей климата в формировании эрозионных процессов почвы на территории Белгородской области .....	86
4.3. Рекомендации по использованию климатических характеристик для оценки развития эрозии почв в Белгородской области .....	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	93
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	97

## НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА

1. Российская Федерация. Законы. Земельный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 25.10.2001 № 136 (ред. от 01.05.2016) // Справочно-правовая система «Консультант Плюс», 2019.
2. Российская Федерация. Законы. Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон от 26 июня 2008г. № 102-ФЗ. – [в ред. от 13.07.2015 г.] // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2008. – № 26. – 3021 с.
3. Российская Федерация. Министерство природы. Приказы. Об утверждении Инструкции по организации и осуществлению государственного контроля за использованием и охраной земель органами Минприроды России: Приказ Минприроды РФ от 25 мая 1994 г. № 160 // Бюллетень нормативных актов министерств и ведомств РФ. – 1994. – №9. – С. 8-9.
4. Белгородская область. Распоряжения. О концепции областного проекта «Зеленая столица»: Распоряжение правительства Белгородской области от 25 января 2010 г № 35-рп. Режим доступа <http://dizo31.ru>.
5. Белгородская область. Распоряжения. Об утверждении концепции бассейнового природопользования в Белгородской области: Распоряжение правительства Белгородской области от 27 февраля 2012 г № 116-рп. Режим доступа <http://dizo31.ru>.
6. Белгородская область. Губернатор. Постановления. Об утверждении Положения о проекте адаптивно-ландшафтной системы земледелия и охраны почв: Постановление Губернатора Белгородской области от 4 февраля 2014 г. № 9. Режим доступа <http://dizo31.ru>.
7. ГОСТ Р ИСО 8756-2005. Национальный стандарт РФ качества воздуха. Обработка данных по температуре, давлению и влажности / под ред. О.В. Гелемеевой. – Введ. май 2007. – М.: Стандартинформ, 2007. – 5 с.

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность** изучения эрозионных процессов в Белгородской области трудно переоценить. Еще в середине XX века А.С. Козьменко обращал внимание на сильные темпы смыва почв, наблюдаемые в некоторых районах Белгородской области [42]. С тех пор множество различных специалистов исследовало данную проблему, однако на сегодняшний день информации о влиянии климатических характеристик на эрозионные процессы в Белгородской области недостаточно, в особенности при сравнении с соседней Курской областью. При этом отмечается не только дефицит фактических данных, полученных отдельными исследователями, но и в освещении этих вопросов в сборниках и литературных обзорах.

**Целью исследования** является изучение влияния климатических условий на развитие эрозии почв Белгородской области.

Выполнение поставленной цели потребовало решения следующих **задач**:

- 1) ознакомиться с общей характеристикой почвенного покрова Белгородской области и проанализировать состояние изученности эрозии почв;
- 2) установить основные объекты и методику исследования климатических факторов и эрозии почв;
- 3) изучить изменение основных климатических параметров в период с конца XX – начала XXI веков, влияющих на эрозию почв.
- 4) оценить влияние климатических характеристик на развитие эрозионных процессов и разработать рекомендации по их минимизации.

**Объектом исследования** является территория Белгородской области, а **предметом исследования** выбрана роль климатических показателей в развитии эрозионных процессов на исследуемой территории.

**Научной основой** для написания выпускной квалификационной работы послужили материалы научных статей автора, опубликованных на основе многолетних исследований в годы учебы на геолого-географическом факультете Белгородского государственного университета «НИУ БелГУ»:

1. Чумейкина А.С., Иванюченко В.А., Григорьев Г.Н. Опыт гидрометеорологических изысканий на малых реках Белгородской области / А.С. Чумейкина, В.А. Иванюченко, Г.Н. Григорьев // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: материалы V Международной научной конференции. – Белгород, 2013. – С. 39-42.
2. Чумейкина А.С., Григорьев Г.Н. Организация инженерно-гидрологических изысканий на Белгородском водохранилище в связи спрокладкой линии связи / А.С. Чумейкина, Г.Н. Григорьев // Геоэкологические проблемы современности: материалы V Международной научной конференции. – Владимир, 2013 – С. 126-128.
3. Чумейкина А.С. Анализ и оценка индекса континентальности климата в Центрально-Черноземном Районе за последние 30 лет / Киреева-Гененко И.А., Новикова Е.П., Чумейкина А.С. // Успехи современного естествознания. – 2017 – №7. – С. 76-80. – Режим доступа: <http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36481>.
4. Чумейкина А.С., Новикова Е.П., Григорьев Г.Н., Вагурин И.Ю. Вариации гидротермического режима в Черноземье за последние 30 лет на фоне глобального изменения климата / А.С. Чумейкина, Е.П. Новикова, Г.Н. Григорьев, И.Ю. Вагурин // Научные ведомости БелГУ. – Белгород: Белгород, 2017 – № 11 (260). – Вып. 39 – С. 105–113.
5. Чумейкина А.С., Новикова Е.П. Особенности формирования осадков над ЦЧР в конце 20 – начале 21 веков / А.С. Чумейкина, Е.П. Новикова // Географические проблемы сбалансированного развития староосвоенных регионов: материалы IV Международной заочной научно-практической конференции. – Брянск: Курсив, 2017. – С. 177-181.
6. Чумейкина А.С., Новикова Е.П., Григорьев Г.Н. Пространственно-временные вариации термического режима на территории ЦЧР за последние 30 лет / А.С. Чумейкина, Е.П. Новикова, Г.Н. Григорьев // Человек и географическая среда: материалы Международной научно-практической конференции. – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2017. – С. 144-146.

**Научная новизна** работы состоит в том, что впервые применен подход к изучению эрозионных процессов с позиции сезонной динамики климатических показателей, позволившей изучить этот процесс на функциональном и динамическом уровнях. Впервые также дана оценка их пространственно-временной динамики, выявлены ведущие эрозионно опасные сезонные ритмы годового цикла и дана оценка их климатическим особенностям; изучены во взаимосвязи процессы водной и ветровой эрозии и ритмичность их проявления.

**Практическая значимость** проведенных исследований заключается в том, что предложенный подход к изучению влияния климата на развитие эрозии почв позволяет определить наиболее эрозионно опасные периоды в течение года. Это будет способствовать дифференцированному внедрению противоэрозионных мероприятий в практическую деятельность хозяйств с целью сохранения плодородия почв и увеличения объемов производства сельскохозяйственной продукции. Работа может служить основой для прогнозирования интенсивности эрозионного процесса и перспективного территориального планирования развития сельскохозяйственных предприятий Белгородской области. Таким образом, выполненные исследования имеют широкое практическое и научно-методическое значение.

**Структура работы.** Объем выпускной квалификационной работы составил 108 страниц машинописного текста. Работа состоит из введения, 4 глав, выводов и списка литературных источников включающих 116 наименований российских ученых и ученых из зарубежных стран. Выпускная квалификационная работы сопровождается 11 рисунками и 18 таблицами.

## ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ЭРОЗИИ ПОЧВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

### 1.1. Общая характеристика почв Белгородской области

Белгородская область, отметившая в январе этого года свое 65-летие, расположена на юго-западных склонах Среднерусской возвышенности в бассейне рек Днепра и Дона. По своему географическому положению она занимает территорию от 49° 41' с. ш. на юге до 51° 26' на севере [77]. Область находится в благоприятных природно-климатических условиях, которые способствовали формированию почв с высоким плодородием. Благоприятные условия создались благодаря наличию равнинности рельефа, пород, обладающих полезными для растений химическими свойствами, мягкого и сравнительно влажного климата. Поэтому 77 % территории области занято самыми плодородными почвами земного шара – черноземами [98].

Почвы, наряду с железной рудой и другими общественно полезными ископаемыми, являются одним из главных богатств Белгородской области. На территории Белгородской области специалисты выделяют лесостепную и степную почвенные зоны черноземов [89]. В Среднерусской лесостепной почвенной провинции встречаются черноземы оподзоленные, черноземы солонцеватые и карбонатные [87].

В степной почвенной зоне основное распространение получили черноземы обыкновенные, солонцеватые и карбонатные. В целом, в почвенном покрове области преобладают черноземы (65,1 %), балочные почвы (16,2 %), серые лесные – 12,1 %, и луговые – 6,1 %. Основные типы почв, распространенные на территории Белгородской области, представлены на картах, составленной Ю.Г. Чендевым и в географическом атласе Белгородской области, на более детализированной карте почв, составленной В.Д. Соловиченко (рис.1.1).

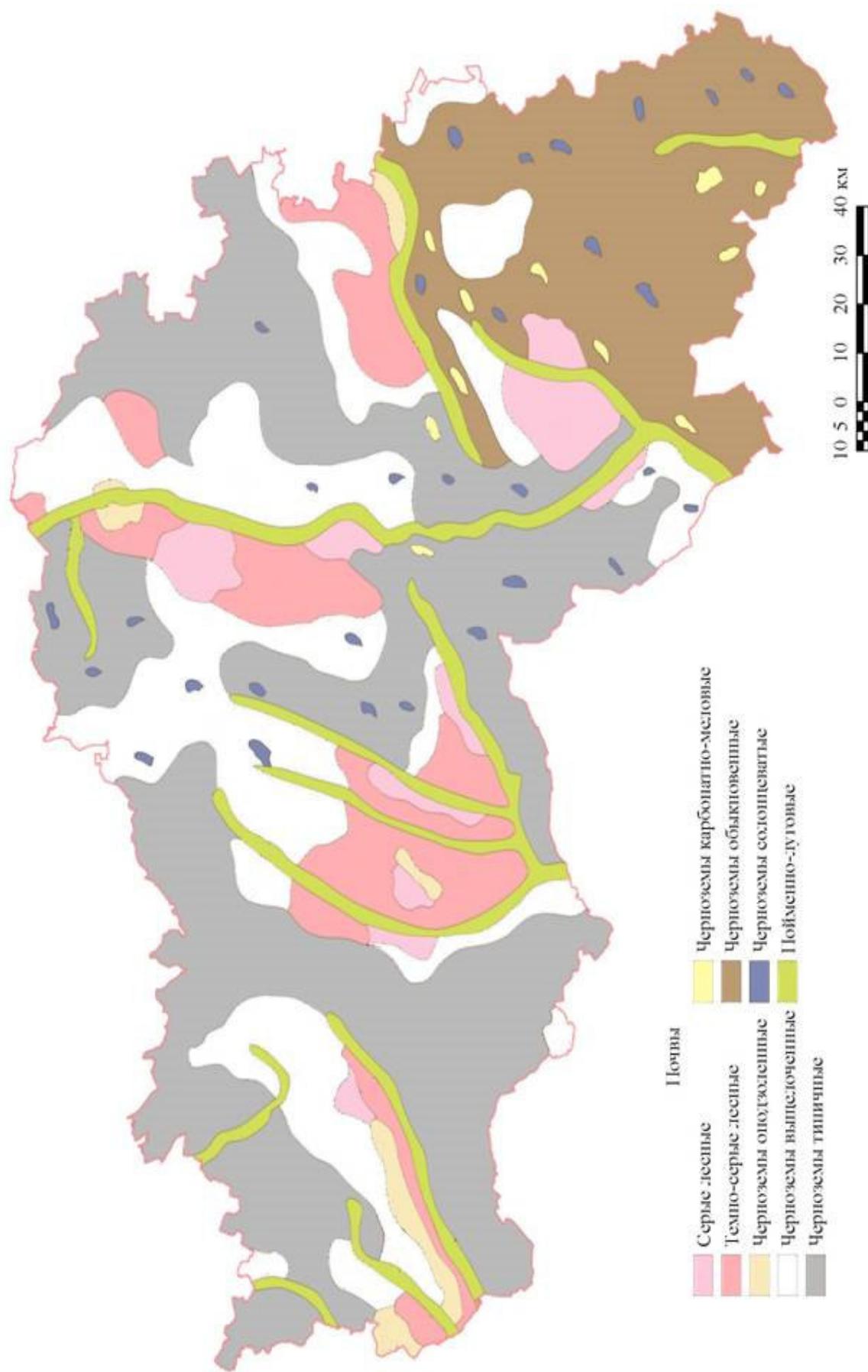


Рис. 1.1 Почвы Белгородской области [87]

На рисунке 1.1 видно, что на территории преобладают черноземы типичные, далее на втором месте черноземы выщелоченные. На третьем месте находятся черноземы обыкновенные. В небольшом количестве имеются черноземы солонцеватые, карбонатные и меловые.

Серые лесные почвы по возрасту имеют около 4000 лет. По исследованиям Ю.Г.Чендева они моложе черноземов [98]. Их плодородие значительно меньше черноземов (около 350 т/га гумуса). Они имеют и меньшую мощность гумусового горизонта. Отличительной чертой серых лесных почв является наличие двух подтипов: серых лесных и темно-серых лесных почв. Они отличаются друг от друга по запасам гумуса и по разной интенсивности процесса вымывания-вмывания частиц.

Остальные почвы области (лугово-черноземные, лугово-болотные, пойменные и др.) распространены в долинах рек и днищах балок. В целом структура почвенного покрова представлена сложными сочетаниями пятнистостей и комплексов черноземов, лугово-черноземных почв с солодями и комплексами пятнистостей луговых и болотных почв. Сопутствующими почвами являются солонцовые почвы и почвы овражно-балочного комплекса.

## 1.2. Этапы исследования эрозии почв

Эрозия почв – процесс разрушения почвы под воздействием потоков воды и активного ветра – водная и ветровая дефляция. Это сложный процесс, определяемый влиянием различных факторов, основным и интегральным из которых является климат.

Становление представлений о воздействии климата на почвенную деградацию начиналось с этапа констатации самого факта наличия данного процесса и на основе лишь субъективных ощущений людей. Первые упоминания об эрозионных процессах в пределах нашей страны появились в сочинениях Геродота в 484-425 гг. до н. э., который при описании реки Скифии, обратил внимание на то, что она несет мутные воды, указывающие на содер-

жание в них значительных примесей смытых почв [32].

Начиная с XII-XIII вв. в древнерусских летописных сводах начинают встречаться неоднократные упоминания о грозных природных явлениях, включающих наблюдения за бедствиями, приносимыми эрозией почв. В частности, они содержали описание процессов оврагообразования под воздействием ветров и дождей [86].

С петровских времен к изучению эрозионной проблематики приступает М.В. Ломоносов, представляющий Российскую академию наук. Научное обоснование взаимосвязи эрозии и климата становится возможным благодаря становлению таких научных направлений, как физика, география, метеорология и климатология, а также появлению различных новых приборов и инструментов, необходимых для проведения исследований и наблюдений. Классические труды М.В. Ломоносова и обширные сопутствующие наблюдения других путешественников-естествоиспытателей позволили получить первые научные данные о почвенной эрозии на территории Российского государства.

Со второй половины XIX века начинается отсчет научного изучения воздействия климатических факторов на эрозию почв. В 1861 г. в России закладываются первые основы отечественной науки об эрозии почв. В этот период с эрозионной проблематикой напрямую начинают связывать снижение урожайности агроценозов.

Невысокая культура земледелия в совокупности с массовой распашкой значительных площадей способствовали возникновению пыльных бурь, что привлекало внимание целого ряда исследователей [23]. Изучением механизмов их возникновения и развития занимались такие ученые, как Н.А. Соколов, В.В. Докучаев и др [86].

Во второй половине XIX в. под руководством академика Г.И. Вильда, возглавлявшего одно из первых в мире научных метеорологических учреждений – Главную физическую лабораторию, сформировалась система метеорологических наблюдений и служба погоды. Одновременно с расширением метеорологии развивались климатологические исследования. Значитель-

ный вклад в построение основ климатологии внес известный отечественный климатолог и географ А.И. Воейков. Ему принадлежит обстоятельная теория процесса схода снежного покрова, в которой важнейшая роль в развитии эрозии отводится процессу снеготаяния [25].

Уже к концу XIX в. учеными было проведено четкое разделение между водной и ветровой эрозией, выявлены основные механизмы образования оврагов и преобразования их в балки, изучалось влияние конкретных факторов на развитие эрозии почв, а также описывались почвенные смывы под воздействием ливней и талых вод.

Начиная с XX в. особую актуальность приобретают труды по предотвращению развития почвенной эрозии [3]. Значимым достижением становится создание на основе данных Д.И. Кочерина об интенсивности ливней, А.Н. Соколовского об интенсивности снеготаяния и З.П. Петровой о максимальных суточных осадках, почвенно-эрозионной карты Европейской части СССР [85].

В этот период сформировались школы почвоведов и агрономов, лесомелиораторов, гидрологов, геоморфологов [13, 81]. Их главной задачей являлось исследование эрозионной проблематики, а также изучение путей предупреждения эрозии и мер борьбы с ней [30].

Постепенно увеличивалось число работ по изучению зависимости почвенной эрозии от климатических факторов [42]. Достаточно широко освещались вопросы о механическом влиянии ливневых осадков на слабо защищенную поверхность почв [8], подробно исследовались процессы дефляции и роль климата в их проявлении [11], а также определялись механизмы передвижения почвенных агрегатов [112].

Кроме того, в этот период разрабатываются методики количественной оценки таких климатических показателей, как количество, режим и интенсивность осадков, приводятся формулы для расчета эрозионного потенциала осадков через эрозионный индекс дождей [91].

Однако большинство ученых придерживались качественной оценки эродированности (слабая/средняя/сильная) или полукачественных (баллы) показателей [65].

Учитывая нарастающую актуальность проблемы почвенной эрозии, институт географии АН СССР в конце 50-х гг. проводит районирование страны по основным эрозионным факторам: климатическим условиям, рельефу и геологическому строению, почвам и растительности, хозяйственному использованию земель [81].

К концу 60-х гг. XX в. эрозионную деградацию почв признают проблемой государственного масштаба, требующей применения незамедлительных мер по ее предотвращению.

С начала 70-х гг. XX в. сформировалось новое научное направление – эрозиоведение [30]. Огромный и неоценимый вклад в развитие отечественного эрозиоведения внесли труды М.Н. Заславского, Г.А. Ларионова, Н.И. Маккавеева [64], Г.П. Сурмача [90], Г.И. Швевса [107] и др. В конце XX – начале XXI века в этом направлении успешно работали В.Н. Голосов [15], А.Н. Каштанов [37, 38], М.С. Кузнецов [48, 49], Г.А. Ларионов [51], Ф.Н. Лисецкий [57, 58], Л.Ф. Литвин [59], Ц.Е. Мирцхулава [71], А.А. Светличный [57], и др.

В СССР разрабатывались также оценочные и интегральные формулы для определения почвенного смыва [72]. В мировой науке исследованию эрозионной проблемы также посвящены многочисленные работы [113, 116] и др.

Изучение эрозионных процессов в пределах Белгородской области началось с середины XX века, когда на определенных участках ученые стали отмечать высокую интенсивность проявления процессов почвенного смыва [42]. В дальнейшем многие исследователи обратили свое внимание на эрозионную проблематику.

Почвы Белгородской области, являющиеся ее главным богатством, в значительной степени подвержены эрозионной деградации, формирование и

развитие которой определяется, главным образом, высокой расчлененностью рельефа (до 1,5 км/км<sup>2</sup>), слабой противозрозионной устойчивостью почвообразующих пород и почв, а также интенсивным снеготаянием весной и преобладающим ливневым характером осадков в летний период [28].

В настоящее время общая расчлененность территории области эрозионными формами колеблется от 0,2 до 1,9-2,0 км/км<sup>2</sup> [67]. 98 % площади эродированных почв является результатом водной эрозии, оставшиеся 2 % территории подвержены дефляции [64]. Расположение области в пределах Среднерусской возвышенности, для которой характерны склоновые типы местности, способствует интенсивному проявлению процессов поверхностного почвенного смыва и линейного размыва почвогрунтов. По данным С.В. Лукина [63] склоновые земли в Белгородской области занимают около 72 % от общей площади. Доля пахотных земель, преимущественно расположенных на склонах более 1°, составляет 76 %.

Согласно исследованию В.Д. Соловиченко и С.И. Тютюнова [89] доля эродированных почв на территории Белгородской области составляет около 53,6 %. Сходные данные фигурируют практически во всех проанализированных современных трудах. Они особенно значимы относительно средних цифр по ЦЧР, где средняя эродированность по исследованиям С.В. Кравцова, Ф.Н. Лисецкого Ф.Н и Л.В. Марциневской составляет 20,1 % [47].

Б.П Ахтырцевым и В.Д., Соловиченко, установлено что область исследования по степени пораженности эрозионными процессами включает 940 тыс. га (34,6 % от общей площади) слабосмытых площадей, 332,6 тыс. га (12,6 %) среднесмытых, 154,2 тыс. га (5,6 %) сильносмытых и 26,6 тыс. га (0,9 %) развеваемых почв.

Площадь участков подверженных эрозии с 1950 по 1980 гг. увеличилась в западной части области на 5,1 %, в центральных районах прирост составил 8,4 %, в юго-восточных – 9,8 %. Согласно современным оценкам площадей сильноэродированных почв на территории Белгородской области [58] темпы их прироста за последние 30 лет составили 6 %.

Аналогичные тенденции отражены в работе В.Д. Соловиченко [88] по данным которого за последние 30-40 лет площадь эродированных почв на территории Белгородской области увеличилась в среднем на 5-9 %. Автор выделяет 5 групп по степени проявления эрозии: слабосмытые и слабозаовраженные почвы – 48,9 % площади региона, среднесмытые и среднезаовраженные – 31,3 %, сильносмытые и среднезаовраженные – 12,9 %, очень сильносмытые и сильнозаовраженные – 3,1 % и развеваемые и слабозаовраженные – 1,6 %.

По наблюдениям Н.Р. Асыка и его соавторов на склонах северной экспозиции наблюдался меньший почвенный смыв в сравнении с южной [4]. Поэтому к слабо эродированным землям приурочены участки на склонах крутизной 1-2° и частично северные склоны крутизной 3-4° [61]. В исследовании Б.П. Ахтырцева и В.Д. Соловиченко также выявлено, что средне- и сильносмытые почвы относятся к склонам южной экспозиции крутизной более 3° [5]. К остальным территориям, как правило, приурочены слабосмытые почвы.

М.А Наконечная и В.Е Явтушенко выявили, что на наиболее крутых склонах (5°) эрозионные процессы на северной экспозиции проявляются лишь на 15 % площади, в то время как на южной более чем на 50 % [73]. Статистические исследования Ж.А. Кириленко также доказывают приуроченность наиболее эродированных участков к южной экспозиции склонов [39]. Автором в ходе изучения картографического материала и космических снимков было выявлено, что сильноэродированные почвы на территории Новоскольского района в наибольшей степени приурочены к южным и юго-западным склонам крутизной 5-7° [31]. По наблюдениям Л.В. Марциневской около половины участков, в наибольшей степени пораженных эрозионными процессами, приурочены к южным экспозициям [66]. Кроме того, автором установлено, что распределение их по территории области весьма неравномерно, а наибольшее распространение они получили на склонах крутизной более 5°.

По различным оценкам ежегодно с 1 га склоновых земель области исследования смывается в среднем 5-20 т почвы [28]. Преобладание в структуре посевных площадей пропашных культур (свыше 40 %), за частую возделываемых на эрозионноопасных склонах, обуславливает возрастание почвенного смыва на склонах крутизной более 3° до 30-50 т/га [94]. В работе Л.Ф. Литвина на основании математической модели почвенной эрозии для всей территории РФ рассчитаны площади распахиваемых земель с разной скоростью смыва [59]. В области исследования площадь пашни со скоростью смыва <5 т/га в год составляет около 66 %; 5-10 т/га в год – 21 %; 10-25 т/га в год – 11 %; более 25 т/га в год – 2 %. Согласно этим данным скорость почвенного смыва в Белгородской области составляет в среднем 5 т/га в год [52].

Потери почвенного гумуса в результате эрозионного смыва составляют около 130 млн.т, что необратимо влечет за собой значительное снижение продуктивности земледелия. По данным С.В. Лукина [62] ежегодный недобор продукции в пересчете на зерно составляет 1,22 млн. т.

Л.В. Марциневской по своеобразию природных факторов, а также степени преобладания и интенсивности проявления эрозионных процессов проведено районирование территории Белгородской области .

Согласно данному разделению в западной части области в пределах Пселско-Ворсклинского района наблюдается преобладание слабых эрозионных процессов с характерным слабым эрозионным расчленением рельефа и незначительным плоскостным смывом [82]. В северной части данного района выделяется подрайон преобладания плоскостного смыва с более сильным расчленением и более значительными площадями сильноэродированных земель, охватывающий Ивнянско-Пенский район площадью 250 тыс. га [92].

