Моделирование трансформации ландшафтов Донского Белогорья в условиях динамики регионального климата и тенденций его дальнейших изменений

Грант Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество», договор №02/2024-Р от 10.06.2024 г.

Исполнитель проекта: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Соисполнитель проекта: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»

Руководитель проекта: О.П. Быковская, к.г.н., доц., заведующий кафедрой физической географии и оптимизации ландшафта ФГБОУ ВО «ВГУ»

Исполнители и партнеры

Члены научного коллектива:

- **Горбунов Анатолий Станиславович**, к.г.н., доцент кафедры физической географии и оптимизации ландшафта, факультета географии, геоэкологии и туризма, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»
- **Бевз Валерий Николаевич**, к.г.н., доцент кафедры физической географии и оптимизации ландшафта, факультета географии, геоэкологии и туризма, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»
- **Ганнибал Борис Константинович**, к.б.н., доцент, старший преподаватель кафедры биогеографии и охраны природы, Института наук о Земле, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»
- **Панкратова Любовь Александровна**, к.г.н., доцент кафедры физической географии и ландшафтного планирования, Института наук о Земле, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»
- **Лесовая Софья Николаевна**, д.г.н., доцент, профессор кафедры физической географии и ландшафтного планирования, Института наук о Земле, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»
- **Курочкин Юрий Николаевич**, старший преподаватель кафедры физической географии и ландшафтного планирования, Института наук о Земле, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»
- **Ганичев Илья Андреевич**, аспирант Института наук о Земле, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет».

В качестве волонтеров привлекались студенты **Д.А. Пилипенко** (ФГБОУ ВО «ВГУ») и **А.А. Чекшина** (ФГБОУ ВО «СПбГУ»)

Партнер:

Государственное бюджетное учреждение культуры Воронежской области
«Природный, архитектурно-археологический музей-заповедник «Дивногорье»

Цель и задачи исследования

Цель: на примере наименее затронутых хозяйственной деятельностью ландшафтов Донского Белогорья и геосистем в разное время выведенных из хозяйственного оборота, определить вид и степень влияния региональных климатических изменений на структуру и состояние природных ландшафтов и их отдельных компонентов.

Задачи:

1. Выявление основных параметров изменения климата на региональном уровне и прогноз их развития на основе глобальных климатических моделей.

2. Определение на ключевых участках современного ландшафтно-экологического состояния геосистем в разное время выведенных из хозяйственного оборота, сравнение их с ландшафтами, наименее затронутыми хозяйственной деятельностью.

3. Моделирование трендов развития растительного покрова в разных ландшафтных условиях и на разных временных срезах на основе мультиспектральных ДДЗ.

4. Установление степени взаимосвязей изменчивости региональных показателей климата с изменчивостью показателей компонентной и ландшафтной организации территории Донского Белогорья. Выявление ведущих климатических факторов, определяющих тенденции развития современных геосистем.

5. Подготовка прогнозной модели трансформации ландшафтов Донского Белогорья, выработка рекомендаций для принятия решений по управлению трансформацией ландшафтов исследуемой территории.

Актуальность и новизна

Актуальность: Проблема изменения климата и ее следствия – одна из глобальных проблем цивилизации. Особенно остро она стоит в аграрных регионах, где любые изменения отражаются на экономических показателях сельского хозяйства. В связи с этим изучение трансформации ландшафтов и его отдельных компонентов в условиях меняющегося климата представляются весьма актуальными и необходимыми для совершенствования системы землепользования и оптимизации окружающей среды.