Центральная часть Белгородской области в пределах бассейна Северского Донца и его притоков отличается преобладанием средних по степени проявления эрозионных процессов. Охватывает Корочанско-Северодонецкий район среднего эрозионного расчленения рельефа со средним почвенным смывом. В отличие от западной части области для нее характерно более

сильное вертикальное расчленение и нарастающая интенсивность плоскостного смыва. Иногда на открытых участках местности наблюдается ветровая эрозия почв [110].

На севере Белгородской области выделен район преимущественно сильных эрозионных процессов с значительными площадями сильноэродированных и особенно маломощных почв. Охватывает Верхнеоскольский район значительного эрозионного расчленения в верховьях реки Оскол.

Северо-восток области, охватывающий среднее течение реки Оскол, характеризуется преобладанием сильных эрозионных процессов с сильным вертикальным расчленением рельефа (80-100 м) и значительной эродированностью почвенного покрова [86].

Юго-восточная часть области относится к району преобладания весьма сильных эрозионных процессов, для которого характерны значительное эродированное расчленение и очень сильный почвенный смыв. Эрозионные процессы получили здесь максимальное распространение. Общая площадь сильноэродированных почв – около 100 тыс. га.

Наиболее пораженные эрозионными процессами восток и юго-восток Белгородской области (в среднем 60-73 % площади сельскохозяйственных угодий) включают Красногвардейский, Алексеевский, Валуйский, Ровеньский и Новооскольский районы [85].

Высокая интенсивность водно-эрозионных процессов в совокупности с массовой распашкой почв и значительным сокращением лесистости способствуют деградации речной сети на территории всего ЦЧР. По оценкам структуры речного фонда к началу XX в. протяженность речной сети на территории области уменьшилась на 35 % от первоначального состояния [98]. Последние исследования показывают, что процессы деградации развиваются и в настоящее время. Согласно полученным данным 36 % всех водотоков области характеризуются как частично или полностью пересыхающие. Даже в крупных реках области (Сейм, Северский Донец, Псёл) отмечается прерывание водного потока [76].

В настоящее время в Белгородской области реализуются крупномасштабные программы по биологизации земледелия, облесению эрозионно-опасных земель «Зеленая столица» [НПБ 4] и внедрению концепции бассейнового природопользования [НПБ 5]. Губернатором области Е.С. Савченко в 2014 г. утверждено Положение о проекте Адаптивно-ландшафтной системы земледелия (АЛСЗ) и охраны почв [НПБ 6]. Согласно этому положению все землепользователи, землевладельцы и арендаторы земельных участков обязаны выполнять мероприятия по воспроизводству плодородия почвенного покрова на основе проектов АЛСЗ, которые предполагают контурную противоэрозионную организацию пашни.

Для Белгородской области очень актуальны современные исследования, обобщающие данные по состоянию эродированности почв и содержащие тщательный анализ факторов формирования эрозионных процессов. Однако на сегодняшний день отмечается дефицит фактических данных о почвенной эрозии в пределах района исследования, особенно относительно некоторых регионов РФ, к примеру, в сравнении с Курской областью. Авторами А.П. Жидкиным и Ю.Г. Чендевым подчеркивается недостаток работ в области эрозиоведения или практически полное отсутствие некоторых направлений исследований по эрозионной проблематике в Белгородской области [42].

Отметим, что в большинстве проанализированных нами работ по эрозии почв на территории Белгородской области авторами наиболее детально исследовано влияние геологического строения, рельефа и почв а развитие эрозии в пределах данного региона [99]. При этом комплексное влияние климатических условий на эрозионную деградацию рассматривается слабо [94]. Подобные обзоры немногочисленны или в большей степени отражают данную проблему в общих чертах, охватывая помимо влияния климата воздействие и иных факторов.

Учитывая, что все факторы действуют взаимосвязано, роль климата особенно важна, так как он определяет интенсивность и закономерность географического распространения эрозии в отличие от характера подстилающей

поверхности [85]. Рельеф постоянен, а почвы относительно стабильны, но интенсивность эрозионных процессов каждый год различна. Следовательно, наибольшее влияние из всех природных факторов оказывает именно климат через погодные условия конкретного года [65].

Большое значение имеет определение временных промежутков и границ проявления эрозионных процессов, развитие которых исследовалось нами по календарным сезонам года, т.е. в период относительной однородности климатических условий и ландшафтов.

### **1.3. Механизм воздействия основных климатических факторов на эрозионные процессы почв**

Климат является одной из важнейших физико-географических характеристик среды, в которой живет человек, а также оказывает решающее влияние на хозяйственную деятельность людей, в том числе на специализацию сельского хозяйства. От климата, рельефа местности, почвы, растительности и хозяйственной деятельности человека зависит характер и интенсивность проявления эрозионных процессов [66].

Движущей силой почвенно-эрозионных процессов являются погодные условия, оказывающие влияние на образование эродированных почв. Именно климатический фактор определяет количество поступающих в почву атмосферных осадков и их пространственно-временное распределение, приток тепла и света, а также влажность воздуха, от которой зависит скорость испарения [35]. В частности, основными климатическими факторами влияния на развитие эрозии являются термический режим – суммы среднесуточных температур выше +10 °С и соотношение между теплом и влагой, выраженное через радиационный индекс сухости, режим увлажнения территории, включающий вид выпадающих осадков – твердый или жидкий, характер осадков – ливневой или обложной, их интенсивность, запасы снега и режим его таяния в весенний период, среднегодовые суммы осадков, ветровой режим [81].

Современные глобальные колебания климатических показателей в первую очередь вызовут отклик в интенсивности эрозионных процессов. Рассмотрим и проанализируем основные климатические условия, определяющие опасность проявления эрозии почв [73].

Водная эрозия почв – часть процесса денудации, которая состоит из разрушения, перемещения и отложения частиц почвы и пород под действием дождя и текущей воды и определяется законами падения капель и движения водных потоков [107].

Основным фактором формирования процесса водной эрозии является поверхностный сток: дождевой, которому соответствует дождевая эрозия (при сильных дождях – ливневая), талый – эрозия при снеготаянии и сток поливной воды – поливная (ирригационная) эрозия. По степени влияния на почвенный покров и морфологическим признакам эрозионных форм различают поверхностно-склоновую и овражно-руслую эрозию [39]. При поверхностно-склоновой эрозии протекают два взаимосвязанных процесса: поверхностный смыл, приводящий к уменьшению мощности верхних почвенных горизонтов и линейный размыв почв, способствующий формированию линейных форм эрозии (микророзжины, промоины и овраги).

Интенсивное проявление водно-эрозионной опасности земель, в первую очередь, определяется режимом снеготаяния и снеготаяния в весенний период и летними ливневыми осадками [12].

Снежный покров является неотъемлемой частью зимнего ландшафта континентальных районов умеренных широт Евразии [14]. Одним из первых ученых, обративших внимание на необходимость исследования снежного покрова как важного фактора влияния на климат, режим рек и хозяйственную деятельность, был А.И. Воейков [10]. Именно он разработал новое научное направление – снеговедение. Основным индикатором влияния всех климатообразующих факторов на протекание почвенно-эрозионных процессов в зимнее время является снежность. Снежность определяется как условие выпадения, отложения и количество выпадающих твердых осадков. Определяющи-

ми в процессе формирования снежного покрова являются циркуляционные механизмы и отрицательный тепловой баланс, который способствует выпадению твердых осадков [9]. Характер и форма осадков, термический и ветровой режим, наблюдаемые при снегопаде, обуславливают свойства и строение снега, влияют на процесс формирования снежного покрова, его плотность и характер распределения, а также определяют различную интенсивность развития эрозии. В частности, интенсивная работа ветра провоцирует разрушение снежных частиц, что способствует образованию уплотненного снежного покрова. Если средняя плотность свежеснег выпавшего снега составляет 50, то при возрастании скорости ветра она может достигать 150-180, а при сильных метелях – до 400-450 кг/м<sup>2</sup> [46].

На возвышенных территориях с более интенсивной работой ветра плотность снежного покрова на 20 % выше, чем в долинах, что определяет ее зависимость и от орографических особенностей территории [5]. На ровных участках, окружающих лес и на лесных опушках плотность снега на наветренных частях склонов на 15 % выше, чем на подветренных. Это определяет необходимость учета. Вследствие этого при проведении оценки эрозии почв необходимо учитывать различия в интенсивности и масштабах развития эрозионных процессов даже в незначительных по площади районах.

Процесс снежного переноса делится на 3 основных этапа – преодоление сил сцепления между снежными частицами, их перенос (влечением или взвешиванием) и отложение. Средняя мощность снежного покрова на равнинных участках вследствие переноса изменяется незначительно, а уносимые частички снега компенсируются. Это обусловлено более стабильной скоростью ветра в условиях ровной местности. Развевание снежного покрова наблюдается на выпуклых участках местности со сгущающимися линиями воздушного тока и нарастающей скоростью, а надувание и отложение – на отрицательных формах рельефа с расходящимися линиями тока воздуха и снижающейся скоростью ветра [109].

Необходимо также учитывать такой показатель, как порывистость вет-

ра, который определяется как отношение средней амплитуды колебания к средней скорости ветра за определенный временной промежуток. Именно сильные ветры с высоким значением этого показателя в большей степени отражаются на характере залегания и структуре снежного покрова [27].

В весенний период наиболее динамично проявляются рельефообразующие свойства снега. Снеготаяние определяется как процесс превращения льда, из которого состоит СП, в воду [Грудинин, 1981]. Различают 2 вида снеготаяния, образование которых определяется погодными условиями весеннего периода:

1) радиационный – процесс снеготаяния, развивается в результате проникновения в снег солнечной радиации и прослеживается в верхнем слое снега толщиной 20-40 см;

2) адвективный – стаивание происходит только с поверхности снега под действием преобладающего турбулентного теплообмена.

В период таяния устойчивого снежного покрова нарастание суммарной солнечной радиации является определяющим фактором уплотнения и таяния снега, а также прогревания почвы. В результате интенсивный радиационный прогрев снежной толщи дном приводит к пропитыванию снега водой и достижению им максимальной плотности. Чем меньше плотность, тем выше термоизоляционные свойства снега, т.е. снег лучше защищает почву от охлаждения и промерзания [45].

Сход снега начинается с открытых возвышенных территорий, далее с полей и лугов и в последнюю очередь с облесенных территорий. Снеготаяние сугробов на опушках леса, в западинах и оврагах относительно таяния на открытой местности наступает не менее чем на 10-12 дней позже, что обусловлено уменьшенной интенсивностью весеннего смыва. В тоже время, даже самые небольшие по величине потоки воды при этих условиях способствуют развитию эрозионных процессов и смыву почвы склонов. К примеру, в течение весеннего периода потоки талых вод с расходом 0,5-0,8 л/с в бесструктурных почвах на лессе образуют промоины глубиной 0,7-1,5 м и длиной 10-

15 м. Динамика снеготаяния активно нарастает в 1-2 декады апреля, в итоге к концу месяца снежный покров разрушается [93].

Снег – источник питания очагов эрозии. В тоже время, обладая известной плотностью, он создает сугробы, представляющие собой сложные формы временного микрорельефа с постоянно меняющимися контурами. Главная особенность снежных сугробов – объединение функций микрорельефа и источника питания. Сугробы являются полупроницаемым барьером на пути свободного потока талых вод, способствуя их концентрации, направляя их и питая. Потоки, в свою очередь, способствуют ускорению процессов снеготаяния и изменению формы сугробов. Ежегодное формирование сугробов на одном и том же месте распаханного склона, образование и сброс потоков в одном и том же направлении приводят к перестройке микрорельефа и активизации эрозионных процессов. Медленно тающие сугробы на водоразделе могут способствовать одновременному питанию нескольких вершин оврагов, расположенных на разных склонах, формируя в итоге водораздельное и склоновое соединение оврагов.

В целом, достаточно сложные условия образования эродирующих потоков талых вод создаются за счет неравномерного распределения снежного покрова, различной интенсивности его таяния (по площади и во времени), и влияния характера рельефа на процессы снеготаяния.

Еще одним важным климатическим показателем, непосредственно влияющим на развитие эрозионных процессов, являются жидкие осадки, выпадающие в теплое время года. К ним относятся дождь (осадки в виде капель диаметром 0,5-7 мм) и морось (мелкие, взвешенные в воздухе капли диаметром 0,05-0,5 мм) [60]. Именно дождь участвует в формировании стока.

Такие характеристики дождя, как общее количество осадков, продолжительность, интенсивность, размер, форма и скорость падения капель, кинетическая энергия дождя и распределение осадков по сезонам года, определяют его эрозионные свойства [43].

Процесс почвенного смыва и размыва дождями развивается следую-

щим образом. После начала дождя скорость впитывания влаги почвой обычно равна интенсивности дождя, далее она снижается, постепенно достигая постоянной величины. Энергия свободно падающей капли достаточно велика. При ударе о земную поверхность около 30 % этой энергии растрчивается на перемещение почвенных частиц, в частности, на разрушение агрегатов почвы и их разбрызгивание.

Начало почвенного смыва наблюдается в момент образования на поверхности склона слоя текущей воды, который обладает большей энергией, чем сила сцепления и водопрочность почвенных агрегатов. К примеру, на почвах легкого механического состава эрозионные процессы активизируются при скорости течения водного потока лишь 0,2 м/с, на легком суглинке смыв наблюдается при скорости 0,4-0,9 м/с, на плотной глине – 0,7-1,2 м/с [89]. Пылеватые частицы набухают и закупоривают капилляры, в результате снижается фильтрующая способность почвы, происходит ее уплотнение, а также проявляются другие виды водно-эрозионной деятельности.

Практически все рассмотренные выше элементы дождевых характеристик взаимосвязаны с образующимся водным стоком, выступающим в роли основного фактора перемещения почвенных частиц. Эрозионная опасность дождей одинаковой интенсивности в разные промежутки теплого периода года различна. Это определяется зависимостью коэффициента дождевого стока от продолжительности дождя, густоты растительного покрова и предшествующего увлажнения.

Скорость, сила развития и тип эрозионного процесса зависят, прежде всего, от интенсивности ливня. В частности, это отражает и корреляционная связь между смывом и 24-мя характеристиками дождя, установленная для определения параметров дождя, определяющих эрозионную опасность [8].

Ливневые дожди высокой интенсивности могут смывать намного больше почвенных частиц, в сравнении с дождями, проходящими в течение одного месяца или даже целого года. В ходе наблюдений В.В.Сластихиным [82] установлено, что несколько интенсивных ливней влекут за собой до 80-

90 % годового смыва почв. Интенсивность ливневых дождей различается по месяцам года. Он выявил, что за июнь-август выпадает 100 % всех случаев ливневых осадков с наибольшей интенсивностью 10 мм/мин и 83,4 % – с интенсивностью 6 мм/мин.

Оценку эрозионной опасности целесообразно проводить с учетом почвозащитных характеристик в различные месяцы года. Это связано с тем, что растительный покров ослабляет ударное воздействие капель о землю, снижая тем самым интенсивность процессов эрозии [33].

Опасность проявления эрозионных процессов во многом определяется и слоем осадков, выпадающих за один дождь, сутки, сезон и год в целом. По данным Заславского М.Н. увеличение слоя осадков в 2,2 раза влечет за собой повышение стока в 2,5 раза, почвенный смыв возрастает в 3 раза [30]. Более интенсивное развитие водной эрозии в особенности отмечается в годы с резко возрастающим количеством весенне-летних ливневых дождей с максимальным количеством осадков [106]. Поэтому особое внимание в ходе нашего исследования необходимо уделить сезонам и годам с количеством осадков, превышающим климатические нормы [51].

Таким образом, форму протекания эрозионных процессов и объемы почвенного смыва, прежде всего, определяет характер дождей. Формирование стока, в свою очередь, зависит от инфильтрационной способности почвенного покрова, тесно связанной с механическим составом почв. Значительное преобладание интенсивности выпадения осадков над инфильтрационной способностью почвы, обуславливает опасность для формирования большого стока и, соответственно, развития эрозии.

Исследования основных характеристик режима увлажнения территории показывают, что пространственно-временное распределение осадков значительно изменяется по месяцам/сезонам/годам. Все это отражается на развитии эрозии, определяя ее пространственную неравномерность. Основные различия в масштабах и динамике эрозии, вызванной стоком талых вод и ливневой эрозии заключаются в следующем:

– площадь охвата территории. Эрозия от стока талых вод проявляется одновременно на большой территории, с формирующимся каждый год или почти ежегодно снежным покровом. В отличие от предыдущей, ливневая эрозия одновременно развивается на более ограниченной территории, причем не всегда на одной и той же;

– время/продолжительность проявления и состояние подстилающей поверхности. Эрозия от стока талых вод развивается примерно в один и тот же временной промежуток, который составляет в среднем 5-15 дней. В этот период растительный покров отсутствует, наблюдается промерзшее состояние почвы в совокупности с ее низкой водопроницаемостью. Эрозионно-опасный период ливневых осадков, которые измеряются несколькими минутами или часами, исчисляется 2-3 месяцами в году. Время действия ливней отличает наличие на значительных площадях растительности и почв с высокой степенью водопроницаемости [83].

Тип воздействия климатической системы на эрозию, определяемый через соотношение показателя влияния снеготаяния к показателю ливневого режима, отражает относительную роль талых и ливневых вод в развитии эрозионных процессов [91].

В целом совместное влияние различных видов атмосферных осадков играет исключительно важную роль в развитии почвенно-эрозионных процессов. Это обуславливает проведение детального анализа особенностей накопления и таяния снега, дождевых осадков (особенно ливней), а также учет сочетания их воздействия. Необходимым условием изучения данных характеристик является пространственно-временной аспект их распределения.

Помимо водной эрозии существует и ветровая. Ее основным отличием является не столь существенное влияние фактора рельефа. Процессы ветровой эрозии прослеживаются и на абсолютно ровных площадках, в то время, как водную эрозию можно наблюдать лишь при определенном уклоне поверхности. При ветровой эрозии перемещение почвенных частиц происходит не только в плоскости, но и вверх. Кроме того, в процессе дефляции проис-

ходит выдувание лишь механических элементов почвы, а при водной эрозии – не только смываются частицы почвы, но одновременно происходит растворение и удаление в текущей воде питательных веществ [95].

Основной причиной переноса продуктов разрушения почв или снега являются перепады скорости ветра, когда у земной поверхности скорость движения воздуха в горизонтальном направлении стремится к нулевой отметке, а впоследствии по мере удаления от неё быстрыми темпами нарастает пропорционально логарифму высоты [92].

Известно, что скорость начала движения находящейся на гладкой поверхности частицы (т.н. критическая скорость), прямо пропорциональна корню квадратному из диаметра почвенной частицы [24]. В свою очередь, определяемая спецификой почвенного состава, скорость начала движения частиц пахотных почв в два раза больше. Это связано с шероховатостью механических частиц и агрегатов различных размеров, которые замедляют воздушный поток. К примеру, показатель шероховатости пашни с зерновыми культурами и луга с высоким травостоем варьирует в диапазоне от 1 до 10 см, что предохраняет эти угодья от ветроэрозионных процессов. Поле под паром в большей степени подвержено дефляции, так как параметр шероховатости здесь несколько ниже – 0,5-2 см, что меньше неровностей нано- и микрорельефа. [26].

Перемещение почвенных частиц осуществляется посредством перекачивания в зависимости от типа почв и скорости ветра в пределах 5-25 % от общего количества движущихся частиц (песок – 16 %, суглинок – 7 %), скачками – 55-70 % (песок – 68 %, суглинок – 55 %) и в аэрозольном состоянии – 15-40 % (песок – 17 %, суглинок – 38 %).

Скорость является определяющим показателем транспортирующей деятельности ветра. Зависимость от остальных ветровых характеристик, таких как направление, повторяемость и др., выражена в меньшей степени. Исходя из того, что интенсивность переноса продуктов разрушения почв прямо пропорциональна кубу скорости ветра [24] следует, что ветры со скоростью 10 м/с будут превышать работу ветров скоростью 5 м/с в восемь раз, то есть чем

больше скорость ветра, тем более разрушительное воздействие он оказывает на почву.

На основе сочетания различных природно-климатических факторов и почвенных структур В.А. Хрисанов и С.Н. Колмыков произвели районирование Белгородской области по степени дефляции почв, согласно которому на территории исследования выделяются три области по степени проявления ветроэрозионных процессов:

*А.* Западная область. Площадь около 630 тыс. га. с господствующими черноземами и лесными почвами. Преобладает плакорный тип местности. Ветровая эрозия со слабыми и средними показателями наблюдается в основном в начале лета. В пределах области выделяется 2 района по интенсивности дефлированности почв:

- 1 – район слабдефлированных черноземных почв;
- 2 – район среднедефлированных черноземных и песчаных почв.

*Б.* Центральная область. Площадь 1653 тыс. га. Включает черноземные, карбонатные, лесные, черноземно-лесные, супесчаные и песчаные почвы. Преобладает склоновый тип местности. Ветроэрозионные процессы отличаются большей интенсивностью.

По степени дефлированности почв выделяют 5 районов:

- 3 – слабдефлированные черноземно-карбонатные почвы;
- 4 – слабо и среднедефлированные черноземно-карбонатные почвы;
- 5 – средне и сильнодефлированные черноземно-карбонатные почвы;
- 6 – сильнодефлированные черноземно-карбонатные почвы;

7 – весьма сильнодефлированные черноземно-лесные супесчаные и песчаные почвы.

В прибрежных зонах рек Оскол и Тихая Сосна эоловые процессы проявляются в виде песчаной ряби, бугров и дюн. На отдельных участках железнодорожных насыпей, автострад и лесополос образуются почвенно-ветровые наносы в виде гряд.

В. Юго-Восточная область. Площадь 360 тыс. га. Включает черноземные солонцевато-карбонатно-меловые почвы и черноземы; из сопутствующих агроландшафтов – почвы овражно-балочного комплекса и пятна солонцеватых почв в структурах почвенного покрова. В состав входят Ровеньской, Вейделевский и Валуйский районы. По степени дефляции выделяется 2 района:

8 – среднедефлированные черноземные солонцевато-карбонатные почвы;

9 – сильнодефлированные черноземные солонцевато-карбонатные почвы.

В результате исследования установлено, что ветровая эрозия представляет собой сложный физический процесс взаимодействия движущегося воздушного потока с подстилающей поверхностью. Возникновению процесса дефляции способствуют такие климатические характеристики, как скорость ветра и его порывистость, увлажнение территории, влажность воздуха и почвы, термический режим и время суток [94].

Термический режим, в отличие от режима увлажнения и деятельности ветра, влияет на развитие эрозионных процессов опосредованно. Его воздействие, главным образом, выражается через суммы температур воздуха, обуславливающих глубину промерзания почв, скорость их оттаивания и возможность иссушения верхних почвенных горизонтов.

Значительное влияние температуры на характер эрозионной деградации почв наблюдается в период снеготаяния. В частности, под воздействием термического режима нарастает интенсивность процесса снеготаяния, что, даже при малых толщах снега, способствует формированию большого стока.

Известно, что в степных районах прогревание склонов различной экспозиции и крутизны происходит неравномерно, что провоцирует появление инсоляционной эрозии. Неравномерный прогрев южных и восточных склонов усиливает процессы снеготаяния, что сопровождается значительными затратами снега на испарение. На северных экспозициях склонов процессы таяния снега протекают медленнее, но с нарастанием температур в условиях больших запасов снега наблюдается резкая активизация почвенно-

эрозионной деградации.

Резкие колебания температуры и влажности воздуха в зимний период и ранней весной способствуют возникновению эрозионноопасных ситуаций, что обусловлено снижением связности частиц почвы в результате промерзания и оттаивания почвенного покрова. Согласно исследованиям А.Б. Лавровского и др. разрушение почвенных агрегатов диаметром более 1 мм на черноземах тяжелосуглинистых составляет 41-55 %, средне- и легкосуглинистых – 58-80 %, а на темно-каштановых легкосуглинистых почвах – 76-85 % [50].

Температура воздуха напрямую влияет на глубину промерзания почвы. При устойчивом климате талый сток носит постоянный регулярный характер из года в год. Однако в условиях глобального потепления и с учетом циклического характера климатических колебаний создаются все предпосылки для его изменения. К наступлению периода снеготаяния нарастание температур сопровождающееся частыми зимними оттепелями приводит к тому, что глубина промерзания почвенного покрова может быть недостаточна для формирования слоя стока.

Для ЦЧР глубина промерзания почв выступает лимитирующим фактором эрозионно-гидрологического процесса [97]. В работе А.Т. Барабанова отмечается, что если глубина промерзания черноземов менее 35 см, то сток не формируется вне зависимости от увлажнения почвы и величины снегозапасов [6].

Рядом авторов, что за последние 100 лет средняя многолетняя температура января на территории ЦЧР увеличилась в среднем на 4 °С [19]. При этом в 40-е годы XX столетия зимняя температура была самой низкой (на 2,0-2,5 °С ниже климатической нормы) [53]. Выявленная тенденция повышает вероятность зимних оттепелей, что, в свою очередь, может существенно сказаться на запасах снега к периоду весеннего снеготаяния и привести к уменьшению талого стока [75]. С 80-х гг. XX в. наблюдается постепенный рост почвенных температур, которые нередко превышают нулевую отметку. В результате снижается и глубина промерзания почвы, постепенно переходя за лимитиру-

ющее значение в 35 см. Недостаточно промерзшая или талая почва обладает повышенной гигроскопичностью, что может привести к полному отсутствию слоя стока.

Кроме того, отметим, что термический режим при совокупном влиянии с режимом осадков, главным образом, определяет зональную изменчивость соотношения видов эрозионных процессов территории [75].

Наблюдаемые в настоящее время колебания термического режима актуализируют исследование его влияния на эрозионную деградацию почвенного покрова на территории Белгородской области [96].

## ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Методика исследования климатических факторов

Климат является одной из важнейших физико-географических характеристик среды, в которой живет человек, а также оказывает решающее влияние на хозяйственную деятельность людей, в том числе на специализацию сельского хозяйства. От климата, рельефа местности, почвы, растительности и хозяйственной деятельности человека зависит характер и интенсивность проявления эрозионных процессов.

Движущей силой почвенно-эрозионных процессов являются погодные условия, оказывающие влияние на образование эродированных почв. Именно климатический фактор определяет количество поступающих в почву атмосферных осадков и их пространственно-временное распределение, приток тепла и света, а также влажность воздуха, от которой зависит скорость испарения. В частности, основными климатическими факторами влияния на развитие эрозии являются термический режим – суммы среднесуточных температур выше  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  и соотношение между теплом и влагой, выраженное через радиационный индекс сухости, режим увлажнения территории, включающий вид выпадающих осадков – твердый или жидкий, характер осадков – ливневой или обложной, их интенсивность, запасы снега и режим его таяния в весенний период, среднегодовые суммы осадков, ветровой режим [81].

Современные глобальные колебания климатических показателей в первую очередь вызовут отклик в интенсивности эрозионных процессов. Проанализируем основные методы исследования климатических факторов, определяющих опасность проявления эрозии почв.

Одним из важных факторов, способствующих проявлению эрозии почв, является термический режим. Следующим, очень важным, фактором, вызывающим эрозию почв, является режим увлажнения территории, связанный с

характером выпадения осадков. Третьим фактором, влияющим на эрозионные процессы почв, является ветровой режим.

Отметим, что в процессе исследования всех климатологических характеристик выделяют следующие этапы климатологической обработки:

- формирование и контроль климатологических рядов;
- получение и оценка точности общей климатической информации;
- пространственное обобщение климатической информации;
- получение информации для диагноза и прогноза климата;
- разработка и расчет климатических показателей для прикладных целей.

Для выявления динамики пространственного распределения эрозии почв необходимо использовать методы пространственного обобщения климатической информации. К ним относится построение разномасштабных климатических карт, пространственное осреднение средних значений метеорологических величин, климатическое районирование данных и т. д.

Основой информационно-измерительной системы для исследования характеристик климата служат, прежде всего, данные приземных метеорологических наблюдений [НПБ 7]. В настоящее время для получения такого материала на территории Белгородской области функционируют 6 метеорологических станций Росгидромет – Богородицкое-Фенино, Белгород, Валуйки, Готня, Новый Оскол и Старый Оскол (рис.2.1). В табл.2.1 представлены их географические координаты.

*Таблица 2.1.*

#### Географические координаты метеорологических станций

№/ №	Метеостанция	Широта (φ)	Долгота (λ)	Высота над уровнем моря (м)
1	Белгород	50°38'	36°35'	224
2	Б. Фенино	51°09'	37°21'	226
3	Валуйки	50°13'	38°06'	112
4	Готня	50°47'	35°46'	220
5	Новый Оскол	50°45'	37°52'	140
6	Старый Оскол	51°18'	37°53'	218



Метеорологическая станция Богородицкое-Фенино расположена на открытой местности в северо-восточной части области, на высоте 226 м над уровнем моря. Она основана доктором сельскохозяйственных наук И.А. Пульманом в 1881 году. В настоящее время эта станция имеет статус метеорологической станции второго разряда и успешно работает более 130 лет. Ценность станции заключается в том, что ее местоположение никогда не менялось. Поэтому при характеристике климата исследователи, прежде всего, используют данные метеостанции Богородицкое-Фенино.

Метеорологическая станция Белгород сейчас находится практически рядом с взлетной полосой на открытой местности в северо-восточной части города. От здания аэропорта метеоплощадка удалена на расстояние почти в 1 км. Ее высота над уровнем моря составляет 224 м. В настоящее время станция функционирует как авиаметеорологическая станция (АМСГ), но вся информация используется также и для обслуживания других отраслей народного хозяйства, включая прогнозы погоды для населения.

Самой западной станцией области является метеорологическая станция Готня. Она была открыта 1 января 1928 г. Управлением Донецкой железной дороги и расположена на высоте 226 м над уровнем моря. Она находится в Ракитянском районе недалеко от поселка Пролетарский. В настоящее время данные метеостанции Готня широко используются для характеристики климатических условий западных районов не только Белгородской области, но и ЦЧР в целом.

Для характеристики климата степных районов используют данные метеорологической станции Валуйки, находящейся на юго-востоке области. Метеостанция была открыта в 1895 г. при железнодорожной станции. Ее местоположение никогда не менялось. Высота над уровнем моря составляет 112 м. Дополнительно к метеорологической программе за последние годы на этой станции определяют один раз в декаду влажность почвы на сельскохозяйственных полях.

Метеорологическая станция Новый Оскол расположена в центральной части области в широкой долине реки Оскол. Здесь метеорологические наблюдения были начаты в 1885 г. и продолжались с частыми перерывами до 1919 г. Метеостанция многократно переносилась с места на место, что сказывается на однородности ряда наблюдений. Высота над уровнем моря составляет 140 м. По материалам этой станции можно составить общеклиматическое представление о центральных районах Белгородской области. Правда, при этом надо учитывать, что ее местоположение в долине реки сказывается на местной циркуляции, приводящей к усилению восходящих токов, отталкивающих уровень конденсации выше, что приводит к небольшому уменьшению количества выпадающих осадков.

В Старом Осколе метеорологические наблюдения были начаты в 1872 г., но не в полной мере. За историю работы местоположение станции часто менялось. Начиная с 1958 года по 1988 г. станция находилась в северо-восточной части города. В 1988 г. станция была перенесена на территорию аэропорта и там остается по настоящее время. Высота станции над уровнем моря составляет 218 м [56].

Далее рассмотрим методы исследования основных климатических факторов.

*Термический режим.* Исследование многолетнего режима температуры воздуха и почвы представляет значительный интерес не только для теоретической климатологии, но для специалистов прикладной климатологии, в частности, для разработки экологических проектов при строительстве объектов народного хозяйства разного назначения, при строительстве газопроводов, нефтепроводов, прокладке линий связей, при оценке интенсивности эрозионных процессов и т.д.

Основными показателями температурного режима воздуха и являются статистические характеристики месячных, суточных, срочных рядов температуры, максимальных и минимальных значений температуры за сутки. Для оценки интенсивности эрозии почв важными показателями являются данные

о температуре на поверхности почвы и в верхних горизонтах (в пахотном слое) почвы.

Дать оценку термического режима в пределах определенной метеорологической станции можно посредством показателей распределения средних суточных температур, средних и крайних дат перехода средней суточной температуры через заданные пределы, дат первого и последнего заморозка и характеристик непрерывной продолжительности температуры выше (ниже) определенных уровней.

Среднюю многолетнюю декадную и среднюю суточную температуру конкретного дня принято определять графическим способом, при ручной обработке – методом гистограммы (гистограмма строится по данным о средних месячных температурах за все месяцы года), при автоматизированной – методом сплайн-интерполяции [68]. Суть сплайн-интерполяции заключается в определении интерполирующей функции по формулам одного типа для различных подмножеств и в стыковке значений функции и ее производных на границах подмножеств. Наиболее изученным и широко применяемым является вариант, в котором между любыми двумя точками строится многочлен  $n$ -й степени, который в узлах интерполяции принимает значения интерполируемой функции и непрерывен вместе со своими  $(n-1)$ -й производными. Такой кусочно-непрерывный интерполяционный многочлен, показанный в формуле 2.1 называется сплайном.

$$S_{(x)} = \sum a_{jk} x^k \quad (2.1)$$

Для вычисления средних температур воздуха используются данные наблюдений в основные метеорологические сроки. Истинными средними суточными температурами принимают средние значения, вычисляемые по ежечасным наблюдениям. Правда, для большинства метеорологических станций среднесуточные значения температуры воздуха рассчитываются по данным за 8 сроков измерений.

Средние суточные, вычисленные по данным наблюдений за восемь сроков, практически не отличаются от «истинных» средних суточных более чем на  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , т. е. они вычисляются с предельно возможной точностью, и поэтому нет необходимости вводить к ним поправки.

После приведения к истинным средним устраняют климатологические неоднородности рядов, возникающие по другим причинам. Наиболее распространенными причинами неоднородности температурных рядов являются перенос метеорологической площадки, изменение характера окружающей метеорологическую площадку обстановки (вырубка или насаждение деревьев, застройка и т. п.), изменение методов наблюдения (например, изменение конструкции психрометрической будки). Выявление и устранение обнаруженной неоднородности рядов осуществляется методом разностей или на основании использования описанных выше статистических критериев проверки однородности. После устранения неоднородности рядов вычисляются средние месячные и средние годовые температуры (нормы) как для опорных, так и для короткорядных станций.

Согласно исследованиям, проведенным в Главной геофизической обсерватории (ГГО им. А.И. Воейкова), в качестве основного периода осреднения для температуры воздуха и почвы рекомендуют использовать длинный стандартный ряд наблюдений, не менее 30 лет. Этот период рекомендован Всемирной Метеорологической Организацией для оценки тенденций изменений климатических факторов и называется «нормой». С одной стороны, это вызвано тем, что характеристики термического режима подвержены значительным колебаниям из года в год, и, с другой стороны, отмечающимся, на большей части территории РФ, трендами температуры. Оценка целесообразности приведения начиналась с тех месяцев, для которых разности особенно неустойчивы. Если приведение для этих месяцев оказывалось целесообразным, то проверки для остальных месяцев не делались. В противном случае проверка целесообразности приведения выполнялась для всех 12 месяцев. На практике, в наших широтах, как правило, анализ основных стати-

стических характеристик проводится по данным в центральные месяцы сезонов года.

Однако, на счет продолжительности определения «норм» среди климатологов нет единого мнения. Прежде всего, неясно, следует ли вообще пересчитывать нормы, которые определялись за период 50-80 лет и обладают значительной устойчивостью. Если нормы обновлять, то с какой периодичностью это следует делать и какие весовые коэффициенты следует принять при осреднении месячных температур за отдельные годы. В настоящее время большинство климатологов придерживаются мнения, что для температуры воздуха за «норму» следует принимать средние значения за 30 лет наблюдений [25].

Затем предлагают вычислять средние месячные температуры за каждое десятилетие и сопоставлять их с нормами при помощи теста Стьюдента – Критерий Стьюдента (t-тест) – это статистический метод, который позволяет сравнивать средние значения двух выборок и на основе результатов теста делать заключение о том, различаются ли они друг от друга статистически или нет. Если различие между нормой и средним за последнее десятилетие оказывается статистически значимым, то норма пересчитывается с учетом данных за последние годы [25].

По мнению Н.В. Кобышевой более правильно обновлять нормы лишь тогда, когда это требуется по ходу климата, например, если после периода, за который определены старые нормы, наблюдается длительное потепление [41]. Значения средних суточных температур от середины предыдущего месяца до середины последующего месяца определяются по формулам 2.2 и 2.3:

$$\bar{x}_1(t) = A_{i-1} + B_{i-1} \left( t - i + \frac{3}{2} \right) + C_{i-1} \left( t - i + \frac{3}{2} \right)^2 + D_{i-1} \left( t - i + \frac{3}{2} \right)^3, \quad (2.2)$$

$$t \in \left( i - 1, i - \frac{1}{2} \right)$$

$$\bar{x}_1(t) = A_i + B_i \left( t - i + \frac{1}{2} \right) + C_i \left( t - i + \frac{1}{2} \right)^2 + D_i \left( t - i + \frac{1}{2} \right)^3, \quad (2.3)$$

$$t \in \left( i - \frac{1}{2}, i \right)$$

где  $C_i$  определяется из системы уравнений 12-го порядка (формула 2.4):

$$\frac{1}{24}C_{i-2} + \frac{19}{6}C_{i-1} + \frac{115}{12}C_i + \frac{19}{6}C_{i+1} + \frac{1}{24}C_{i+2} = 8\bar{x}_{i-1} - 16\bar{x}_i + 8\bar{x}_{i+1} \quad (2.4)$$

$(\bar{x}_{i-1}, i, i + 1)$  – средние месячные температуры трех соседних месяцев;

$t$  – время в месяцах);

$\bar{x}_i(t)$  – средние суточные температуры.

Коэффициенты  $B_i, D_i, A_i$  находятся последовательно по формулам 2.5 – 2.7:

$$B_i = \bar{x}_{i+1} - \bar{x}_i + \frac{1}{192}C_{i-1} - \frac{115}{192}C_i - \frac{77}{192}C_{i+1} - \frac{1}{192}C_{i+2}; \quad (2.5)$$

$$D_i = \frac{1}{3}C_{i+1} - \frac{1}{3}C_i; \quad (2.6)$$

$$A_i = \bar{x}_i + \frac{1}{8}B_{i-1} + \frac{5}{24}C_{i-1} + \frac{17}{64}D_{i-1} - \frac{1}{8}L_i - \frac{1}{24}C_i - \frac{1}{24}D_i. \quad (2.7)$$

Для расчета среднего квадратического отклонения и коэффициента асимметрии суточных и срочных значений температуры воздуха используются формулы 2.8 – 2.9:

$$\sigma' = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k (x_{ji} - \bar{x}_j)^2}{kN}}, \quad (2.8)$$

$$A' = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k (x_{ji} - \bar{x}_j)^3}{\sigma'^3}, \quad (2.9)$$

где  $x_{ji}$  – значение температуры воздуха (среднее суточное или в один из сроков);  $\bar{x}_j$  – среднее многолетнее значение температуры воздуха;  $j$  – сутки месяца ( $j = 1, \dots, k$ ),  $k$  меняется от 28 до 31 в зависимости от месяца;  $i$  года ( $i = 1, \dots, N$ ).

Формулы автокорреляционных функций 2.10 – 2.11 имеют в общем случае следующий вид:

для суточных значений температуры

$$r(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{l=j+1}^{k-l} (x_{ji} - \bar{x}_j)(x_{li} - \bar{x}_l)}{\sigma_j \sigma_l}, \quad (2.10)$$

где  $j, l$  – сутки месяца;  $i$  – год;  $x_{ji}$  и  $x_{li}$  – средняя суточная температура;  $\tau$  – сдвиг во времени в сутках,  $\tau = jl$ ;

для срочных значений температуры

$$r(t_k, t_l) = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{ki} - \bar{x}_k)(x_{li} - \bar{x}_l)}{\sigma_k \sigma_l}, \quad (2.11)$$

где  $t_k, t_l$  сроки суток ( $k, l = 1, \dots, 24$ );  $x_{ki}$  и  $x_{li}$  – срочная температура в  $i$ -м году;  $\bar{x}_k$  и  $\bar{x}_l$  – средняя многолетняя температура в  $k$ -й и  $l$ -й сроки.

Важной характеристикой температурного режима является повторяемость различных значений средней, максимальной и минимальной суточных температур воздуха, которая, в сравнении со средними и экстремальными значениями, оказывается более устойчивой в пространстве характеристикой. Повторяемость суточных температур принято выражать в днях, хотя можно ее также выражать в процентах от всего числа дней в данном месяце. Температура воздуха обладает довольно большой изменчивостью. Поэтому повторяемость температуры рассчитывают не через 1 °С, а по более крупным интервалам, обычно через 5 °С. Для вычисления повторяемости с точностью до 0,1 дня требуются ряды наблюдений длительностью не менее 30 лет. По более коротким рядам следует вычислять повторяемость с точностью до 1 дня [41].

Для различных отраслей народного хозяйства, в частности, для сельского хозяйства, строительного проектирования и др., особый интерес составляют средние и крайние даты перехода через заданные пределы. Переход средних суточных значений температуры позволяет судить о климатических условиях данного района и об их динамике.

Помимо средних и крайних дат перехода через заданные пределы, определяются даты первого мороза осенью и последнего мороза весной, по которым, в свою очередь, устанавливается продолжительность безморозного периода.

Для оценки изменений температурного режима в исследуемых пунктах, нами были проанализированы среднемесячные значения температуры воздуха за последние 30 лет с климатической «нормой-80» в каждом пункте. Исследования проводились в целях оценки динамики температуры воздуха в

центральные месяцы сезонов (январь, апрель, июль, октябрь) и по среднегодовым значениям. Были определены статистические характеристики временных рядов, такие как стандартное отклонение ( $\sigma$ ), коэффициент тренда ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет) и вклад тренда в дисперсию (%). Временной период был использован как за десятилетний период, так и за 30-летний период.

Представляет интерес методика составления карто-схем пространственного распределения температуры воздуха. Карто-схемы были построены по среднегодовым значениям и по центральным месяцам сезонов года. На первом этапе на карто-схему наносились данные температуры воздуха всех метеорологических станций. Затем с учетом орографических особенностей и высоты над уровнем моря были проведены изотермы через  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Использование такой градации стало возможным, так как перепады высот не превышают 150 м на всей территории ЦЧР. При таких градиентах можно с максимальной вероятностью точно проанализировать пространственное распределение температуры воздуха.

*Методика исследования режима увлажнения.* Наряду с температурой воздуха, важнейшей метеорологической характеристикой являются атмосферные осадки. К климатическим показателям осадков относится количество, продолжительность и их интенсивность, присутствие осадков и их отсутствие. Особенности климатологической обработки и значительное число показателей вытекают из разновидностей осадков, которые бывают жидкими, твердыми и смешанными.

Все основные статистические характеристики, за исключением автокорреляционной функции, рассчитываются по главному показателю осадков – их количеству. По причине слабой внутрирядной корреляции, расчет автокорреляционной функции не представляет значительного интереса и используется крайне редко [41].

Количество осадков, в отличие от других климатических характеристик, рассматривается в суточном разрезе, а не по срокам. Производится расчет сумм декадных, месячных, сезонных и годовых величин. Определяют ко-

эфициенты вариации и асимметрии общего количества осадков по месяцам и за год, среднего месячного и годового количества жидких, твердых и смешанных осадков.

Продолжительность осадков в климатологическом плане характеризуется средним числом дней с осадками по градациям их количества и обычно представлена средним значением по месяцам и за год, а также квантилями различной обеспеченности, получаемыми расчетным способом [41].

Интенсивность осадков, в свою очередь, выражается средним значением и повторяемостью различных значений. Затруднения в расчетах среднего количества осадков заключаются в несовершенности методики их измерения и их зависимость от окружающей местности.

В рядах наблюдений за атмосферными осадками как минимум дважды наблюдались значительные нарушения их однородности. В первом случае, это связано с переносом станций на открытое место в 1930 г., которое оказалось нерепрезентативным в большей степени для твердых осадков. Однако это нарушение получилось ликвидировать посредством создания справочников через построение корреляционных графиков на соседних переносимой и реперной станциях.

Второе нарушение было зафиксировано в 1952-1954 гг., когда на сети станций дождемер с защитой Нифера заменил осадкомер с защитой Третьякова. Его удалось предотвратить через определение поправочных коэффициентов на основании ряда параллельных наблюдений по дождемеру и осадкомеру. В зависимости от вида осадков, физико-географической дифференциации, скорости ветра и типа защищенности местоположения установки прибора разработаны таблицы коэффициентов, относящиеся только к твердым осадкам. Смешанные осадки исправляются на половину его значения. Поскольку после введения осадкомера проблема недоучета осадков не была устранена в полной мере, появилась необходимость в создании дополнительных поправок измеряемых осадков.

Скорость ветра на уровне приемной площади осадкомерного ведра и размер дождевых капель определяют зависимость ветрового коэффициента жидких, твердых и смешанных осадков. Двум последним, в том числе, свойственна зависимость от температуры воздуха. Ветровой коэффициент  $K_{ж}$  при измерении жидких осадков зависит и от скорости ветра на уровне приемной площади осадкомерного ведра, и от размера дождевых капель [84]. Последний характеризуется параметром структуры жидких осадков  $N_1$ . Это доля мелкокапельных дождей с интенсивностью  $\leq 0,03$  мм/мин, выраженная в процентах от месячной суммы. Ветровой коэффициент определяется по формуле 2.12:

$$K_{ж} = 100 / (100 - 0.038) N_1 \quad (2.12)$$

Для периода выпадения твердых осадков рассчитывается метелевая поправка, представляющая собой произведение ветрового коэффициента и количества снега дефляционного происхождения (снег, проходящий сверху вниз через горизонтальную поверхность на уровне осадкомера).

В последнее время при первичной обработке наблюдений за осадками в данные включается поправка «на смачивание», с целью устранения потерь незначительного количества влаги, которое остается на стенках дождемерного ведра при выливании осадков в мерный стакан.

Внедрение поправок на смачивание дает возможность рассчитать число дней с осадками. Если величина данного показателя составляет не менее 0,1 и 0,5 мм, поправка на смачивание заметно изменяет соотношение числа дней с осадками различных градаций. Когда число дней с осадками не менее 0,1; 0,5; 1,0; 5,0; 10,0; 20,0; 30,0 мм можно определить как частоту осадков, так и повторяемость их интенсивности.

При балансовых расчетах суммы осадков вводят поправку «на испарение», которая составляет около 2-8 %. Однако, в переходные месяцы года, в период уже относительно высокой температуры воздуха и отсутствии накладной воронки в осадкомерном ведре, она увеличивается до 15-20 %.

В научно прикладном справочнике «Климат России» установлены доли осадков от их общей суммы для каждого географического района, согласно которым месячные и годовые количества осадков классифицируются на жидкие, твердые и смешанные [74].

В сводных таблицах по осадкам, хранящимся в фондах Мирового Центра данных (МЦД) и Региональных Управлениях по гидрометеорологии и контролю природной среды, представлены данные, в которые внесены вышеприведенные поправки.

Для оценки изменений количества выпадающих осадков в исследуемых пунктах, нами были проанализированы их среднемесячные значения за последние 30 лет и проведено сравнение с многолетними данными (с климатической «нормой-80») в каждом пункте. Исследования проводились в целях оценки динамики осадков в центральные месяцы сезонов (январь, апрель, июль, октябрь) и по среднегодовым значениям. Были определены статистические характеристики временных рядов, такие как стандартное отклонение ( $\sigma$ ), коэффициент тренда (мм/10 лет) и вклад тренда в дисперсию (%). Временной период был использован как за десятилетний период, так и за 30-летний период.

Для выявления режима осадков в течение года представляет интерес анализ соотношения количества выпадающих осадков в зимний и летний период. Кроме того, проведены исследования вариации выпадающих экстремального количества осадков.

Также выявлен общий отрицательный тренд изменения осадков на станциях, расположенных в северной (Богородицкое-Фенино), западной (Готня), центральной (Белгород) и южной частей (Валуйки) за 30-летний период.

По аналогии с анализом температуры воздуха, нами составлены карто-схемы пространственного распределения месячных и годовых сумм осадков. Карто-схемы были построены по среднегодовым значениям и по центральным месяцам сезонов года. На первом этапе на карто-схему наносились дан-

ные сумм осадков всех метеорологических станций. Затем с учетом орографических особенностей и высоты над уровнем моря были проведены изогиеты (линии равного количества сумм осадков) на карте годовых сумм через 50 мм, на карте июля – через 10 мм, а на картах остальных сезонов – через 5 мм. Использование таких градаций позволяет более точно провести изогиеты с учетом перепадов высоты над уровнем моря, с учетом орографических особенностей и других физико-географических факторов. Благодаря этим картограммам появляется возможность более детального анализа пространственного распределения осадков по всей территории области.

Климатологическая обработка данных характеристик влажности воздуха, в частности, парциального давления, относительной влажности и дефицита насыщения, проводится приблизительно так же, как и анализ данных по температуре воздуха.