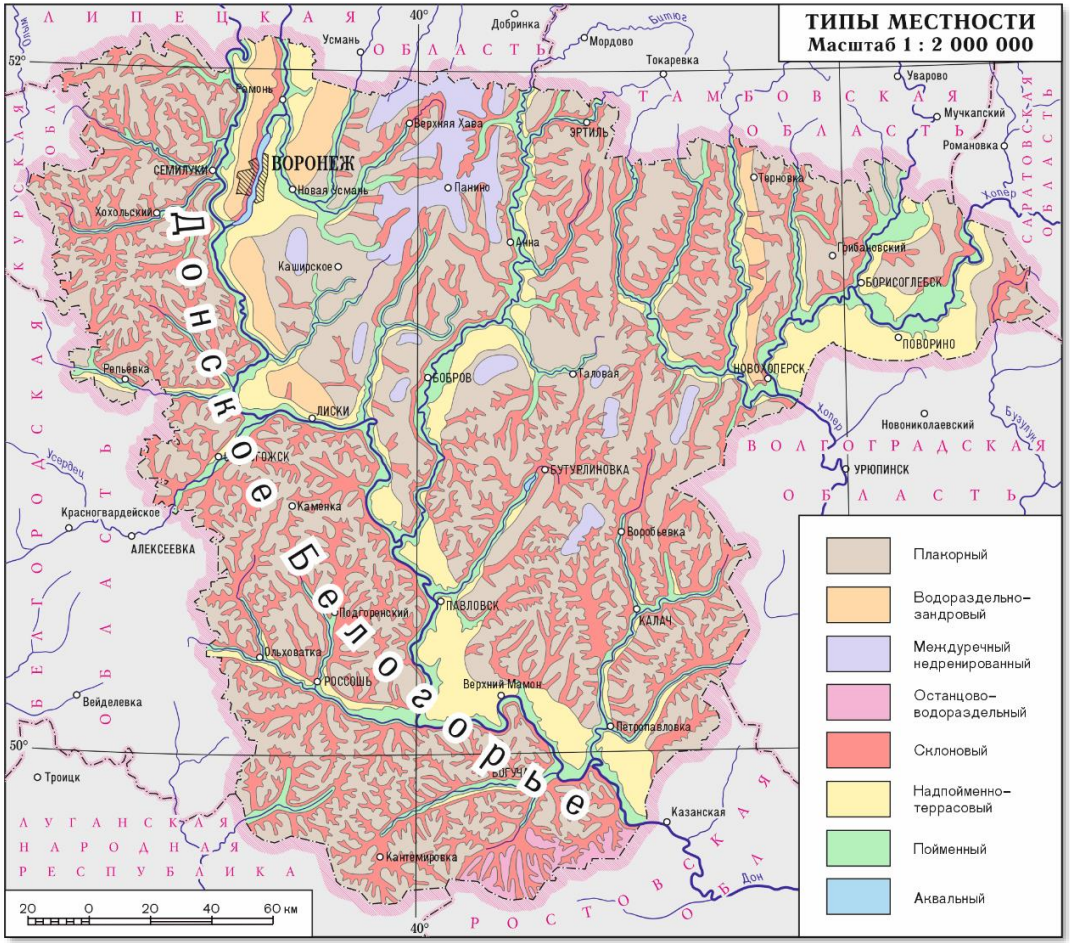
Новизна: В ходе исследования выявлены основные параметры изменения климата на региональном уровне, дан прогноз их развития на основе глобальных климатических моделей, а также установлена степень взаимосвязей изменчивости региональных показателей климата с изменчивостью показателей компонентной и ландшафтной организации территории Донского Белогорья. Итогом исследования является прогнозная модель трансформации ландшафтов Донского Белогорья и выработка рекомендаций для принятия решений по управлению трансформацией ландшафтов исследуемой территории.

Территория исследования

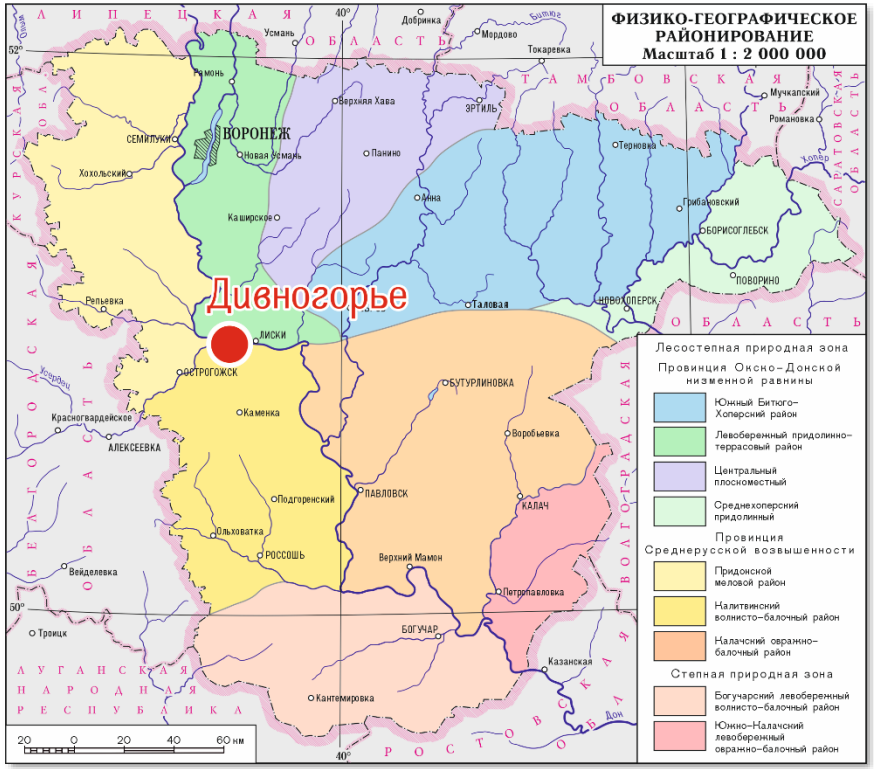
Донское Белогорье – участок правобережья реки Дон от устья Воронежа до устья Черной Калитвы с выходами на поверхность белого писчего мела и характерными ландшафтами. Его естественной границей на востоке служит река Дон, на западе – верховья крупных балок-суходолов и малых рек, открывающихся в долину Дона.