При исследовании климатических изменений и колебаний не принято изучать ряды влажности в разрыве с характеристиками температуры воздуха. Среди характеристик влажности чаще принято рассчитывать число дней с большими и малыми значениями влажности. Зачастую, особо тонкие характеристики этой метеорологической величины не вычисляются, из-за серьезных погрешностей исходных данных. Это связано со значительной инерцией волосного гигрометра, используемого для измерения влажности в зимний период, когда наблюдаются отрицательные температурные значения.

Свои особенности имеет расчет среднего числа дней, когда относительная влажность не превышает 30 %. Считается, что день, когда относительная влажность ни в один из сроков не более 30 % – это день с относительной влажностью, не превышающей 30 %. Особенность этого порога связана с тем, что низкая влажность приносит вред растениям. Понижение ее ниже 30 % приводит к потере тургора в листьях, а при продолжительной засушливости – к преждевременному усыханию листьев, уменьшению фотосинтезирующей поверхности посева и в конечном итоге – к уменьшению урожая [25]. В работе проведено исследование суточного и годового хода от-

носительной влажности, проведен анализ пространственного изменения коэффициентов увлажнения, как комплексного показателя увлажнения территории.

*Методика исследования характеристик ветра.* Основными характеристиками ветра являются направление и скорость. Для расчета климатических характеристик направления ветра используют сведения о числе случаев повторения ветров различных направлений по восьми румбам и числе штилей, содержащиеся в выписках из месячных таблиц метеорологических наблюдений.

Обработка материала, прежде всего, начинается с ознакомления с историей и месторасположением станции, планом размещения приборов. На базе этих материалов составляется роза открытости станции по горизонту согласно классификации В. Ю. Милевского [69].

Режим ветра в значительной степени зависит от условий местности и связь между соседними станциями не всегда достаточно надежна. Поэтому исследование качества исходного материала и оценку однородности рядов необходимо осуществлять методом критического просмотра данных и сопоставлением наблюдений от года к году на одной и той же станции. Основными факторами возникновения неоднородности рядов наблюдений являются: застройка, вырубки деревьев, недоброкачественная установка или уход за флюгером, его перенос, а также недостаточный опыт или смена наблюдателя [41].

Для удобства исследования исходного материала необходимо создавать розы ветров. Повторяемость направлений ветра выражается в процентах от общего числа случаев и рассчитывается для каждого из восьми румбов. Штили также выражаются в процентах от общего числа, но они не учитываются в общем числе наблюдений, принимаемых за 100 % при подсчете повторяемости направлений ветра. Это обусловлено зависимостью повторений штилей от условий местности и степенью доброкачественности установки и ухода за флюгером. Нарушения могут отрицательно отразиться на сравнении характеристик ветра соседних станций.

В большинстве случаев наблюдения за ветром на станциях осуществляются при помощи анеморумбометра М-12 и М-63, которые, в отличие от флюгеров, способны более точно распознавать штили и отличать их от слабых ветров.

Чтобы получить достаточно устойчивые значения средней скорости ветра, обычно достаточным является обработка 10-летнего ряда наблюдений. Это связано с его сравнительно невысокой изменчивостью. В свою очередь, получение надежных характеристик повторяемости различных скоростей ветра, обусловлено необходимостью использования более длинных рядов наблюдений и зависит от числа градаций – большее число градаций, связано с использованием более длинных рядов. В справочнике по климату с учетом точности наблюдений, обеспечиваемой флюгером, предложены следующие градации для расчета повторяемости направлений: 0, 1, 2-3, 4-5, 6-7, ..., 16-17, 18-20, 21-24, 25-28, 29-34, 35-40, больше 40.

Получение устойчивых значений максимальной скорости ветра является сложной задачей, связанной, в частности, с конструктивными особенностями флюгера. В связи с этим целесообразнее получать эту характеристику расчетным путем. Широкое распространение получили методики, предложенные Л. Е. Анапольской [2]. Переход от флюгера к анеморумбографу М-12, а в дальнейшем к анеморумбометру М-63 отразился на неоднородности рядов наблюдений, связанной с тем, что интервал осреднения скорости ветра на флюгере составляет 2 мин, в то время как, к примеру, на анеморумбометре М-63 осреднение происходит за 10-минутный интервал. Данное несоответствие устранено методом составления графиков перехода от показаний одного прибора к другому, основанных на параллельных наблюдениях по флюгеру и анеморумбометру М-63. Из фондовых материалов нами выбраны данные скорости и направления ветра, приведенные с учетом всех поправок.

Для решения ряда практических задач, к примеру, при планировании городской застройки и проектировании взлетно-посадочной полосы, необходимо изучать соответствие скоростей ветра различным направлениям ветра.

В частности, для учета особенностей ветрового режима используется такой климатический показатель, как повторяемость направлений ветра по градациям скорости, характеризующий повторяемость различных сочетаний скорости и направления ветра.

Для получения более точных результатов рекомендуется использовать более длинные ряды наблюдений (50-60 лет). Однако на практике чаще используют более короткие ряды (20-25 лет). Это связано с тем, что основное число наблюдений приходится на относительно узкий диапазон скоростей, как следствие, упускаются случаи возникновения редких штормов, возникающих при несвойственных им направлениях ветра. Заметим, что нами взяты за основу данные за 30 лет.

Рассчитывая повторяемость направлений ветра по градациям скорости, за 100 % необходимо принимать все случаи наблюдений за ветром, включая штили. Далее производится расчет повторяемости для каждого сочетания скорости и направления ветра.

## **2.2. Методика изучения эрозии почв**

Для изучения влияния отдельных факторов и их сочетаний на проявление эрозии, оценки интенсивности эрозии, эффективности различных противоэрозионных мероприятий применяются различные методы полевых и лабораторных исследований:

- стоковые площадки на склонах и учет эрозии по малым водосборным бассейнам;
- различные по конструкции дождевальные установки для изучения эрозии в полевых условиях;
- дождевальные установки и гидрологические лотки для изучения эрозии в лабораторных условиях;
- методы оценки интенсивности проявления эрозии для больших территорий [5].

Методы изучения эрозии можно разделить на натурные исследования и моделирование эрозии в поле и на лабораторных установках. Первый из раздела натуральных методов исследований является учет эрозии по замеру объема струйчатых размывов. Этим методом можно определить объем смытой почвы после выпадения одного или нескольких ливней. После стока талых вод или выпадения ливня поперек склона – перпендикулярно линии тока – на протяжении примерно 100 м вдоль протянутой мерной ленты замеряется ширина и глубина всех образовавшихся струйчатых размывов и затем вычисляется их суммарное сечение.

При использовании описанного метода на полях могут возникнуть определенные сложности, где почва перед стоком алых вод была обработана вдоль склона. В этом случае будет довольно трудно установить количество почвы, снесенной по бороздам при струйчатом стоке осадков. Однако, несмотря на недостаток этого метода, метод учета струйчатых размывов позволяет на любом участке поля без необходимого сложного оборудования определить смыв почвы от стока талых вод, выпадения одного или нескольких ливней на различном агрофоне.

Для оценки интенсивности многолетней поверхностной эрозии используют метод шпилек, который основывается на замере изменения уровня поверхности почвы в результате эрозии. Этот метод можно применить не только на небольших площадях, но и для оценки интенсивности эрозии по всему склону. В последнем варианте по продольному профилю склона закладывается ряд реперов, по которым ведут замеры изменения уровня почвы. Замеряя изменение уровня поверхности почвы за многолетний период, нельзя относить все удаление почвы только за счет эрозии. На склонах могут проявиться и другие процессы деструкции, а на обрабатываемых крутых склонах значительное количество почвы перемещается к подножию и почвообрабатываемыми машинами. Поэтому все это следует учитывать при оценке интенсивности эрозии данными методами [91].

Во многих современных лабораториях для измерения изменения уровня поверхности почвы и замера струйчатых размывов применяется метод микронивелирования. На исследуемой площадке размещаются опорные реперы, на которые в процессе измерения опирается жесткая дюралевая балка двутаврового сечения длиной 150 см. На балке помещается подвижная тележка с установленным на ней шпиценмасштабом. Вертикальные промеры для таких замеров проводятся через 2 см.

Также широко применяется метод изучения интенсивности эрозии фотопрофилированием. Для такого вида измерений был специально создан прибор – речный профилограф, с помощью которого поверхность эродируемой почвы измеряется фотографированием. Профиль измеренной поверхности фиксируется на экране профилографа. При дальнейшей камеральной обработке по фотографиям определяют площадь поперечного сечения и вычисляют объем смытой почвы.

Для детального изучения закономерностей и интенсивности эрозии на небольших площадках применяется метод короткодистанционной стереофотограмметрической съемки, который позволяет точно определить объем смытой и намывной почвы путем учета мельчайших изменений поверхности почвы после выпадения ливня. Для этой цели используются две фотокамеры «Спутник». На площадке 1,4 на 3,5 м через 10 см натягиваются нити, и по образовавшейся квадратной сетке учитывается произошедшее изменение рельефа после прошедшего ливня. Затем строятся изолинии смещения почвы и подсчитываются объемы смытой почвы. Точность определения такого вида исследования равна  $\pm 1,5$  мм.

Все вышеперечисленные методы не дают достоверной возможности определения объема поверхностного стока талых и дождевых вод, динамике стока и динамике самого процесса смыва почвы в связи с гидрографом стока. Эти задачи решаются на стоковых площадках.

Стоковые площадки позволяют учитывать как жидкий, так и твердый сток, т. е. склоновый сток воды и смыв почвы. Кроме стоковых площадок со

стенками-ограничителями, сток и смыв на склонах иногда изучают на площадках без ограничительных бортиков. Таким путем, например, может изучаться сток и эрозия на водосборе небольшой ложбины на склоне.

В.В. Сластихиным было отмечено, что на площадках без боковых ограничительных стенок можно без помех проводить весь комплекс агротехнических приемов, связанных с возделыванием сельскохозяйственных культур [83]. Размер площадок зависит от величины водосборных площадей ложбин и может быть равен и десятым долям гектара, и нескольким гектарам. Площадки охватывают как приводораздельную, так и склоновую часть малого водосбора. Исключается пристенное влияние ограничителей, которое может исказить характер склонового стока и смыва. Все перечисленное дает основание считать, что результаты наблюдений на стоковых площадках без стенок-ограничителей, охватывающие водосбор одной-двух типичных для районов исследования ложбин, более всего отвечают условиям неискаженного поверхностного стока по склону.

При использовании данного метода для получения достоверных обоснованных выводов о закономерностях проявления эрозии на элементарных склонах и водосборных бассейнах необходим длительный ряд наблюдений – не менее 22-25 лет, что в среднем соответствует двум циклам максимальной солнечной активности. Результаты краткосрочных наблюдений могут привести к ошибочным выводам.

## **ГЛАВА 3. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКА**

### **3.1. Анализ и оценка вариаций термического режима**

В настоящее время многими учеными-почвоведомы, агрономами достаточно широко и глубоко изучено воздействие климата на почвенную деградацию и выявлено, какие климатические характеристики в большей степени способствуют образованию и развитию эрозионных процессов почвы. К таким показателям относятся, прежде всего, характер увлажнения, ветровой и термический режимы.

Изучение этих показателей проводится по данным метеорологических станций, действующих в системе Гидрометеослужбы Российской Федерации. Анализ конкретных показателей выполняется за стандартный 30-летний период, принятый как «норма». Такая «норма» рекомендована Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО) для оценки трендов происходящих климатических изменений. Поэтому для исследования основных климатических характеристик нами взяты данные за 1981-2010 гг. Для выявления характера изменения отдельных показателей нами использовались данные за другой 30-летний период – с 1971 по 2000 гг., которые подробно исследованы Г.Н. Григорьевым и его соавторами работе [18].

Изменение климатических условий на территории нашей области определяются тенденциями глобальных климатических вариаций, зависящих как от природных, так и от антропогенных факторов. В настоящее время, на фоне общего тренда потепления, наблюдается диаметрально противоположная тенденция вековой прохладно-влажной фазы климата. Современный тренд потепления несколько сглаживает развитие внутривековых и вековых прохладно-влажных фаз климата и, наоборот, имеет тенденцию усиления тепло-сухих периодов. Внутривековые 30-летние колебания климата в нашей области проявляются в периодичности изменчивости температурных харак-

теристик и условий увлажнения, а также тенденций развития циркуляционных процессов и достоверно подтверждаются данными инструментальных наблюдений. По данным метеорологических наблюдений за 1981-20010 гг. М.Г. Лебедевой и соавторами построена карта климатических условий Белгородской области (рис. 3.1) [53].

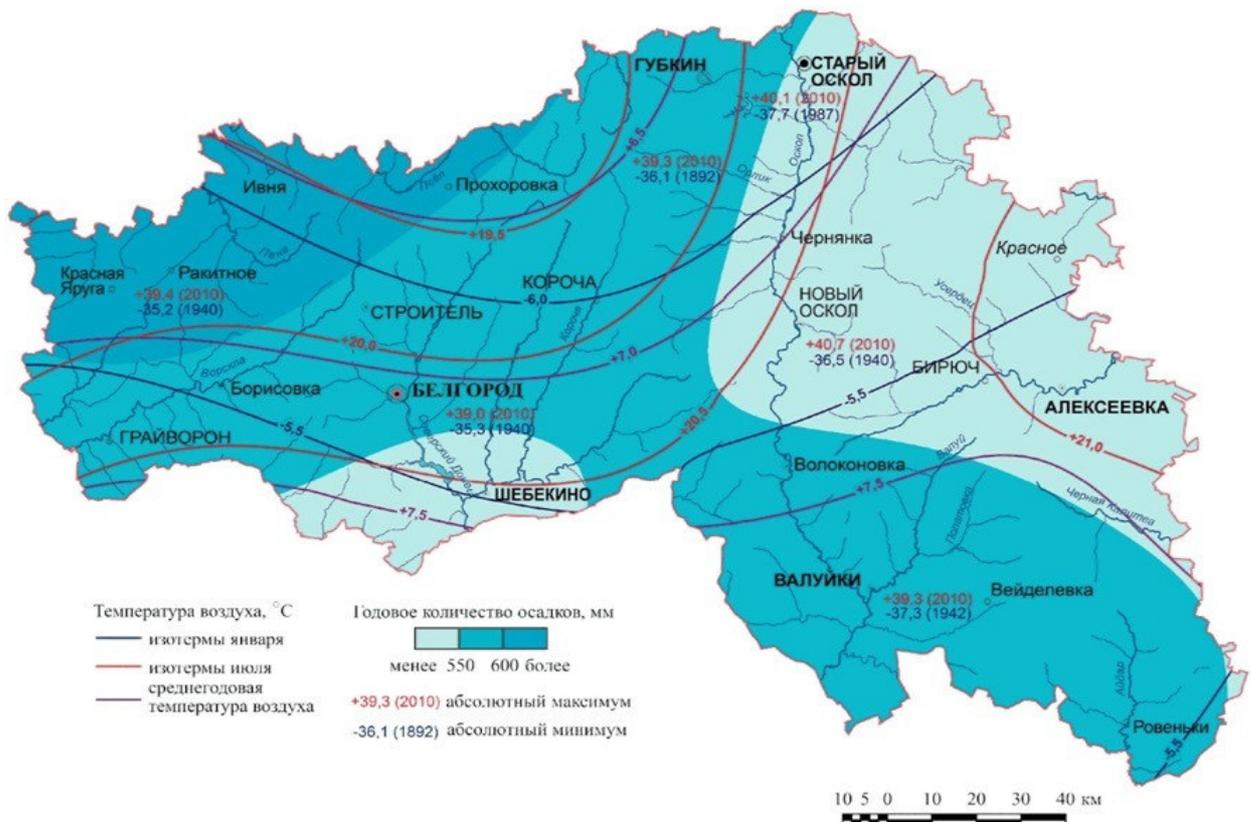


Рис. 3.1 Климатическая карта Белгородской области [53]

По сравнению пространственного распределения отдельных показателей на картах за рассматриваемый период и за 1971-2000 гг. оказалось, что общая тенденция распределения осадков сохранилась. Однако, смена характера изменения циркуляционных условий (преобладание субмеридиональной циркуляции по сравнению с предыдущим периодом субширотной циркуляции) сказалась на конфигурации распределения изогий: меньше осадков выпало в восточной периферии [18].

Положение изотерм в зимние месяцы показывает, что по всей области температура воздуха повысилась на 2 °С, в летние месяцы температура воз-

духа в среднем повысилась на 1 °С. Среднегодовые температуры воздуха по всей территории увеличились на 0,5 °С.

Потепление климата сказалось на продолжительности метеорологических сезонов. Заметно сократился зимний период со средне-суточной температурой воздуха ниже 0 °С, а продолжительность летнего периода (среднесуточная температура воздуха выше +15 °С) на 3 дня стала больше. Это можно увидеть из табл. 3.1.

*Таблица 3.1*

Даты начала и продолжительность метеорологических сезонов

Годы	Зима		Весна		Лето		Осень	
	Даты начала сезона	Продолжительность						
1971-2000	12. 11	127	19.03	65	23.05	105	5.09	68
1981-2010	23.,11	120	15.03	66	18.05	108	1.09	71

Как видно из табл. 3.1 продолжительность осеннего периода в среднем по области увеличилась на 3 дня, как и в летний период. Весенний период остался практически без изменения. Данная тенденция отражает, помимо известного потепления «по зимнему типу», и факт регулярно отмечаемых весенних возвратов холодов-заморозков в мае, достаточно длительных и интенсивных в конце XX – начале XXI вв.

Представляют интерес сведения об экстремальных температурах: если абсолютные минимумы остались прежними, то абсолютные максимумы изменились, что отражено в табл. 3.2.

Таблица 3.2

## Экстремальные температуры воздуха (°С) в Белгородской области

Метеостанции	Абсолютный минимум		Абсолютный максимум	
	температура	год	температура	год
Б. Фенино	-36,1	1892	39,3	2010
Белгород	-35,3	1940	39,0	2010
Валуйки	-37,3	1942	39,3	2010

В годы третьего десятилетия исследуемого периода (с 199 по 2000) наблюдались достаточно высокие значения среднегодовой температуры воздуха за весь период исследования. Самым теплым годом был 2010-й год. Именно в этот год были перекрыты зарегистрированные ранее абсолютные максимумы температуры воздуха в среднем на 1 °С. Это объясняется увеличением продолжительности выходов южных циклонов на Европейскую территорию России с одной стороны, а также ростом продолжительности блокирующих антициклональных процессов (в основном летом) с другой стороны. Увеличение частоты квазистационарных антициклонов привело к достаточно равномерному распределению направления ветра по сторонам горизонта и уменьшению его средней скорости [34].

На величинах температуры воздуха сказалась и смена характера циркуляции, которую можно увидеть из табл. 3.3 на примере данных метеостанции Богородицкое-Фенино.

Таблица 3.3

## Среднемесячные значения температуры воздуха (по данным метеостанции Богородицкое-Фенино)

Периоды	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1971-2000	-7,5	-7,0	-1,9	7,5	14,1	17,8	18,8	17,9	12,3	5,9	-1,1	-5,2	6,0
1981-2010	-6,3	-6,5	-1,3	7,7	14,2	17,8	19,6	18,6	12,7	6,5	-0,6	-5,2	6,4

Из таблицы 3.3 видно, что с 1970-х годов началось быстрое потепление. В этот период глобальные изменения климатической системы стали проявляться особенно активно. Основным фактором, определяющим колебания климатических параметров в северном полушарии планеты, является изменение характера одной из наиболее динамичных составляющих климатической системы – атмосферной циркуляции. В конце XX-начале XXI вв. вектор циркуляции атмосферы северного полушария сменился с широтного на субмеридиональный [19, 114]. Это привело к отклонениям основных характеристик климата от средних многолетних данных и в конкретных регионах, в том числе и в Белгородской области.

Нарастание меридиональной циркуляции формирует нестабильность атмосферы, что в результате влияет на повторяемость экстремальных значений метеорологических характеристик, прежде всего, теплого полугодия [115].

С начала XX века вероятность возникновения атмосферных процессов формирования «волн тепла» увеличилась в 3 раза. В тоже время снизилась вероятность отрицательных температурных аномалий в летний период. Продолжительность южных циклонов заметно уменьшается. Параллельно с окончанием роста продолжительности южных циркуляционных процессов Ю.Г. Чендев и др. выявлено прекращение нарастания среднегодовой температуры воздуха (с конца XX века) [114].

В 2014 г. А.Н. Петиним и соавторами установлена тенденция увеличения повторяемости стационарных антициклонов как в теплом, так и холодном полугодии. Рост продолжительности стационарирования блокирующих антициклонов в теплый период способствует увеличению температур воздуха. Согласно оценке возможности возникновения температурных аномалий для Белгородской области в наибольшей степени характерны проявления летних положительных экстремальных значений температуры [111]. Абсолютные температурные максимумы наблюдаемые в начале XX века обусловлены широтным западным переносом и распространением над ЦЧР гребней Азорского антициклона.

Отклонения в повторяемости основных форм циркуляции от средних многолетних повлияло на продолжительность метеорологических сезонов года на территории Белгородской области (Рис. 3.2).

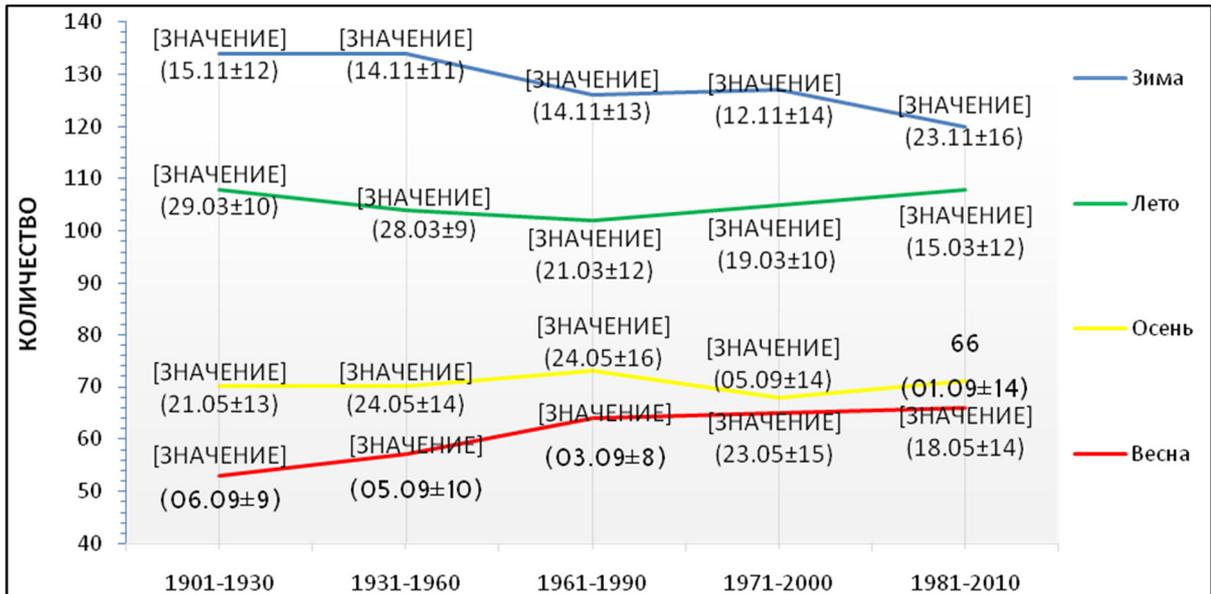


Рис. 3.2 Продолжительность и даты начала метеорологических сезонов года ( $\pm$ — стандартное отклонение)

С начала XX века значительно (на 2 недели) сократился зимний период [54]. При этом на рис. 3.2 видно, что количество зимних дней в интервале с 1901 по 1960 гг. не менялось, а основные вариации начинаются после 1961 г. Сходные тенденции были выявлены нами для всей территории ЦЧР [100]. По нашим исследованиям установлено, что изменение температурного режима сказывается на характере формирования роста и развития естественных растений, на адаптации интродуцентов разного географического происхождения, а также влияет на возникновение и развитие эрозионных процессов в конкретных природных условиях, прежде всего на склонах. Сравнительный анализ данных по температуре почвы в разных природных комплексах с данными на метеорологических станциях Белгородской области показал, что термический режим почв территории формируется под действием нескольких природно-климатических факторов: солнечной радиации, состава почв, экспозиции склонов, растительного покрова, а также климатических условий.

Исследование температуры почвы в пахотном слое (до 20 см глубины) на станциях Белгород, Богородицкое-Фенино и Валуйки показало, что в Белгороде и в Валуйках наблюдается небольшое превышение от средних многолетних значений (на 2-6 °С), что свидетельствует о более высоких температурах верхнего слоя почвы в многолетнем ходе по сравнению с данными на станции Богородицкое-Фенино. Температура почвы на станции Богородицкое-Фенино за эти годы также незначительно превышала многолетние значения. На наш взгляд, это объясняется особенностями погодных условий, установившихся летом 2009 и 2010 года на станции. Превышение значений составило от 2 до 7 °С. В целом ход сезонных температур почвы за исследуемый период полностью соотносился с многолетней сезонной динамикой.

Сравнение температурного режима воздуха на метеорологических станциях с данными на разных природных комплексах показал, что на ключевых участках и на метеостанции Белгород за период с 2002 по 2011 годы, наблюдается рост температуры по сравнению с климатической нормой для данной местности. Более явные различия имеют место в теплый период года, особенно в летние месяцы. В зимний период данные несколько нивелируются и различия не такие заметные. Сравнение коэффициента корреляции данных по температуре почвы степного участка с данными метеостанций Белгород и Богородицкое-Фенино и этих станций между собой показало, что они близки и колеблются в пределах 0,93-0,99, что с вероятностью 95 % позволяет предполагать наличие весьма тесной связи между этими показателями. Высокий уровень корреляционной связи позволяет считать данные о температуре почвы на степном участке наиболее репрезентативными и близкими соответствующим данным с метеостанций. Кроме того, сходство данных со степного участка с данными метеостанций позволяет предположить некоторое сходство природно-микrokлиматических условий, как в местах их расположения, так и в целом на территории Белгородской области.

Все вышеуказанные климатические тенденции могут создавать более благоприятные условия для формирования водно-эрозионных процессов в регионе, а наличие активной циклонической деятельности будет способствовать развитию процессов дефляции. Ниже более детально рассмотрим современные вариации режима увлажнения на территории Белгородской области.

### 3.2. Исследование режима увлажнения

Осадки являются одним из важных климатических показателей природно-ресурсного потенциала территории в целом. Они участвуют в формировании природных ландшафтов, определяют условия среды обитания и жизни человека. Они играют огромную роль в формировании процессов водной эрозии почв. В последнем случае основным фактором является поверхностный сток. В суммарном выражении поверхностный сток складывается из дождевого, которому соответствует дождевая эрозия (при сильных дождях – ливневая), талого, которая проявляется при снеготаянии. В отдельных ситуациях к этим двум видам рекомендуют относить и сток поливной воды – поливная (ирригационная) эрозия.

Режим осадков на любой территории формируется, прежде всего, под влиянием циркуляционных условий. Немалую роль играют также географические факторы [101]. Смена субширотной циркуляции атмосферы, преобладавшей в последнее 30-летие XX века на субмеридианальную за исследуемый период в Белгородской области оказала определенное влияние на изменение характера увлажнения территории. В частности, отметим, что отличительной особенностью климатических условий в начале XXI столетия является увеличение количества осадков на территории белгородской области примерно на 13 % от многолетней климатической нормы при тенденциях роста как годовых, так и сезонных температур. Но на фоне активного потепления их количества недостаточно для формирования оптимальных условий увлажнения. На современном этапе климатических изменений усиление ари-

дизации продолжается, особенно это касается явления атмосферной засухи [53].

Снежный покров является неотъемлемой частью зимнего ландшафта территории нашей области. Основным индикатором влияния всех климатообразующих факторов на протекание почвенно-эрозионных процессов в зимнее время является снежность. Снежность определяется как условие выпадения, отложения и количество выпадающих твердых осадков. Наиболее динамично рельефообразующие свойства снега проявляются в весенний период снеготаяния, когда снег при положительных температурах воздуха превращается в воду.

Нами установлено, что в течение периода исследования годовое количество осадков в регионе возросло в среднем на 5 % [102]. Годовой ход осадков представлен в табл. 3.4.

*Таблица 3.4*

Суммы осадков за холодное/теплое полугодие и годовые значения осадков за различные периоды наблюдений (А –1981-2010гг.; Б –Норма-80\*)

Станция	Сумма за октябрь-март		Сумма за апрель-сентябрь		Сумма за год	
	А	Б	А	Б	А	Б
<b>Белгород</b>	244	237	314	316	558	553
<b>Б. Фенино</b>	246	207	333	339	579	546
<b>Валуйки</b>	257	232	328	304	585	536
<b>Готня</b>	272	–	348	–	620	–
<b>Н. Оскол</b>	230	–	306	–	536	–
<b>Ст. Оскол</b>	229	–	312	–	541	–

\* Под «нормой-80» средние многолетние значения за XX век.

Это обусловлено, прежде всего, увеличением сумм осадков холодного полугодия (в среднем на 10%) (табл. 3.4), наиболее выраженное в северных (Богородицкое-Фенино) и юго-восточных (Валуйки) районах, где процессы почвенного смыва получили наибольшее распространение

На метеостанции Валуйки суммы осадков вегетационного периода уменьшились на 24 мм. В общем, в сумме летних осадков степных районов области, как правило, преобладает сумма ливневых дождей, формирующихся в результате интенсивного прогрева подстилающей поверхности, способствующей испарению и развитию кучево-дождевых облаков.

Наименьшее годовое количество осадков (536 мм) и сумма за вегетационный период (306 мм) наблюдается на станции Новый Оскол. Это определяется ее расположением в широкой долине реки Оскол на юго-западном макросклоне Среднерусской возвышенности, где в летние месяцы из-за интенсивного прогрева склонов, формируются восходящие токи, которые на высотах пограничного слоя усиливают испарение и тем самым уменьшают водность облаков. Последнее уменьшает количество выпадающих дождей, особенно ливневого характера.

В целом дожди, выпадающие за летний период на территории Белгородской области, имеют преимущественно ливневой характер. В течение лета наблюдается в среднем от 1-2 до 5-8 ливней. Большая часть ливней сопровождается грозами. В отдельных случаях при ливнях выпадает град, являющийся грозным бичом зернового, овощного и садового хозяйства. Градовые грозы чаще наблюдаются в конце весны или в начале лета. Первые грозы обычно отмечаются в мае, значительно реже регистрируются в апреле [40, 41]. По исследованиям Ц.А. Швер [108] в летние месяцы среднее число дней с грозой составляет 5-9 дней, что подтверждается данными Научно-прикладного справочника «Климат России» [74]. Иногда летом отмечаются так называемые «сухие грозы», когда в атмосфере наблюдаются дожди грозового происхождения в кучево-дождевых облаках на больших высотах. При сильно нагретом воздухе выпадающие осадки до земли не доходят, а испаряются. Поэтому они и носят упомянутое название. Иногда наблюдаются «слепые дожди», выпадающие из небольших кучево-дождевых облаков при ярком солнечном свете.

Характерной особенностью изменившихся условий увлажнения в регионе исследования стало уменьшение вероятности выпадения ливневых осадков, что может способствовать снижению роли дождей в поверхностном смыве почвенного покрова в регионе исследования. Число дней с сильными ливнями (более 20 мм в сутки) за вегетационный период снизилось с 4-5 в начале 1980-х годов в среднем до 3-х дней к концу периода исследования (рис. 3.3).

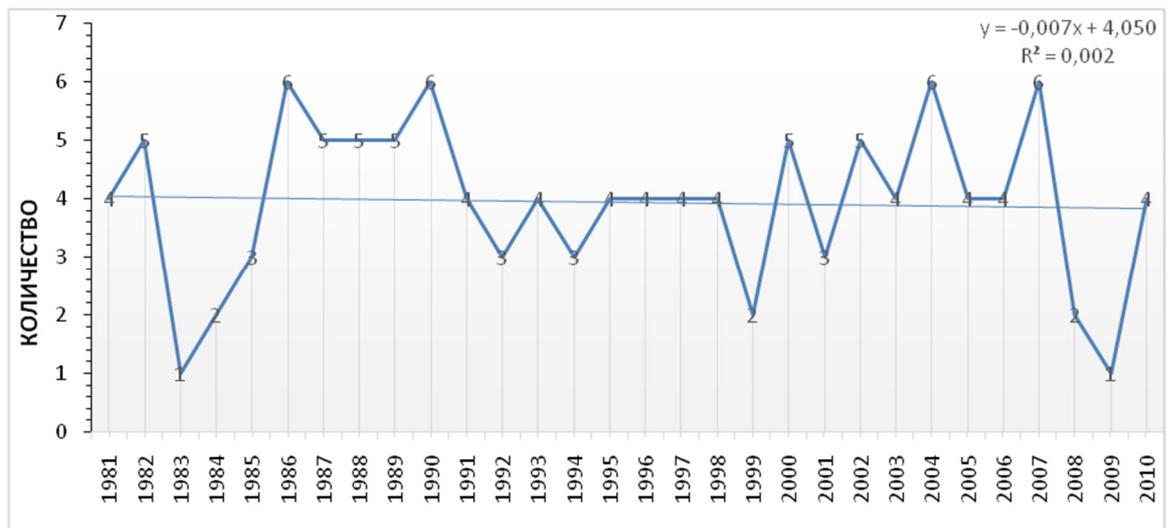


Рис. 3.3 Число дней с осадками > 20 мм за вегетационный период

Отметим, что в августе 1989 г. на метеорологической станции Валуйки был зафиксирован единственный случай за весь период исследования с ливнем > 80 мм [55].

Немаловажной характеристикой степени увлажнения природной среды является влажность воздуха. В настоящее время глобальные климатические колебания привели к отклонениям характеристик влажности воздуха от средних многолетних данных.

Среди основных показателей влажности воздуха, прежде всего, принято рассчитывать число дней с малыми значениями влажности (30 % и менее), поскольку «сухие дни» являются потенциально опасными для развития дефляции. Считается, что день, когда относительная влажность воздуха ни в

один из сроков не превысила 30 % – это день с относительной влажностью, не более 30 % [25].

Научно доказано, что более быстрое просыхание почв и развитие ветроэрозионных процессов наблюдается при относительной влажности воздуха ниже 50 % [36]. В весенний же период наиболее вероятны и эрозионно-опасны понижения значений влажности воздуха до 30 % и ниже. Кроме того, особенность этого порога связана с тем, что низкая влажность приносит вред растениям. Понижение ее ниже 30 % приводит к потере тургора в листьях, а при продолжительной засушливости – к преждевременному усыханию листьев, уменьшению фотосинтезирующей поверхности посева и в конечном итоге – к уменьшению урожая [21].

Сравнительный анализ количества дней, с относительной влажностью меньше 30 % в разные десятилетия исследованного периода и многолетних данных показал, что в первом десятилетии наибольшее количество дней наблюдалось на метеорологической станции Новый Оскол в мае 1984 г., когда оно составило 22 дня. В Валуйках в мае 1981 и 1984 гг. количество таких дней зафиксировано более 20-ти (20 и 21 соответственно). На остальных станциях число дней с малыми значениями влажности воздуха за отдельные месяцы не превысило данную отметку (табл. 3.5).

Из табл.3.5 видно, что в период с 1991 по 2000 гг. количество дней с влажностью 30 % или менее во всех исследуемых пунктах не превысило 20-ти за отдельные месяцы. Наибольшее (18 дней) отмечено в мае 1992 и 2000 гг. на станции Валуйки.

Таблица 3.5

Число дней с относительной влажностью воздуха не более 30% за различные периоды наблюдений (1 – 1981-1990гг.; 2 – 1991-2000гг.; 3 – 2001-2010гг.; 4 – 1981-2010гг.; 5 – Норма-80)

месяц	период	Метеорологическая станция					
		Белгород	Б.Фенино	Валуйки	Готня	Н.Оскол	Ст.Оскол
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
март	1	2	1	2	2	1	2
	2	3	1	3	4	3	2
	3	5	3	6	4	6	6
	4	3	2	4	3	3	3
	5	–	–	–	–	–	–
апрель	1	5	4	8	5	5	6
	2	6	4	6	5	5	6
	3	9	8	12	7	10	10
	4	7	5	9	6	7	7
	5	–	4	6	–	–	–
май	1	6	8	12	8	9	10
	2	7	8	10	9	10	11
	3	8	6	8	7	10	10
	4	7	7	10	8	10	10
	5	–	8	11	–	–	–
июнь	1	3	3	4	3	5	5
	2	3	7	4	7	7	6
	3	6	5	7	3	4	5
	4	4	5	5	4	5	5
	5	–	3	7	–	–	–
июль	1	2	2	2	2	3	5
	2	5	5	3	3	4	4
	3	6	5	7	4	6	6
	4	4	4	4	3	4	5
	5	–	2	4	–	–	–
август	1	2	2	6	3	5	4
	2	5	5	6	4	7	8
	3	9	10	9	10	7	10
	4	5	6	7	6	6	7
	5	–	4	6	–	–	–
сентябрь	1	3	4	3	2	3	3
	2	4	4	4	3	3	4
	3	4	3	5	3	5	3
	4	4	4	4	3	4	3
	5	–	3	5	–	–	–

Продолжение табл. 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8
октябрь	1	2	2	3	3	2	1
	2	4	2	2	2	2	3
	3	2	2	2	–	3	3
	4	3	2	2	3	2	2
	5	–	1	1	–	–	–
ноябрь	1	–	–	2	–	1	–
	2	–	–	–	–	1	–
	3	2	2	6	3	5	4
	4	5	5	6	4	7	8
Год	1	25	26	42	29	35	36
	2	37	36	38	37	42	44
	3	51	44	57	39	52	54
	4	39	37	47	38	43	43
	5	–	25	40	–	–	–

С 2001 по 2010 гг. на всех станциях были случаи, когда отмечалось более 20-ти дней в отдельные месяцы года с малыми значениями относительной влажности воздуха. Правда, в отличие от двух предыдущих периодов самыми «сухими» оказались апрель и август месяцы. В частности, в апреле 2009 г. наибольшее количество таких дней наблюдалось на станции Белгород (25), для станций Валуйки и Новый Оскол оно достигло отметки 24 и 23 дня соответственно, а в Старом Осколе и Богородицком-Фенино составило в среднем 21 день. В августе 2010 г. также зафиксировано значительное количество «сухих» дней. Для станции Валуйки оно составило 24 дня, в Готне и Белгороде – 22, в Старом Осколе и Богородицком-Фенино в среднем 21 день.

Кроме того, в последнем десятилетии периода исследования отмечается наибольшее среднегодовое количество дней с влажностью не более 30 % в сравнении с двумя предыдущими. Максимальное число дней (57) наблюдается на станции Валуйки, а минимальное – (39), как и следовало ожидать, в Готне. Отметим, что практически на всех метеорологических станциях наблюдается увеличение по десятилетиям числа случаев «сухих» дней.

Такие тенденции в многолетнем ходе величин относительной влажности воздуха обусловлены, прежде всего, региональными условиями циркуляции атмосферы. В частности, увеличение в конце XX в. продолжительности

стационарных блокирующих антициклонов в теплый период года за счет последующего нарастания температур воздуха существенно повышает риски возникновения засух, природных пожаров и, соответственно, обуславливает обострение дефляционно опасной ситуации в регионе.

Практический интерес представляет величина относительной влажности воздуха, которая характеризует степень насыщения его водяным паром. Среднемесячные и годовые изменения значений относительной влажности на территории Белгородской области представлены в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Среднемесячные и годовые значения относительной влажности воздуха за различные периоды осреднения (А – 1981-2010 гг.; Б – норма-80)

Пер.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
<b>Белгород</b>													
<b>А</b>	87	84	79	66	61	67	68	65	73	79	87	88	75
<b>Б</b>	84	84	83	70	61	64	66	66	70	78	86	88	75
<b>Б. Фенино</b>													
<b>А</b>	85	83	79	68	63	69	71	68	75	81	87	86	76
<b>Б</b>	86	86	86	74	63	65	69	70	73	81	88	90	78
<b>Валуйки</b>													
<b>А</b>	84	81	76	65	62	67	69	67	73	78	85	85	74
<b>Б</b>	83	82	82	68	60	62	66	66	70	77	84	86	74
<b>Готня</b>													
<b>А</b>	86	84	80	68	63	69	70	67	74	80	87	88	76
<b>Н. Оскол</b>													
<b>А</b>	85	83	79	66	62	67	68	67	73	79	86	86	75
<b>Ст. Оскол</b>													
<b>А</b>	85	82	77	65	59	66	67	65	71	78	86	86	76

Из табл. 3.6 видно, что среднегодовые величины влажности воздуха варьируют от 74 % в юго-восточных районах (Валуйки) и до 76 % в северных (Б. Фенино) и западных (Готня) районах. Кроме того, среднегодовые значения влажности за исследуемый период практически на всех станциях совпадают с климатическими «нормами-80».

В годовом ходе наибольшие среднемесячные значения относительной влажности воздуха отмечаются в холодный период (октябре-марте), а

наименьшие – в апреле-сентябре. Это обусловлено тем, что с увеличением температуры воздуха насыщающая упругость водяного пара растет интенсивней фактической, вследствие чего величина относительной влажности уменьшается. В связи с этим самые низкие значения этого показателя приходятся именно на вегетационный период.

Годовой максимум в обоих периодах наблюдался в ноябре: в периоде **А** он варьирует от 85 % в юго-восточных районах (Валуйки) до 87 % на северных (Богородицкое-Фенино) и западных станциях (Белгород, Готня); Во втором периоде (**Б**) этот показатель изменяется от 84 % в юго-восточных районах (Валуйки) до 88 % в западных (Богородицкое-Фенино). Годовой минимум отмечается в мае: в периоде **А** он изменяется от 59 % на северо-востоке (Старый Оскол) до 63% на севере и западе Белгородской области (Богородицкое-Фенино, Готня); в периоде (**Б**) годовой минимум варьирует от 60 % на юго-востоке (Валуйки) до 63 % в северных районах области (Богородицкое-Фенино).

Для определения степени засушливости любой территории недостаточно знание только количества осадков и данных о влажности воздуха. Нужно учитывать и сумму температур за вегетационный период, и сумму активных (выше 10 °С) среднесуточных температур. Поэтому агрометеорологи, почвоведы и др. исследователи предлагают использовать комплексные климатические показатели. На практике наиболее широко используется гидротермический коэффициент [80].

$$\text{ГТК} = 10R / \sum T \geq 10 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.1)$$

где **R**– сумма осадков за период с температурой  $\geq 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ , мм;

$\sum T \geq 10 \text{ } ^\circ\text{C}$  – сумма температур воздуха за это же время, °С.

Для полной характеристики современных агроклиматических условий коллективом авторов построена новая карта агроклиматического районирования Белгородской области и проведен сравнительный анализ с аналогичными картами за предыдущие 30-летние периоды в 1961-1990 гг., 1971-2000

гг. и в 1981-2010 гг. [1]. Карта агроклиматического районирования за последний период исследования представлена на рис. 3.4.

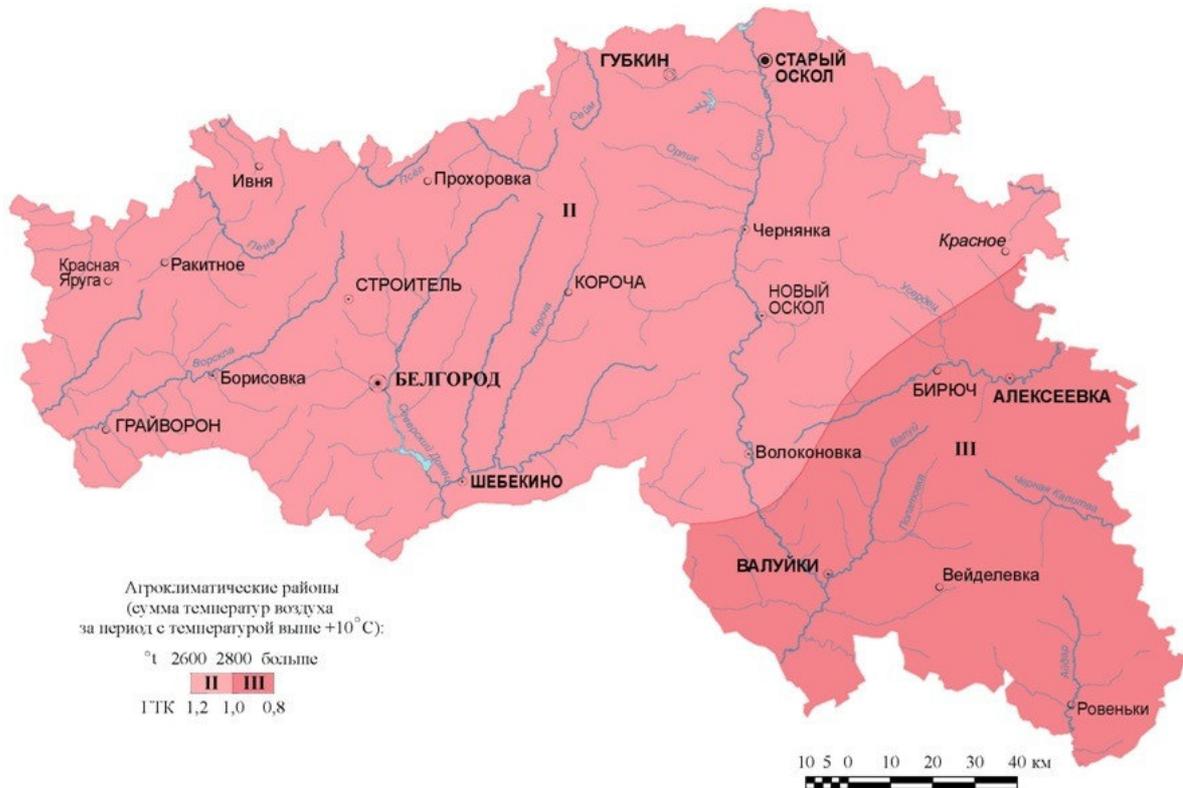


Рис. 3.4 Карта агроклиматического районирования [53]

Сравнительный анализ этих карт показал, что, во-первых, на новой карте исчез первый агроклиматический район (он заменился вторым районом), во-вторых, появился третий район, ранее относившийся к юго-восточным районам. Характеристика агроклиматических районов представлена в табл. 3.7.

Таблица 3.7

#### Характеристика агроклиматических районов

Агроклим. районы	Продолжит.периода. (дни) со средней темпер. выше:		$\sum T \geq 10^\circ\text{C}$	$\Sigma R$ за тот же пери- од	ГТК
	+5°С	+10°С			
I	193-198	159-161	2400-2600	250-310	1,1-1,3
II	198-200	162-164	2600-2800	260-270	0,9-1,0
III	200-203	165-169	2800 и выше	230-260	0.8-1,0

Выявленные климатические изменения отразились на агроклиматических ресурсах Белгородской области, а именно: увеличение термических ресурсов не сопровождалось ростом осадков вегетационного периода. За рассматриваемый нами период (1981-2010 гг.) увеличилась сумма активных температур и немного уменьшилось количество осадков. Соответственно уменьшился ГТК.

Среди значительного количества расчетных показателей для агроклиматической оценки влагообеспеченности территории используется также безразмерный коэффициент увлажнения С.А. Сапожниковой [79]. Формула расчета основного показателя условий увлажнения имеет вид:

$$K = \frac{0.5 \sum r_1 + \sum r_2}{0.18 \sum t_{>10}}, \quad (3.2)$$

где  $K$  – коэффициент увлажнения;

0,5 – коэффициент, характеризующий влияние осадков за холодный период на формирование урожая;

$\sum r_1$  – сумма осадков (мм) за холодный период (октябрь - март);

$\sum r_2$  – сумма осадков (мм) за теплый период (апрель-сентябрь);

$0.18 \sum t_{>10}$  – испаряемость за год по Будыко.

Показатель увлажнения по С.А. Сапожниковой предпочтителен для оценки влагообеспеченности территории, так как учитывает осадки как теплого, так и холодного периода (последние входят с меньшим удельным весом), что больше соответствует фактическому режиму влагообеспеченности. В качестве примера приводим карту увлажнения, построенную по этой методике на рис. 3.5.