Правобережье Дона у с. Галиевка (фото А.С. Горбунова)





Территория исследования



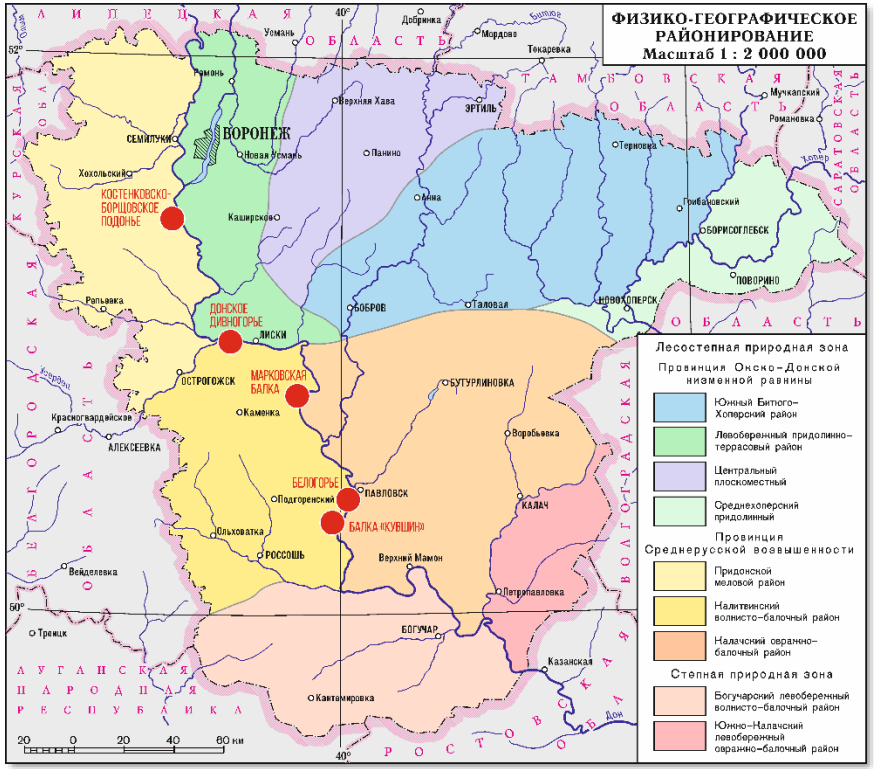


Наиболее изученным природным объектом в пределах исследуемой территории выступает музей-заповедник «Дивногорье», в границах которого авторский коллектив проводит регулярные наблюдения на протяжении последних 25 лет.

Вид с поймы р. Тихой Сосны на меловые останцы – Дивы у с. Дивногорье (фото А.С. Горбунова)



Территория исследования (ключевые участки)





- Костенковско-Борщевское Подонье
- Донское Дивногорье
- Марковская балка
- Урочище Белогорье
- Балка «Кувшин»

Балка «Голая» у с. Дивногорье (фото А.С. Горбунова)