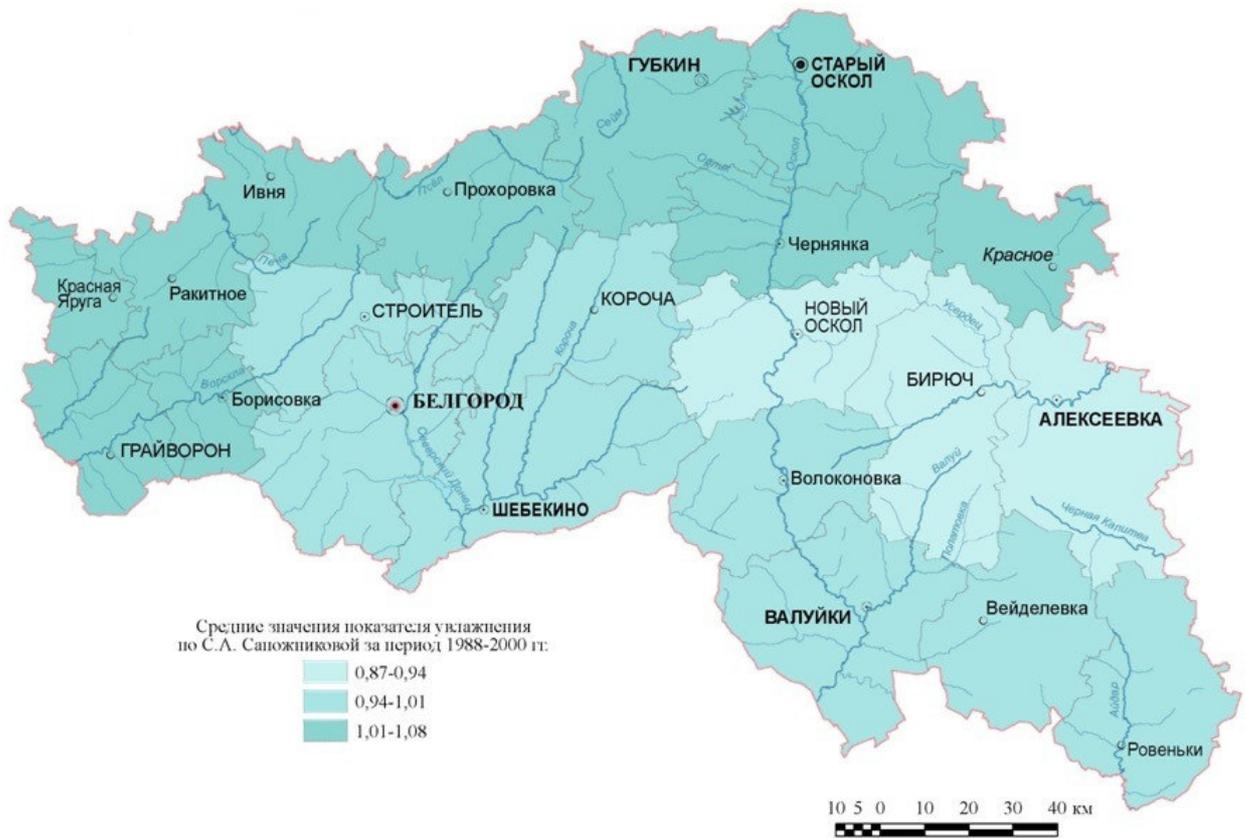


Рис. 3.5 Карта показателя увлажнения территории за 1988 - 2000 гг. [87]

На карте видно, что в конце XX в. на западе и северо-востоке области показатель увлажнения колеблется от 1,0–1,1, то есть условия увлажнения были близки к оптимальным, а на остальной части территории условия были слабо засушливыми. Происходившие на рубеже столетий изменения в характере атмосферной циркуляции повлияли на тепло- и влагообеспеченность географической среды. В частности, по исследованиям М.Г. Лебедевой и соавторов в регионе отмечено уменьшение степени увлажненности. Для всей области показатель увлажнения был ниже 1, что соответствует слабо засушливым условиям. Сравнение двух периодов (конец XX в. и начало XXI в.) показало снижение частоты случаев оптимального увлажнения территории в вегетационный период с 38 % до 21 % случаев на юго-востоке территории, с 38 % до 29 % – в центре области и с 31 % до 21 % – на северо-востоке территории. В табл. 3.8 представлены качественные характеристики изменения показателя увлажнения в целом по территории Белгородской области.

Таблица 3.8

## Показатели увлажнения на территории Белгородской области

Период	Показатель увлажнения						
	Очень засушли- во	Засушливо	Слабо засушли- во	Оптимально увлажнено	Обильно увлажнено	Избыточно увлажнено	Переувлажнено
1988- 2000 гг.	3,9	19,1	28,8	32,7	11,6	3,9	0,0
2001- 2014 гг.	1,8	35,7	35,7	23,2	0,0	1,8	1,8

Из таблицы 3.8 видно, что фактические средние значения показателя увлажнения в регионе ухудшились: от 0,98 в периоде 1988–2000 гг. до 0,89 – в периоде 2001–2014 гг. При этом в начале XXI в. для всей территории области показатель увлажнения ниже 1, а в конце XX в. на западе и северо-востоке области показатель увлажнения был выше (1,03–1,06). Очевидно, что в последнем периоде произошло усиление засушливости на территории области в 1,4 раза по сравнению с последним десятилетием XX в.

Происходит снижение частоты случаев оптимального увлажнения территории в вегетационный период с 38 % до 21 % случаев на юго-востоке территории, с 23 % до 21 % – на западе территории, с 38 % до 29 % – в центре области и с 31% до 21% – на северо-востоке территории.

Таким образом, анализ основных характеристик увлажнения позволяет сделать о том, что территория Белгородской области находится в пределах засушливой и слабо-засушливой зонах увлажнения.

### 3.3. Анализ ветрового режима

За последние десятилетия усилились колебания климатических характеристик как в планетарном масштабе, так и в отдельных регионах. Это вызывает повышенный интерес не только у ученых и специалистов, но и широкого круга населения. Климатологи эти процессы объясняют прежде всего изменением формы циркуляции атмосферы с субширотной до 1980 гг. на субмеридиональную за последние десятилетия [20; 78]. Другой причиной называют глобальное потепление в северном полушарии. Климатические условия способствуют формированию ветрового режима, который в свою очередь, отражается на ветровой эрозии почв. Процессы ветровой эрозии прослеживаются и на абсолютно ровных площадках, в то время как водную эрозию можно наблюдать лишь при определенном уклоне поверхности. При ветровой эрозии перемещение почвенных частиц происходит не только в плоскости, но и вверх. Кроме того, в процессе дефляции происходит выдувание лишь механических элементов почвы, а при водной эрозии – не только смываются частицы почвы, но одновременно происходит растворение и удаление в текущей воде питательных веществ [70].

Ветроэрозионные процессы тесно связаны с засушливостью климата. К.С. Кальянов [36] разделил территорию бывшего СССР на 3 пояса развития ветровой эрозии, определяемые через отношения  $P/f$  (где  $P$  – годовая сумма осадков,  $f$  – годовая испаряемость):

Пояс *A* – проявления ветровой эрозии отсутствуют ( $P/f > 1$ ). Проведение активных противоэрозионных мероприятий не требуется.

Пояс *B* – активное проявление ветроэрозионных процессов ( $P/f 1-0,33$ ). Требуется предупредительные меры защиты от ветровой эрозии.

Пояс *B* – возможность развития ветровой эрозии сильно выражена ( $P/f < 0,33$ ). Сюда относятся большие массы развеваемых песчаных почв. Необходимы активные противодефляционные мероприятия.

В соответствии с этим районированием Белгородская область входит в пояс активного проявления ветровой эрозии (пояс *Б*).

Скорость является определяющим показателем транспортирующей деятельности ветра [103]. Зависимость от остальных ветровых характеристик, таких как направление, повторяемость и др., выражена в меньшей степени. Исходя из того, что интенсивность переноса продуктов разрушения почв прямо пропорциональна кубу скорости ветра следует, что ветры со скоростью 10 м/с будут превышать работу ветров скоростью 5 м/с в восемь раз, то есть чем больше скорость ветра, тем более разрушительное воздействие он оказывает на почву [24].

Изменение характера циркуляции атмосферы оказывает существенное влияние на формирование погодных условий, во многом определяя формирование аномальных значений метеорологических характеристик [104]. В зависимости от продолжительности и интенсивности широтных или меридиональных типов циркуляции атмосферы могут формироваться периоды с экстремальными погодно-климатическими характеристиками.

В целях выявления особенностей циркуляции на исследуемой территории за период с 1981 по 2010 гг. нами проведен анализ ветрового режима на всех метеорологических станциях [105].

Известно, что ветровой режим характеризуется направлением и скоростью за определенный интервал времени. Повторяемость направлений в среднем за год на всех станциях приведена в табл. 3.9.

*Таблица 3.9*

Среднегодовая повторяемость направлений ветра (%)

Метеостанция	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
<b>Б. Фенино</b>	11	10	14	10	10	15	21	11
<b>Белгород</b>	10	13	11	12	12	15	15	11
<b>Валуйки</b>	12	10	17	16	10	8	12	14
<b>Готня</b>	9	14	11	10	16	13	15	11
<b>Н. Оскол</b>	11	11	13	13	13	17	12	10
<b>Ст. Оскол</b>	13	9	10	11	16	14	13	10

Из табл. 3.9 видно, что в северных районах преобладают ветры южной составляющей (от 35 до 41 %). В западных районах (Готня, Белгород) преобладают ветра западной составляющей (39-40 %). В целом за год на всех станциях преобладают ветра западной составляющей. На втором месте по повторяемости среднегодовых направлений оказываются ветра восточной составляющей – до 43 % на станции Валуйки. Наименьшая повторяемость составила направление северных ветров – менее 35 % [16].

Иная картина наблюдается по месяцам сезонов года. Анализ повторяемости направления ветра в центральные месяцы сезонов года показал, что в конкретные сезоны этот показатель существенно отличается. Зимой практически на всех станциях преобладают ветры западной и юго-западной составляющей, что четко видно из табл. 3.10. В Богородицком-Фенино эти направления составляют 44 %, в в центральной части (Белгород и Новый Оскол они не превышают 40 %.

Таблица 3.10

## Повторяемость направлений ветра в январе (%)

Метеостанция	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
<b>Б. Фенино</b>	9	6	11	8	12	20	24	10
<b>Белгород</b>	7	9	9	10	12	21	19	12
<b>Валуйки</b>	10	6	13	15	12	11	17	16
<b>Готня</b>	7	10	8	9	19	18	17	12
<b>Н. Оскол</b>	9	7	9	10	15	23	16	9
<b>Ст. Оскол</b>	11	6	8	9	17	19	16	11

Изменение повторяемости направлений ветра весной приведено в табл. 3.11. На всех станциях области в это время преимущественно дуют ветры восточной составляющей, достигающие в южных районах (Валуйки) 53 %. Это объясняется тем, что весной в южных районах снежный покров исчезает, раньше, чем на севере за пределами Белгородской области, где он еще сохраняется [16]. Солнечная энергия в этих районах, прежде всего, расходуется на таяние снега и поэтому температуры воздуха намного меньше, чем на терри-

тории области. Следовательно, давление восточнее Белгородской области оказывается больше и, соответственно, преобладающими направлениями ветра весной будут восточного направления [17].

Таблица 3.11

## Повторяемость направлений ветра в апреле (%)

Метеостанция	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Б. Фенино	9	13	20	11	11	13	15	8
Белгород	8	16	16	15	12	12	11	8
Валуйки	10	11	23	19	11	8	9	9
Готня	7	18	17	12	16	11	11	9
Н. Оскол	8	11	18	17	13	15	9	7
Ст. Оскол	11	11	16	15	16	11	9	7

В летний период направление ветра на территории области имеет разнонаправленный характер (табл. 3.12). На наш взгляд, это обусловлено неравномерным нагреванием подстилающей поверхности из-за форм рельефа. Прежде всего, сказывается расположение станций на южном и юго-западном макросклоне Среднерусской возвышенности.

Таблица 3.12

## Повторяемость направлений ветра в июле (%)

Метеостанция	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Б. Фенино	16	13	12	6	6	10	22	16
Белгород	15	18	11	7	7	10	15	15
Валуйки	17	15	15	12	7	6	11	16
Готня	13	19	8	5	10	11	19	15
Н. Оскол	15	14	12	9	10	12	12	14
Ст. Оскол	20	11	9	7	11	8	13	14

Летом наиболее ярко проявляется характер региональной циркуляции на фоне достаточно высоких температур воздуха. Вместе с тем, прослеживается общая тенденция преобладания ветров северной, северо-западной и западной составляющей, что связано с характером общей циркуляции атмосферы над всей Русской равниной.

Повторяемость направления ветра в октябре представлена в табл.3.13. Анализ табл. 3.13 показал, что на большей части территории Белгородской области осенью преобладают ветры западной и юго-западной составляющей, достигающие в северных районах (Богородицкое-Фенино) до 38 %. При понижении температуры воздуха по мере убывания поступающей солнечной энергии, микроклиматические особенности наблюдаются в меньшей степени.

Таблица 3.13

## Повторяемость направлений ветра в октябре (%)

Метеостанция	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Б. Фенино	10	9	12	9	11	15	23	10
Белгород	9	11	10	11	14	17	16	12
Валуйки	11	9	15	18	11	8	13	14
Готня	9	12	10	9	18	14	17	11
Н. Оскол	11	11	10	11	13	21	13	10
Ст. Оскол	12	7	9	10	19	15	15	10

Правда, повторяемость направлений ветра в южных районах (Валуйки) отличается от общих закономерностей. Если в западной и северной части области орографические особенности практически не отражаются на формировании местной циркуляции, то в южных районах они еще оказывают влияние, обуславливая преобладание ветров восточной составляющей (33 %).

Второй важной характеристикой ветрового режима является скорость ветра. Известно, что скорость ветра зависит от местоположения метеорологических площадок. На вершинах открытых возвышенностей скорость ветра на 10-40 % выше, чем на ровной местности, а в не продуваемых долинах и у подножья склонов скорость ветра почти на 30-40 % меньше, чем на ровной открытой местности. Эти различия связаны как с механическим воздействием препятствий, вызывающих изменение скорости воздушного потока, так и влиянием неравномерного нагревания различных форм рельефа, способствующих возникновению местной циркуляции воздуха.

Воздействие ветра учитывается при строительстве высотных зданий, телевизионных и радиомачт, опорных линий электропередачи и других высотных объектов. Знание скорости ветра очень важно при разработке конкретных действенных мероприятий для борьбы с ветровой эрозией почв: чтобы правильно рассчитать ветровые нагрузки на различные типы почв и учесть их в практической деятельности.

Анализ среднегодовых скоростей ветра, представленный в табл. 3.14, показал, что наибольшие скорости за год (до 4 м/с) зафиксированы на станциях Белгород (3,8 м/с) и Ст. Оскол (3,7 м/с). Это объясняется тем, что метеоплощадки расположены на высокой открытой местности. В годовом ходе максимальные величины ветра получены в феврале-марте, когда в атмосфере начинается преобразование барического поля, то есть циркуляция воздушных масс от устойчивого зимнего режима переходит к активной циклонической деятельности по мере увеличения поступающей солнечной радиации. На остальных станциях среднемесячные значения составляют менее 4,0 м/с.

*Таблица 3.14*

Среднемесячные и годовые значения средней скорости ветра за периоды осреднения с 1981 по 2010 гг.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
4.2	4.3	4.3	3.9	3.6	3.5	3.2	3.2	3.4	3.7	4.0	4.2	3.8
3.7	3.6	3.4	3.1	2.8	2.6	2.3	2.4	2.6	3.0	3.3	3.5	3.0
2.4	2.6	2.7	2.5	2.1	1.9	1.8	1.7	1.9	2.1	2.4	2.5	2.2
3.6	3.6	3.5	3.3	2.9	2.6	2.4	2.5	2.8	3.2	3.4	3.4	3.1
2.9	3.0	3.1	2.9	2.5	2.2	1.9	1.9	2.1	2.5	2.8	2.8	2.6
4.1	4.1	4.1	3.8	3.6	3.4	3.2	3.2	3.3	3.7	3.9	4.1	3.7

Из табл. 3.14 видно, что наименьшие среднемесячные значения на всех станциях наблюдаются в летние месяцы и колеблются в пределах от 1,7 м/с в августе (Валуйки) до 3,5 м/с в июне (Белгород). Особенности ветрового режима территории в летний период обусловлены циркуляцией атмосферы северного полушария. Так, по мере прогревания континента давление над ним понижается, что приводит к смене направления барического градиента (он

направлен с северо-запада на юго-восток). Летом частая повторяемость слабо-градиентных барических полей усиливает роль трансформационных процессов в формировании климата и приводит к ослаблению средних скоростей. Это объясняет самые низкие значения средних скоростей ветра в годовом ходу летом.

За исследуемый период средняя скорость ветра на большинстве станций уменьшилась на 1,0 м/с. На наш взгляд, это связано с режимом циркуляции атмосферы в зимнее и весеннее время. Самая высокая годовая амплитуда скорости ветра наблюдается в Богородицком-Фенино (1,4 м/с).

Анализ погодичного изменения скорости ветра за исследуемый период на станции Богородицкое-Фенино и Валуйки представлен на рисунках 3.6 и 3.7.

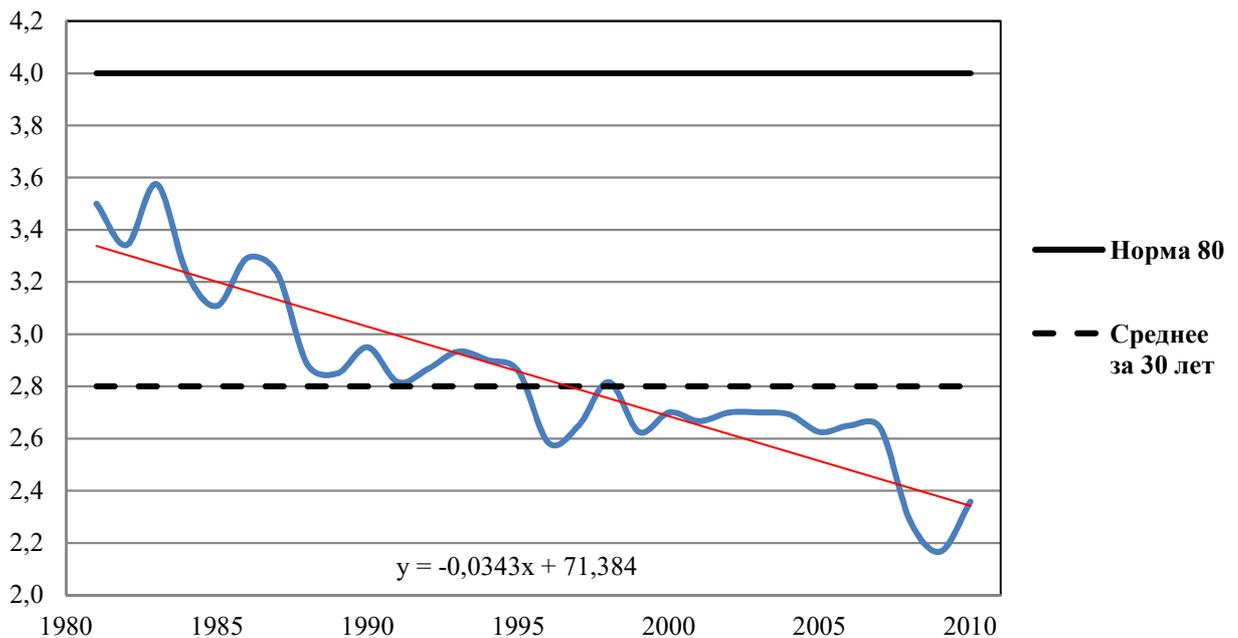
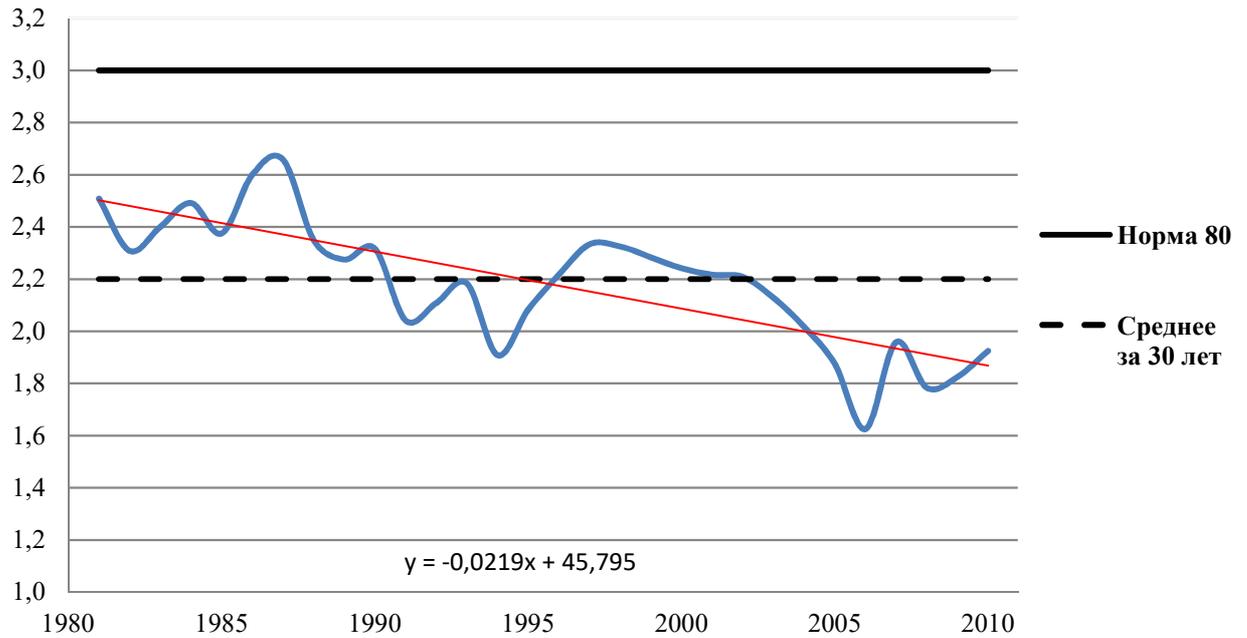


Рис. 3.6 Динамика средней скорости ветра за исследуемый период на станции Богородицкое-Фенино



*Рис. 3.7* Динамика средней скорости ветра за исследуемый период на станции Валуйки

Из рисунков видно, что на этих станциях среднегодовые скорости ветра за период исследования почти на 1,0 м/с меньше, чем многолетние данные. В годы исследования общий тренд изменения ветра оказался отрицательным. Наиболее четко это наблюдается на севере области.

Полученные выводы подтверждаются и статистическими характеристиками временных рядов скорости ветра на всех станциях области. В качестве примера приведем данные на станциях Богородицкое Фенино и Валуйки, за период с 1981 по 2010гг (табл. 3.15-3.16).

Как видно из табл. 3.15, в месячных значениях стандартное отклонение в северных районах изменяется от 0,3 до 0,6 м/с, а коэффициент тренда отрицательный во все месяцы. Наименьший вклад тренда получен в июле (1,9 %). Очевидно, что годовой вклад будет наибольшим (47,7 %).

Таблица 3.15

Статистические характеристики временных рядов скорости ветра на станции Богородицкое-Фенино за период 1981-2010гг.

Временной период	Стандартное отклонение (м/с)	Коэффициент тренда (м/с/10 лет)	Вклад тренда в дисперсию (%)
Январь	0,6	-0,5	41,3
Февраль	0,6	-0,4	36,2
Март	0,5	-0,3	30,6
Апрель	0,5	-0,4	52,8
Май	0,3	-0,2	34,3
Июнь	0,4	-0,2	16,4
Июль	0,4	-0,3	34,5
Август	0,3	-0,2	38,2
Сентябрь	0,5	-0,4	58,8
Октябрь	0,4	-0,4	53,4
Ноябрь	0,6	-0,4	38,7
Декабрь	0,6	-0,4	43,8
Год	0,3	-0,3	82,4

Вариации статистических характеристик в западных районах показано на примере станции Богородицкое-Фенино (табл. 3.15). Здесь также стандартное отклонение во все месяцы не превышает 0,6 м/с, а коэффициент тренда отрицательный. Правда, вклад тренда колеблется в значительных пределах – от 16 % в июне до почти 59 % в сентябре. Годовой вклад составляет 82 %.

Об изменениях статистических характеристик в южных районах можно судить по данным таблицы 3.16. Из таблицы видно, что в южных районах статистические характеристики очень близки к данным на северных станциях. Это свидетельствует, на наш взгляд, о том, что вариации скорости ветра в большей степени зависят от местоположения станции и форм рельефа в ее окрестностях.

Таблица 3.16

Статистические характеристики временных рядов скорости ветра на ст. Валуйки за период 1981-2010гг.

Временной период	Стандартное отклонение (м/с)	Коэффициент тренда (м/с/10 лет)	Вклад тренда в дисперсию (%)
Январь	0,5	-0,3	36,2
Февраль	0,6	-0,3	20,6
Март	0,5	-0,2	19,3
Апрель	0,5	-0,3	25,0
Май	0,3	-0,1	13,9
Июнь	0,3	-0,1	8,2
Июль	0,3	-0,1	23,8
Август	0,2	-0,1	29,0
Сентябрь	0,3	-0,2	26,5
Октябрь	0,4	-0,3	35,1
Ноябрь	0,4	-0,3	33,3
Декабрь	0,4	-0,3	42,9
Год	0,2	-0,2	60,8

Ветровая эрозия существенно зависит от максимальных скоростей ветра и их повторяемости. На рис. 3.8 представлено изменение максимальных скоростей ветра на всех станциях Белгородской области.

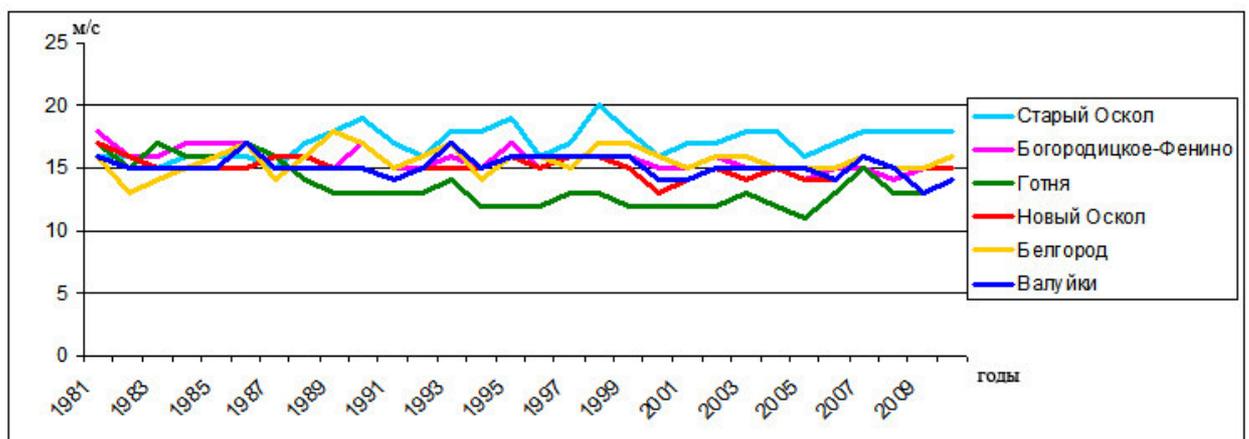


Рис. 3.8 Максимальные скорости ветра на метеостанциях Белгородской области за период с 1981 по 2010 гг.

На рисунке видно, что в западных районах (станция Готня) наблюдаются наименьшие скорости ветра, а наибольшие – в северных и северо-

восточных районах. На формирование максимальных скоростей ветра, прежде всего, влияет высота над уровнем моря и открытость местности.

В числе других причин, способствующих значительной эродированности почв в восточных и северо-восточных районах следует назвать рассмотренные климатические факторы.

## **ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КЛИМАТА НА ЭРОЗИЮ ПОЧВ**

### **4.1. Трансформация эрозии почв за исследуемый период**

Несмотря на достижения в исследовании связи эрозии почв с климатическими элементами, ряд важных вопросов проблемы, как в России, так и за ее рубежом, далеки от необходимого решения. Согласно исследованиям Ф. Н. Лисецкого [58] перспективными направлениями в изучении эрозии почв являются:

- применение теории географического ландшафта, как методологической основы исследований эрозии, обоснования почво-водоохранного обустройства агроландшафта и смежных территорий;

- учёт при составлении прогнозов развития эрозионной ситуации как в регионах, так и в конкретных агроландшафтах быстрых изменений под влиянием глобальных климатических флуктуаций факторов, определяющих интенсивность водно-эрозионного процесса, в частности, изменение эрозионного потенциала осадков, влажности почвы, противоэрозионной стойкости почв, изменения перечня возделываемых сельскохозяйственных культур, а также сроков прохождения фенологических фаз их развития [7].

В конце XX в. и первое десятилетие XXI в. наблюдается выраженный тренд изменения климата и условий земледелия, что вынуждает к постоянной корректировке оценок эрозии и противоэрозионных мероприятий на сельскохозяйственных землях. Нами выявлена зависимость между климатическими изменениями (в частности, количеством осадков, высотой снежного покрова) и интенсивностью почвенно-эрозионных процессов для территории Белгородской области. Разрабатываются рекомендации для региона по применению данных выпускной квалификационной работы в меняющихся условиях современного климата, которые позволят упреждать прогнозируемые

изменения показателей увлажнения года и динамику эрозионного потенциала осадков.

Влияние климата на эрозию почв оценивалось метеорологическими показателями, тесно связанными с активностью отдельных эрозионных процессов. Так как территория Белгородской области относится к зоне совместного проявления водной и ветровой денудации, исследованы так же климатические факторы проявления дефляционных процессов.

Для оценки региональных особенностей изменений климата в пределах Белгородской области рассчитывались осредненные по отдельным районам значения конкретного метеорологического параметра. Для выявления динамики количества осадков на территории области использовались данные месячного разрешения по 6 метеорологическим станциям с 1981 по 2010 гг. Использовались данные Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – мирового центра данных, а также непосредственно из архива метеостанций. В качестве меры интенсивности происходящих изменений использовался линейный тренд за периоды 1981-2010 гг. В настоящее время, доля почв разной степени эродированности составляет 53,6 % от общей площади почв Белгородской области (2713,4 тыс. га).

Распределение между площадями отдельных категорий эродированности: слабосмытыми – среднесмытыми – сильносмытыми отражает отношение 1:0,36:0,16, эту тенденцию можно наблюдать из рис. 4.1.

Из рис. 4.1 видно, что площади среднесмытых почв в 2,8 раз уступают площади слабосмытых, а сильносмытых почв в 6,2 раза меньше, чем слабосмытых. Можно предположить, что при дальнейшем развитии эрозионных процессов в данных геоморфологических условиях соотношение между категориями эродированности будет обладать определенным постоянством.

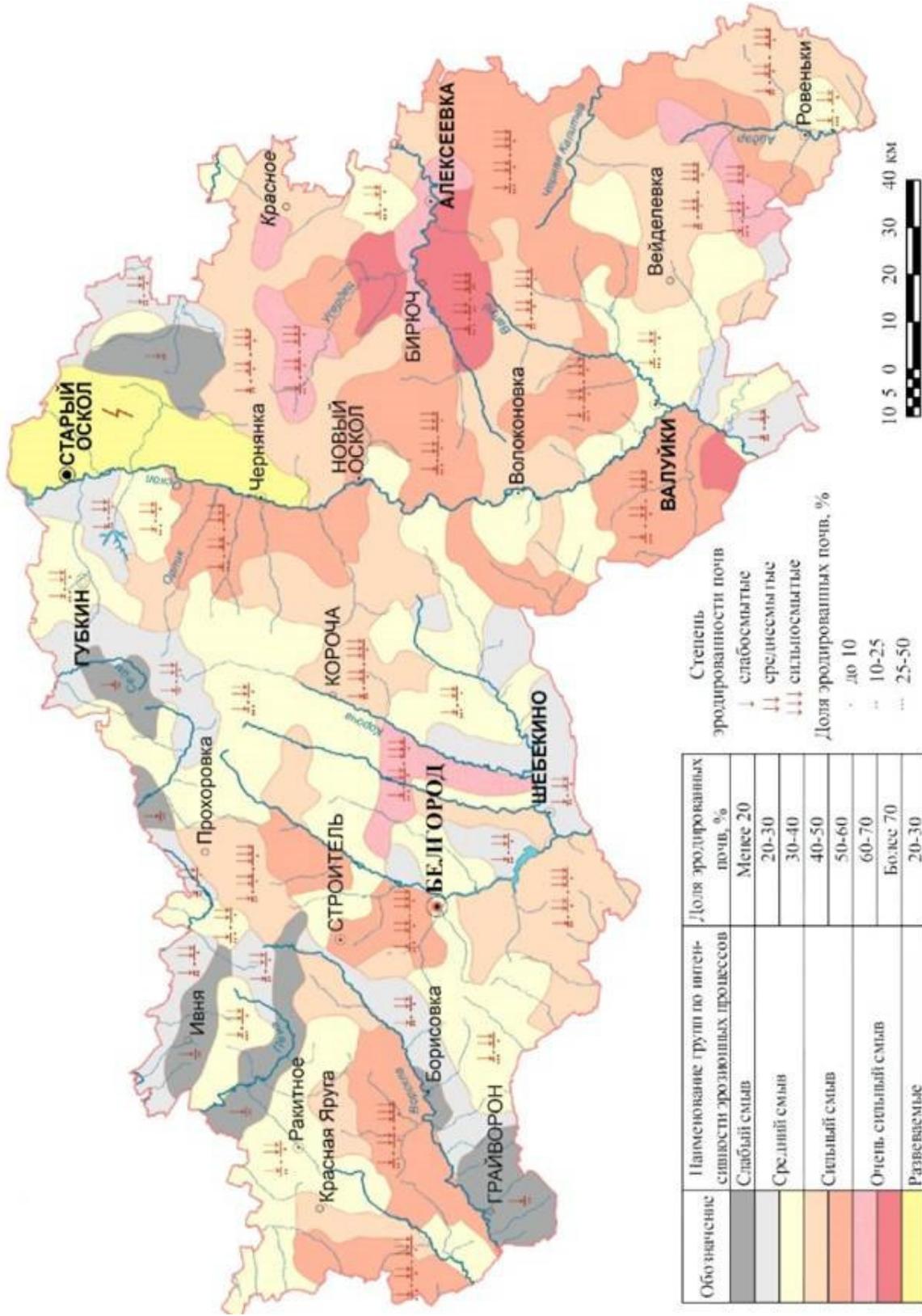


Рис. 4.1 Карта эрозии почв Белгородской области [87]

По результатам дешифрирования площадь сильноосмытых почв за 30 лет увеличилась на 18,15 тыс. га (со 151,95 тыс. га до 170,1 тыс. га). Используя ранее указанные соотношения между категориями эродированности, прогнозные площади слабоосмытых и среднесмытых почв оцениваются в 1063 и 387 тыс. га соответственно. Таким образом, общая эродированность почвенного покрова Белгородской области за счет нарастания процесса эрозии за 30 лет и более точного учета его проявления увеличилась на 6 % и может составлять 59,7 % [58].

#### **4.2. Роль показателей климата в формировании эрозионных процессов почвы на территории Белгородской области**

На территории области встречаются переувлажненные и заболоченные, так называемые почвы гидроморфного ряда (гидроморфные и полугидроморфные). Гидроморфные почвы расположены в основном в поймах рек – это пойменные луговые и лугово-болотные, составляющие 4,7 % территории. К полугидроморфным относят лугово-черноземные, черноземно-луговые почвы, отчасти солонцы, солоды и др., занимающие менее 5 % всей площади. В целом заболоченные и переувлажненные земли составляют 30,6 тыс. га.

В последние годы на территории области площади переувлажненных и заболоченных почв заметно возросли. Особенно это стало проявляться как на ровных, пониженных элементах рельефа (поймах, террасах рек), так и на платообразных участках водоразделов. На террасах рек и плато водоразделов в пониженных элементах рельефа (блюдцах, потяжинах, лощинах, ложбинах стока) чаще стали встречаться, так называемые «мочары» - переувлажненные, а иногда и заболоченные земельные участки, где весной в почвенной толще близко к поверхности скапливаются грунтовые воды – верховодка. К концу лета она исчезает и появляется вновь осенью и весной. Переувлажненные и заболоченные пятна почв создают пестроту почвенного покрова, мешают своевременной и качественной механизированной обработке земель-

ных участков, что существенно снижает урожайность сельскохозяйственных культур.

Проявление гидроморфизма у почв, в том числе и тех, которые им не обладали, объясняется рядом причин. В одних случаях данное явление связывают с увеличением на территории области за последние 30 лет количества атмосферных осадков. Действительно, в сравнении со среднемноголетними данными их количество увеличилось в среднем на 20-30 мм. Примечательно, что суммы температур воздуха остались почти такие же, какие были ранее. Далее, изменение гидрологической ситуации на территории области связано с изменением режима рек. За два столетия (с XVIII по XX) резко уменьшилась водность рек, что вызвано увеличением степени распаханности территории, в том числе и склоновых земель [78].

Исчезновение воды в реках Центрального Черноземья чаще всего вызывается чрезмерным разрастанием в их бассейне густой овражной сети. В периоды весеннего половодья и ливневых дождей в реки начинают поступать громадные количества вымываемых из оврагов грунтов. Речные русла быстро загромождаются наносным материалом и мелеют, зеркало грунтовых вод оказывается ниже дна речного русла. Имеющие пруды продолжают выполнять свои функции, однако, слой накопившегося в них ила настолько велик, что эти водоемы медленно эволюционируют в болотные экосистемы.

Следующей причиной изменения гидрологического режима почв считают более интенсивное развитие процессов эрозии. Смыв почвенного материала со склоновой части водоразделов и отложение его в поймах рек вызывает заиление их русла, снижение скорости течения воды. Не последнюю роль играет и зарегулированность гидрографической сети за счет строительства прудов, что вызывает повышение уровня грунтовых вод близлежащих территорий.

Следует учесть также воздействие на гидрологический режим почв и территорий орошения земель. История орошения в области приходится на начало 70-х годов прошлого века. Площадь орошаемых земель была доведе-

на до 40,3 тыс. га. Как считают некоторые исследователи, одним из проявлений негативных последствий мощного антропогенного пресса на ландшафты, в том числе лесостепи и степи ЦЧР, является прогрессивное нарастание степени гидроморфности природных экосистем. По их мнению, это выражается в подъеме уровня грунтовых вод, формировании «грунтовой верховодки», появлении на плакорах и склонах западинных форм рельефа с переувлажненными почвами. Такие почвы появляются пятнами среди автоморфных почв и в течение короткого времени трансформируются в почвы полугидроморфного или гидроморфного ряда. В них проявляются признаки слитости, часто засоления и осолонцевания. Все это усложняет структуру почвенного покрова, снижает агрономическую ценность пахотных земель, а иногда они вообще выпадают из пашни [29].

Верховодка появляется в результате образования в отдельных частях почвенного профиля слабопроницаемого для воды горизонта. Связывают это явление с сильным разрушением структуры пахотного слоя почвы при длительном нерациональном использовании. Возникновение большого количества тонкодисперсных коллоидно-илистых частиц, которые, перемещаясь вниз по профилю, скапливаются на определенной глубине и заполняют межагрегатное пространство, уменьшая тем самым внутрипочвенную фильтрацию воды. Последствием является ее накопление в верхних слоях почвы. Параллельно с разрушением структурных агрегатов идет процесс оглинивания почвы с образованием глинистых минералов – каолинита и монтмориллонита. Они разбухают, резко увеличивают свой объем во влажном состоянии и тем самым способствуют закупорке почвенных пор, т.е. образованию водоупорного слоя.

Сезонность переувлажнения визуально прослеживается в морфологических признаках почвы. Так, на глубине почвы, где скапливаются атмосферные воды, при недостатке воздуха происходит процесс оглеения. Почва приобретает зеленовато-сизоватую окраску за счет закисных форм железа и марганца. При подсыхании почвы в нее поступает кислород из воздуха, и за-

кисные формы элементов превращаются в окисные с появлением пятен охристо-ржавого цвета. Иногда встречаются железистые и марганцевые твердые конкреции небольших размеров (диаметр от 0,5 до 3 см).

Увеличение площади гидроморфных почв имеет в первую очередь антропогенную природу и является результатом высокой техногенной нагрузки на почвы. Антропогенное влияние усилено природными явлениями – увеличением количества осадков. В последние годы появились сведения, в которых к антропогенным факторам относят следующие:

- перегораживание поверхностного и внутрипочвенного стока различными препятствиями. К ним относят лесополосы, полевые дороги, автодороги;
- изменение водного баланса ландшафтов в сторону увеличения его приходных статей – орошение, создание оросительных систем;
- зарегулирование стока рек, которые превращаются в цепочки стоячих водоемов и зарастают болотной растительностью;
- уплотнение почв под влиянием тяжелой техники.

Отмеченные воздействия на ландшафт в конечном итоге ведут к изменению гидрологического режима не только почв, но и зоны аэрации в целом. В лессовой толще развиваются просадочные явления. Особенно проявляется это явление при орошении. Скопление влаги в почве в пониженных элементах рельефа активизирует процессы элювирования из почвенной толщи не только легкорастворимых соединений, но и карбоната кальция, соединений железа и марганца, коллоидно-дисперсного материала. В результате формируется переуплотненный водоупорный горизонт.

Систематически повторяющиеся периоды переувлажнения почв оказывают на их состояние глубокое воздействие: нарушается водный и воздушный режим, окислительно-восстановительное состояние, карбонатно-кальциевое равновесие, гумусное состояние.

Процесс трансформации черноземов в почвы полугидроморфного и гидроморфного ряда осуществляется в течение короткого времени (1-3 года). Такие почвы могут быть засоленными при близком расположении засолен-

ных грунтовых вод или, наоборот, засоление отсутствует. Подобные вариации могут быть с солонцеватостью и карбонатностью. Однако общим является то, что в них всегда протекает процесс оглеения. Именно этот процесс, по мнению Ф.Р. Зайдельмана [29], ответственен за то, что черноземы при переувлажнении их в течение 2-5 лет трансформируются в почвы с четко выраженными признаками гидроморфности.

#### **4.3. Рекомендации по использованию климатических характеристик для оценки развития эрозии почв в Белгородской области**

Мониторинг и оценка степени интенсивности эрозионных процессов в конкретных условиях местности Белгородской области являются важнейшей задачей современной науки. Особую актуальность эти вопросы приобрели в условиях наблюдаемого изменения климата, оказывающего влияние на развитие и направленность многих природных процессов, включая факторы формирования поверхностного стока.

Результаты исследований являются исходными данными при проектировании почвозащитных мероприятий на территории Белгородской области. Полученные зависимости эрозионных свойств почв от климатических изменений дают возможность обоснования и прогноза развития агроландшафтов региона на среднесрочную перспективу. Учет динамики климатических характеристик при проектировании противоэрозионных комплексов в условиях трансформации климата позволит избежать излишних затрат на реализацию мероприятий, направленных на регулирование склонового стока. Для регулирования склонового стока помимо мероприятий постоянного действия способствует адаптации к изменениям климатических показателей мобильная часть противоэрозионных комплексов, которая позволит упреждать прогнозируемые климатические изменения. Это ежегодные агротехнические мероприятия, набор которых должен осуществляться в зависимости от увлаж-

ненности года и возможности достижения максимального эффекта при минимальных затратах денежно-материальных ресурсов.

Перечень агротехнических мероприятий зависит от увлажненности года и особенностей ландшафта. В годы с дефицитом осадков, малыми запасами воды в снеге мероприятия должны быть направлены на улучшение водно-физических свойств почв и повышение водопроницаемости. Перечень мероприятий в нормальные по увлажненности и многоводные годы требует регулирования снегоотложения и снеготаяния, воздействия на температурный режим почв.

В результате наблюдаемых климатических колебаний и изменения интенсивности эрозии на исследуемой территории формируются неустойчивые агроландшафты с однонаправленным развитием, приводящим к значительному снижению и потере почвенного плодородия [НПБ 2]. Анализ основных факторов смыва показал, что при однотипности рельефа (в границах определенного ландшафта) территории Белгородской области эрозионная сила дождей является одним из ведущих факторов пространственной дифференциации эрозии. С возрастанием антропогенного воздействия на природу старосвоенных регионов, к которым относится территория Белгородской области, процесс ее одностороннего развития будет усиливаться.

В почвенном покрове области за последние 30 лет наметилась тенденция увеличения площади переувлажненных и заболоченных почв. Причиной следует считать увеличение количества атмосферных осадков, более продолжительный безморозный период, строительство прудов, заиление русел рек, появление «верховодки» из-за образования в почвенном профиле водонепроницаемого горизонта. Меры по снижению этого явления основаны на глубокой безотвальной вспашке или щелевании на глубину 40-60 см [НПБ 1]. Для восстановления структурного состояния почвы использовать внесение кальцийсодержащих веществ (тонкомолотый мел или дефекат, известь) на фоне высоких доз навоза [70].

Постановлением Губернатора Белгородской области утвержден специальный проект. Целью корректировки проекта внутрихозяйственного землеустройства является защита почв от эрозии, зарегулирование поверхностного стока талых и дождевых вод, применение противоэрозионных агротехнических приемов безотвальной обработки почв, сокращение и отказ от применения ядохимикатов и гербицидов, максимальное использование природных (климатических) факторов для почвенного воспроизводства, получение высоких урожаев при минимальных затратах [НПБ 3].

Таким образом, основные климатические характеристики и их тенденция за последние 30 лет позволяют предугадывать и предупреждать возможные потери от различных видов эрозии на территории исследуемой области.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного исследования нами были получены результаты, отражающие особенности климатических изменений в Белгородской области и их влияние на эрозионные процессы почв. Итоги исследования позволили сделать следующие выводы:

– благодаря длительному пребыванию территории Белгородской области в благоприятных природно-климатических условиях сформировались высокоплодородные почвы – черноземы;

– почвы Белгородской области в значительной степени подвержены эрозионной деградации, которая объясняется высокой расчлененностью рельефа (до 1,5 км/км<sup>2</sup>) и слабой противоэрозионной устойчивостью почвообразующих пород и почв. Кроме того, развитию эрозии почв способствует интенсивное таяние снега весной и преобладающий ливневой характер осадков летом;

– в качестве основного периода осреднения климатических показателей был использован стандартный ряд наблюдений, не менее 30 лет (1981-2010 гг.), рекомендованный ВМО, который называется «нормой»;

– смена характера изменения циркуляционных условий, а именно преобладание субмеридиональной циркуляции в 1981-2010 гг. по сравнению с предыдущим периодом субширотной циркуляции в 1971 -2000 гг., сказалась на конфигурации распределения изотерм, изогий и скоростей ветра;

– в зимние месяцы по всей области температура воздуха за исследуемый период повысилась на 2 °С, в летние месяцы – в среднем на 1 °С. Среднегодовые температуры воздуха увеличились на 0,5 °С;

– потепление климата сказалось на продолжительности метеорологических сезонов. Заметно сократился зимний период (на 7 дней), продолжительность летнего периода и осени увеличилась на 3 дня. Весенний период практически остался неизменным;

– изменение температуры почвы в пахотном слое за период исследования составило + 1-2 °С;

– пространственное распределение осадков по территории соответствует среднемноголетним данным: постепенно уменьшается с запада (Готня, 620 мм) на восток (Новый Оскол – 536 мм). В среднем по области сумма летних осадков составляет 57-60 % от годовой величины;

– характерной особенностью изменившихся условий увлажнения в регионе исследования стало уменьшение вероятности выпадения ливневых осадков, что может способствовать снижению роли дождей в поверхностном смыве почвенного покрова. Число дней с сильными ливнями (более 20 мм в сутки) за вегетационный период снизилось с 4-5 в начале 1980-х годов в среднем до 3-х дней к концу периода исследования;

– на всех метеорологических станциях наблюдается увеличение числа случаев «сухих» дней по десятилетиям. Это обусловлено, прежде всего, региональными условиями циркуляции атмосферы: увеличение в конце XX в. продолжительности стационарных блокирующих антициклонов в теплый период года за счет последующего нарастания температур воздуха, что существенно повышает обострение дефляционно опасной ситуации в регионе;

– за рассматриваемый период (1981-2010 гг.) увеличилась сумма активных температур и немного уменьшилось количество осадков. Соответственно уменьшился ГТК. Сравнительный анализ карт агроклиматического районирования Белгородской области с аналогичными картами за предыдущие 30-летние периоды (в 1971-2000 гг.) показал, что, во-первых, на новой карте исчез первый агроклиматический район (он заменился вторым районом), во-вторых, появился третий район, ранее относившийся к юго-восточным районам;

– происходившие на рубеже столетий изменения в характере атмосферной циркуляции повлияли на тепло- и влагообеспеченность географической среды: на западе и северо-востоке области показатель увлажнения (1,0–1,1), то есть условия увлажнения были близки к оптимальным, а на остальной

части территории, условия были слабо засушливыми. В целом, в регионе наблюдается уменьшение степени увлажненности. Для всей области показатель увлажнения был ниже 1, что соответствует слабо засушливым условиям;

– сравнение двух периодов (конец XX в. и начало XXI в.) показало снижение частоты случаев оптимального увлажнения территории в вегетационный период с 38 % до 21 % случаев на юго-востоке территории, с 38 % до 29 % – в центре области и с 31 % до 21 % – на северо-востоке территории;

– в целом за год на всех станциях преобладают ветра западной составляющей. На втором месте по повторяемости среднегодовых направлений оказываются ветра восточной составляющей. Наименьшая повторяемость составила направление северных ветров;

– распределение направлений ветра по сезонам сильно отличается. Зимой практически на всех станциях преобладают ветры западной и юго-западной составляющей, а весной преимущественно дуют ветры восточной составляющей. Это объясняется тем, что весной в южных районах снежный покров исчезает раньше, чем на севере за пределами Белгородской области, где он еще сохраняется. Солнечная энергия в этих районах, прежде всего, расходуется на таяние снега и поэтому температуры воздуха значительно меньше, чем на территории области, а давление воздуха выше. В летний период направление ветра на территории области имеет разнонаправленный характер, что обусловлено неравномерным нагреванием подстилающей поверхности из-за форм рельефа. Осенью преобладают ветры западной и юго-западной составляющей;

– анализ погодичного изменения скорости ветра за исследуемый период показал, что на всех станциях среднегодовые скорости ветра за период исследования почти на 1,0 м/с меньше, чем многолетние данные. Общий тренд изменения скорости ветра оказался отрицательным;

– общая эродированность почвенного покрова Белгородской области за счет нарастания процесса эрозии за 30 лет и более точного учета его проявления увеличилась. Полученные зависимости эрозионных свойств почв от

климатических изменений дают возможность обоснования и прогноза развития агроландшафтов региона на среднесрочную перспективу;

– в годы с дефицитом осадков, малыми запасами воды в снеге мероприятия должны быть направлены на улучшение водно-физических свойств почв и повышение водопроницаемости. Перечень мероприятий в нормальные по увлажненности и многоводные годы требует регулирования снегоотложения и снеготаяния, воздействия на температурный режим почв;

– специальным постановлением правительства области утверждена корректировка внутрихозяйственного землеустройства, предусматривающую защиту почв от эрозии, зарегулирование поверхностного стока талых и дождевых вод, применение противоэрозионных агротехнических приемов в виде безотвальной обработки почв.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Белгородской области: Справочник Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1972. – 91 с.
2. Анапольская, Л.Е. Режим скоростей ветра на территории СССР / Л.Е. Анапольская. – Л.: Гидрометиздат, 1961.– 200 с.
3. Арманд Д.Л. Наука о ландшафте / Д.Л. Арманд. – М.: Мысль. – 1975. – 287 с.
4. Асыка Н.Р., Кочергина Е.Н., Зуйченко А.Д., Борьба с эрозией почв в Белгородской области / Н.Р. Асыка, Е.Н. Кочергина, А.Д. Зуйченко. – Белгород, 1968. – 72 с.
5. Ахтырцев Б. П., Соловиченко В. Д. Почвенный покров Белгородской области: структура, районирование и рациональное использование / Б.П. Ахтырцев, В.Д. Соловиченко. – Воронеж, 1984. – 265 с.
6. Барабанов А. Т. Закономерности формирования поверхностного стока талых вод, его прогноз и регулирование / А.Т. Барабанов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1(33). – С. 65-68.
7. Беляева, Л.Н. Экологические последствия аграрного природопользования в Центрально-Черноземной районе / Л.Н. Беляева // Проблемы региональной экологии. – 2004. – №1. – С. 81-86.
8. Беннетт, Х.Х. Основы охраны почв / Х.Х. Беннетт: под ред. С.С. Соболева. – М.: Изд-во иностр. лит., 1958. – 412 с.
9. Буряк Ж.А. Бассейновая организация природопользования в Белгородском экорегионе: авторефер. дис. ... канд. геогр. наук / Ж.А. Буряк. – Москва, 2015. – 23 с.
10. Воейков, А.И. Снежный покров, его влияние на климат и погоду и способы исследования: 2-е изд., испр. и знач. доп./ А.И. Воейков. – СПб.: Тип. Имп. Акад. наук, 1889. – Т. 18, №2. – 212 с.

11. Галахов, Н.Н. Суховеи, их происхождение и борьба с ними / Н.Н. Галахов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. –181 с.
12. Геннадиев, А.Н., Жидкин А.П. Эрозия почв в различных условиях землепользования: оценка методом магнитного трассера / А.Н. Геннадиев, А.П. Жидкин // Почвоведение. – 2010 – №9. – С. 1126-1134.
13. Герасимов И.П. Генетические, географические и исторические проблемы современного почвоведения / И.П. Герасимов. – М., Наука. – 1976. – 300 с.
14. Голосов, В.Н., Геннадиев А.Н. и др. Пространственно-временные особенности развития почвенно-эрозионных процессов в лесостепной зоне Восточно-Европейской равнины / В.Н. Голосов, А.Н. Геннадиев // Почвоведение. – 2011 – №7. – С. 861-869.
15. Голосов, В.Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин / В.Н. Голосов. – М.: Геос, 2006. – 296 с.
16. Григорьев, Г.Н., Новикова Е.П. Вариации ветрового режима на территории Центрально-Черноземного района за последние 30 лет в свете глобального изменения климата / Г.Н. Григорьев, Е.П. Новикова // Современная экология: Образование, наука, практика: Материалы Международной научно-практической конференции 4–6 октября 2017 г. – Воронеж: ВГУ, 2017. – С. 418–423.
17. Григорьев, Г.Н. Использование климатических факторов для экологической оценки земель / Г.Н. Григорьев, И.В. Волошенко, С.Ю. Куралесина, Е.П. Новикова, Е.С. Гащенко // Проблемы региональной экологии. – 2013. – №4. – С. 50-53.
18. Григорьев, Г.Н. Климатические условия / Г.Н. Григорьев // Атлас Белгородской области: природные ресурсы и экологическое состояние. – Белгород, 2005.– С. 48-57.
19. Григорьев, Г.Н. Крупномасштабные атмосферные процессы Северного полушария и аномалии климатических параметров Центрально-Черноземного Региона /

- Г.Н.Григорьев, О.В.Крымская, М.Г. Лебедева // География и природные ресурсы. – Белгород, 2001. – №4. – С. 135-138.
20. География и природные ресурсы. Новосибирск, 2001. – №1. – С. 135–138.
21. Грингоф, И.Г. Попова В.В., Страшный В.Н. / И.Г. Шрингоф, В.В. Попова, В.Н. Страшный // Агрометеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 310 с.
22. Грудинин Г.В. Снежный покров юга Минусинской котловины / Г.В. Грудинин. – Новосибирск: Наука, 1981. – 160 с.
23. Докучаев, В.В. Овраги и их значение / В.В. Докучаев // Итоги о русском черноземе. Труды II Вольного экономического общества. – 1887. – Т.3., Вып. 2. – С. 167-178.
24. Долгилевич, М.И. Пыльные бури и агролесомелиоративные мероприятия / М.И. Долгилевич. – М.: Колос, 1978. – 159 с.
25. Дроздов, О.А. Васильев, О.А., Кобышева, Н.В. Климатология / О.А. Дроздов, О.А. Васильев, Н.В. Кобышева. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
26. Дьяконов, К.Н., Аношко, В.С. Мелиоративная география / К.Н. Дьяконов, В.С. Аношко. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 254 с.
27. Дюнин, А.К. Механика метелей / А.К. Дюнин. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1963. – 380 с.
28. Жидкин, А.П., Чендев Ю.Г. Обзор существующих представлений об эрозии почв в Белгородской области / А.П. Жидкин, Ю.Г. Чендев // Естественные науки: Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2017. – № 23. – с. 147.
29. Зайдельман, Ф.Р. Процесс глееобразования и его роль в формировании почв / Ф.Р. Зайдельман. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 212 с.
30. Заславский, М.Н. Эрозиоведение. Основы противоэрозионного земледелия.: учебник для студентов географ. и почвовед. спец. вузов / М.Н. Заславский. – М.: Высшая школа, 1987. – 375 с.

31. Заславский, М.Н. Карта эрозионного индекса дождевых осадков Европейской территории СССР и Кавказа / М.Н. Заславский // Эрозия почв и русловые процессы. М.: – 1981. – Вып. 8. – С. 17-29.
32. Заславский, М.Н. Эрозия почв / М.Н. Заславский. – М.: МЫСЛЬ, 1979. – 245 с.
33. Заславский, М.Н. Характеристика природных условий для обоснования почвозащитных мероприятий / М.Н. Заславский // Водная эрозия почв и борьба с ней. – М.: Колос, 1977. – С. 23-42.
34. Золотокрылин, А.Н., Титкова Т.Б. Зависимость аномалий климата вегетационного периода лесостепи Русской равнины от крупномасштабной атмосферной циркуляции / А.Н. Золотокрылин, Т.Б. Титкова // Известия РАН. Серия географическая. – 1998. – №5. – С. 121-128.
35. Иванов, В.Д. Эрозия и охрана почв Центрального Черноземья России / В.Д. Иванов: учебное пособие. – Воронеж: Изд-во ВГАУ, 2003. – 360 с.
36. Кальянов, К.С. Динамика процессов ветровой эрозии почв / К.С. Каштанов. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 135 с.
37. Каштанов, А.Н., Шишов, Л.Л. и др. Проблемы эрозии и охраны почв России / А.Н. Каштанов, Л.Л. Шишов и др. // Почвоведение. – 1999. – №1. – С. 97-105.
38. Каштанов, А.Н., Лисецкий Ф.Н., Швевс Г.И. Основы ландшафтно-экологического земледелия / А.Н. Каштанов, Ф.Н. Лисецкий, Г.И. Швевс. – М.: Колос, 1994. – 127 с.
39. Кириленко, Ж.А. Определение зависимости степени эродированности почв в агроландшафтах от рельефной функции / Ж.А. Кириленко // Материалы Международной научно-практической конференции. – Минск: Издат. центр БГУ, 2013. – С. 116-119.
40. Климат России / под ред. Н.В. Кобышевой. – Л.: Гидрометеиздат, 2001. – 654 с.
41. Кобышева Н.В. Методы климатологической обработки / Н.В. Кобышева. – Л.: Гидрометеиздат, 1998. – 368 с.

42. Козьменко, А.С. Борьба с эрозией почвы / А.С. Козьменко. – М.: Сельхозгиз, 1954. – 232 с.
43. Конке, Г., Бертран, А. Охрана почв / Г. Конке, А. Бертран. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 343 с.
44. Кононова, Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / Н.К. Кононова; под ред. А.Б. Шмакина // РАН, Ин-т географии. – М.: Воентехиниздат, 2009. – 372 с.
45. Копанев, И.Д. Методы изучения снежного покрова / И.Д. Копанев // Гл. геофиз. обсерватория им. А. И. Воейкова. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 226 с.
46. Котляков В.М. Мир снега и льда / В.М. Котляков. – М.: Наука, 1994. – 286 с.
47. Кравцов С.В., Лисецкий Ф.Н., Марциневская Л.В. Эффективность эколого-ландшафтных систем земледелия в решении почвоохранных задач / С.В. Кравцов, Ф.Н. Лисецкий, Л.В. Марциневская // Ecology-2006: scientific articles 15th international symposium, Bulgaria, 5-9 June 2006. – Bulgaria, 2006. – Pt.1: Information express. – pp. 79–92.
48. Кузнецов, М.С., Демидов В.В. Эрозия почв лесостепной зоны центральной России: моделирование, предупреждение и экологические последствия / М.С. Кузнецов, В.В. Демидов. – М.: ПОЛТЕКС, 2002. – 184 с.
49. Кузнецов, М.С. Эрозия и охрана почв / М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 335 с.
50. Лавровский, А.Б. Влияние рельефа на потенциальную опасность проявления ветровой эрозии почв в УССР / А.Б. Лавровский // Почвоведение. – 1983. – №8. – С. 137-143.
51. Ларионов, Г.А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки / Г.А. Ларионов. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 198 с.
52. Ларионов, Г.А. Зарубежный опыт оценки потенциальной опасности эрозии / Г.А. Ларионов // Оценка и картирование эрозионных и дефляционных земель. – М.: Изд-во МГУ, 1973. – С. 38-46

53. Лебедева М.Г., Крымская О.В., Толстопятова О.С. Климатические условия Белгородской области / М.Г. Лебедева, О.В. Крымская, О.С. Толстопятова // Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство. Белгород: Константа, 2018. – С. 71-76.
54. Лебедева, М.Г., Крымская О.В., Толстопятова О.С. Гидротермические условия вегетационного периода / М.Г. Лебедева, О.В. Крымская, О.С. Толстопятова // Почвы и растительность юга Среднерусской возвышенности в условиях меняющегося климата. – Белгород: КОНСТАНТА, 2016. – С. 215-221.
55. Лебедева, М.Г., Крымская О.В. Проявление современных климатических изменений в Белгородской области / М.Г. Лебедева, О.В. Крымская // Научные Ведомости БелГУ. – Белгород: Издат. дом «Белгород», 2008. – № 3 (43). – Вып. 6. – С. 188-196.
56. Лебедева М.Г., Крымская О.В. Экологическая климатология и климатические ресурсы Центрально-Черноземных областей / М.Г. Лебедева, О.В. Крымская // Экология региона. Часть 3. – Белгород: Издательство БелГУ, 2007. – 240 с.
57. Лисецкий, Ф.Н. Современные проблемы эрозиоведения. Монография / Ф.Н. Лисецкий, А.А. Светличный, С.Г. Черный. – Белгород: Константа, 2012. – 456 с.
58. Лисецкий, Ф.Н. Оценка развития линейной эрозии и эродированности почв по результатам аэрофотосъемки / Ф.Н. Лисецкий, Л.В. Марциневская // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2009. – №10. – С. 39-43.
59. Литвин, Л.Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России / Л.Ф. Литвин. – МГУ им. М.В. Ломоносова., Геогр. фак. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 255 с.
60. Лосев, А.П. Журина Л.Л. Агрометеорология / А.П. Лосев, Л.Л. Журина. – М.: Колос, 2001. – 297 с.

61. Лоудермилк, В.Ц. Почвенная эрозия и борьба с ней в США / В.Ц. Лоудермилк // Почвоведение. – 1936. – №3. – С. 42-46. <sup>[L]</sup><sub>SEP</sub>
62. Лукин, С.В. и др. Влияние водной эрозии почв на основные агрохимические свойства пахотных почв Белгородской области / С.В. Лукин // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – №9. – С. 7-8.
63. Лукин, С.В. Экологические проблемы и пути их решения в земледелии Белгородской области / С.В. Лукин. – Белгород: Крестьянское дело, 2004. – 164 с.
64. Маккавеев, Н.И. Взаимная связь процессов эрозии и аккумуляции / Н.И. Маккавеев // Эрозионные процессы. – М.: Мысль, 1984. – С. 9-11.
65. Маккавеев, Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне / Н.И. Маккавеев – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 346 с.
66. Марциневская Л.В. Ландшафтно-экологическое обоснование землепользования в условиях проявления водной эрозии почв / Л.В. Марциневская: автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. – Воронеж, 2004. – 22 с.
67. Марциневская Л.В., Петина В.И. Горизонтальное расчленение земной поверхности / Л.В. Марциневская, В.И. Петина: Атлас Белгородской области: природные ресурсы и экологическое состояние. – 2005. – с. 34-36.
68. Метод сплайн-интерполяции. – Москва, 2018. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/5897602>.
69. Милевский В.Ю. Классификация местоположения метеорологических станций по ветру / В.Ю Милевский. – Москва, 2018. – Режим доступа: <https://yandex.ru/search/?1r=56733/>.
70. Министерство Природных Ресурсов и Экологии Российской Федерации. – Москва, 2018. – Режим доступа: <http://new.mnr.gov.ru>
71. Мирцхулава, Ц.Е. Водная эрозия почв. Механизм, прогноз / Ц.Е. Мирцхулава // Ин-т вод. хоз-ва и инженерной экологии. – Тбилиси: Мецниереба, 2000. – 420 с.
72. Мирцхулава, Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии / Ц.Е. Мирцхулава. – М.: Колос, 1970. – 240 с.

73. Наконечная, М.А. Различия агроэкологических условий на склонах южной и северной экспозиции Центрально-Черноземной области / М.А. Наконечная // Почвоведение. – 1988 – №10. – С. 27-36.
74. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Ч. 1-6. Выпуск 28. – СПб.: Гидрометеиздат, 1990. – 356 с.
75. Новикова, Е.П. Исследование динамики характеристик влажности воздуха на территории ЦЧР на рубеже 20-21 веков / Е.П. Новикова // Наука России: Цели и задачи: Материалы VII Международной научной конференции 10 февраля 2018. – НИЦ «Л-Журнал», 2018. – Ч.2. – С. 76-80.
76. Петин А. Н. Гидрографическая сеть /А.Н. Петин: географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство. – Белгород: Константа, 2018. – С. 65-70.
77. Петин А.Н. Физико-географическое положение / А.Н. Петин: кн. География Белгородской области. 3-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 2008. – С. 4-5.
78. Природные ресурсы и окружающая среда Белгородской области. / Под редакцией С.В. Лукина. – Белгород: издательство БелГУ, 2007. – 556 с.
79. Сапожникова, С.А. Об уточнении оценки сельскохозяйственного бонитета климата / С.А. Сапожникова: Агроклиматические ресурсы природных зон СССР и их использование. – Л.: Гидрометиздат, 1970. – С. 80-92.
80. Селянинов, Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата / Г.Т. Селянинов: мировой агроклиматический справочник. – М., 1937. – С. 5-28.
81. Сильвестров, С.И. Сравнительная оценка влияния на эрозию основных факторов / С.И. Сильвестров // Районирование территории СССР по основным факторам эрозии. – М.: Наука, 1965. – С. 58-88. <sup>[1]</sup><sub>{SEP}</sub>

82. Сластихин, В.В. Ливни. Метеорологический фактор эрозии в картировании эрозионно-опасных и дефляционных земель / В.В. Сластихин // Оценка и картирование эрозионных и дефляционных земель. – М.: Изд-во МГУ, 1973. – С. 58-61.
83. Сластихин, В.В. Прогноз динамики ливневой эрозии почв на водосборах малых рек / В.В. Сластихин // Вопросы методики почвенно-эрозионного картирования. – М., 1972. – С. 44-50.
84. Смирнова, Л.Ф. Ветровая эрозия почв / Л.Ф. Смирнова. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 135 с.
85. Соболев, С.С. Развитие эрозионных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними / С.С. Соболев. – М.: Изд-во АН СССР, 1948. – Т.1. – 305 с.
86. Соколов, Н.А. Дюны, их образование, развитие и внутреннее строение / Н.А. Соколова. – СПб.: тип. В. Демакова, 1884. – 289 с.
87. Соловиченко, В.Д. Почвы. Структура почвенного покрова / В.Д. Соловиченко: географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство. – Белгород: Константа, 2018. – С. 84-87.
88. Соловиченко, В.Д. Почвенный покров Центрально-Черноземного региона и воспроизводство плодородия почв: автореф. дис.... докт. с.-х. наук. – Белгород, 2011 – 42 с.
89. Соловиченко, В.Д. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование / В. Д. Соловиченко, С. И. Тютюнов. – Белгород: Отчий край, 2013. – 371 с.
90. Сурмач, Г.П. Рельефообразование, формирование лесостепи, современная эрозия и противоэрозионные мероприятия / Г.П. Сурмач. – Волгоград, 1992. – 175 с.
91. Сурмач, Г.П. Водная эрозия и борьба с ней / Г.П. Сурмач. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 254 с.
92. Утешев, А.С., Семенов О. Е. Климат и ветровая эрозия почв / А.С. Утешев, О.Е. Семнов. – Алма-Ата: Изд-во Кайнар, 1967. – 70 с.

93. Холупяк, К.Л. Роль снега как фактора эрозии / К.Л. Холупяк // Снежный покров, его распределение и роль в народном хозяйстве. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 114-121.
94. Хрисанов В.А., Колмыков С.Н. Современные экзогенные геоморфологические процессы, их прогноз и меры борьбы с ними на территории Белгородской области / В.А. Хрисанов, С.Н. Колмыков: Белгород: Изд. дом Белгород, 2018. – 212 с.
95. Чендев Ю.Г. и др. Почвы и растительность юга Среднерусской возвышенности в условиях меняющегося климата / Ю.Г. Чендев и др. – Белгород: Константа, 2016. – 326 с.
96. Чендев Ю.Г. Тренды природной и антропогенной эволюции серых лесостепных почв в позднем голоцене: юг Среднерусской возвышенности / Ю.Г. Чендев // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – №7. – С. 14-19.
97. Чендев, Ю. Г. Региональные особенности климатической эволюции почв южной части Восточной Европы во второй половине голоцена / Ю.Г. Чендев, Э.Р. Лупо // Почвоведение. – 2015. – № 12. – С. 1411-1423.
98. Чендев Ю.Г. Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене / Ю.Г. Чендев. – М.: ГЕОС, 2008. – 212 с.
99. Чендев, Ю.Г. Естественная эволюция почв Центральной лесостепи в голоцене. Монография / Ю.Г. Чендев. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2004. – 201 с.
100. Чумейкина, А.С., Новикова Е.П., Григорьев .Г.Н. Пространственно-временные вариации термического режима на территории ЦЧР за последние 30 лет / А.С. Чумейкина, Е.П. Новикова, Г.Н. Григорьев // Человек и географическая среда: материалы Международной научно-практической конференции: Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2017. – С. 144–146.

101. Чумейкина А.С., Новикова Е.П., Григорьев .Г.Н., Вагурин И.Ю. Вариации гидротермического режима в Черноземье за последние 30 лет на фоне глобального изменения климата / А.С. Чумейкина, Е.П. Новикова, Г.Н. Григорьев, И.Ю. Вагурин // Научные ведомости БелГУ. – Белгород: Белгород, 2017 – № 11 (260). – Вып. 39 – С. 105–113.
102. Чумейкина А.С., Новикова Е.П. Особенности формирования осадков над ЦЧР в конце 20 – начале 21 веков / А.С. Чумейкина, Е.П. Новикова // Географические проблемы сбалансированного развития староосвоенных регионов: материалы IV Международной заочной научно-практической конференции: Брянск: Курсив, 2017. – С. 177 – 181.
103. Чумейкина А.С., Иванюченко В.А., Григорьев Г.Н. Опыт гидрометеорологических изысканий на малых реках Белгородской области / А.С. Чумейкина, В.А. Иванюченко, Г.Н. Григорьев // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: материалы V Международной научной конференции: Белгород, 2013. – С.39-42.
104. Чумейкина А.С, Григорьев Г.Н. Организация инженерно - гидрологических изысканий на Белгородском водохранилище в связи спрокладкой линии связи / А.С. Чумейкина, Г.Н. Григорьев // Геоэкологические проблемы современности: материалы V Международной научной конференции: Владимир, 2013 – С. 126-128.
105. Чумейкина А.С. Анализ и оценка индекса континентальности климата в Центрально-Черноземном Районе за последние 30 лет / Киреева-Гененко И.А., Новикова Е.П., Чумейкина А.С. // Успехи современного естествознания. – 2017 – №7. – С. 76-80. – Режим доступа: <http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36481>.
106. Швевс, Г.И. Теоретические основы эрозиоведения / Г.И. Швевс. – Киев: Высшая школа, 1981. – 224 с.

107. Швeбс, Г.И. Формирование водной эрозии стока наносов и их оценка (на примере Украины и Молдавии) / Г.И. Швeбс. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 184 с.
108. Швер, Ц.А. Атмосферные осадки на территории СССР / Ц.А. Швер. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 304 с.
109. Шульгин, А.М. География снежных мелиораций. Роль снежного покрова в природном процессе / А.М. Шульгин. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – С. 63-104.
110. Якубов, Т.Ф. Ветровая эрозия почв и борьба с нею / Т.Ф. Якубов. – М.: Сельхозгиз, 1946. – 80 с.
111. Birk K. The interannual variability of Midwestern temperatures and precipitation as related to the ENSO and PDO / Birk K., Lupo A.R., Guinan P.E., Barbieri C.E. // *Atmosfera*. – 2010. – Vol. 23. – pp. 95–128.
112. Chepil, W.S. Dynamics of Wind Erosion: V. Cumulative Intensity of Soil Drifting Across Eroding Fields / W.S.Chepil // *Soil Science*. – 1946. – Vol. 61. – №3.– pp. 257-263.
113. Graham, O.P. Gully erosion./ O.P. Graham // *J.of Soil Conservation New South Wales*. – 1984. – Vol. 40. – 1.– pp. 31-37.
114. Petin A.N. Influence of Long- and Short-Term Climatic Changes on Black Earth Soils: Central Black Earth Region of Russia / Lupo A.R., Chendev, Yu. G., Petin A.N., Lebedeva M.G. // *Papers in Applied Geography*. – 2013. – 36. – pp. 156-164.
115. Petin, A.N. Regional Manifestations of Changes in Atmospheric Circulation in the Central Black Earth Region (Bu the Example of Belgorod Region) [Text] / A.N. Petin, M.G. Lebedeva, O.V. Krymskaya, Y.G. Chendev, A.R. Lupo // *Advances in Environmental Biology*. – 8(10), June 2014. – pp. 544–547.
116. Reed, A.H. The erosion risk of compaction / A.H. Reed // *Soil and Water*. – 1983. – Vol. 11. – №3. – pp. 29-33.