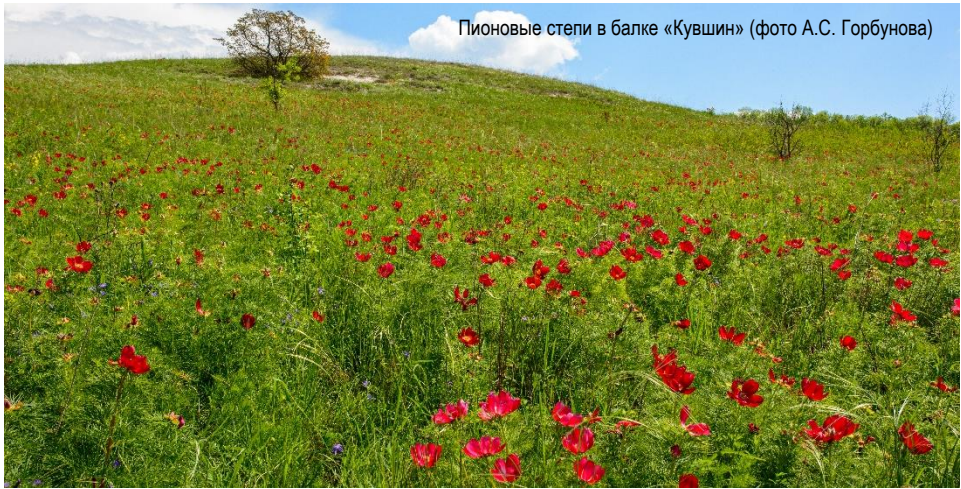


Территория исследования (ключевые участки)


Долина Дона у с. Белогорье (фото А.С. Горбунова)


Марковская балка у. с. Марки (фото А.С. Горбунова)

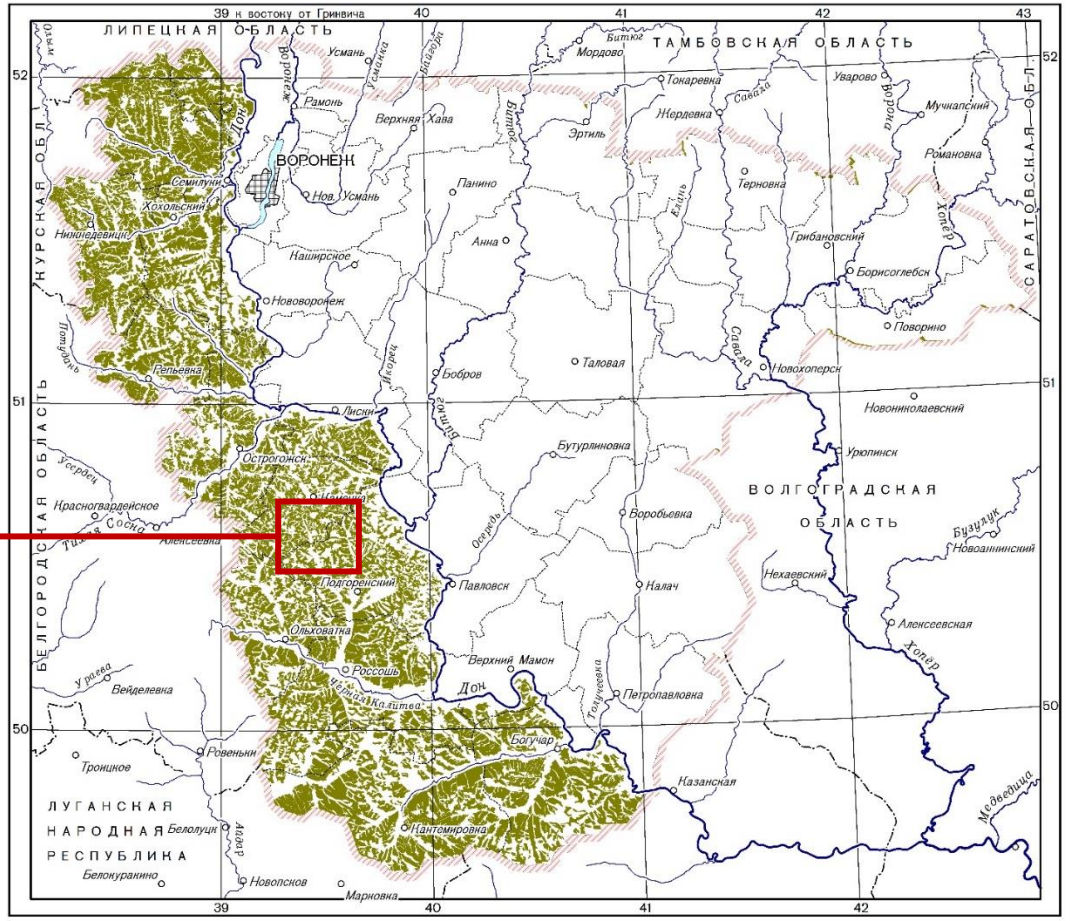

Долина Дона южнее с. Борщево (фото А.С. Горбунова)


Пионовые степи в балке «Кувшин» (фото А.С. Горбунова)

Подготовительный этап

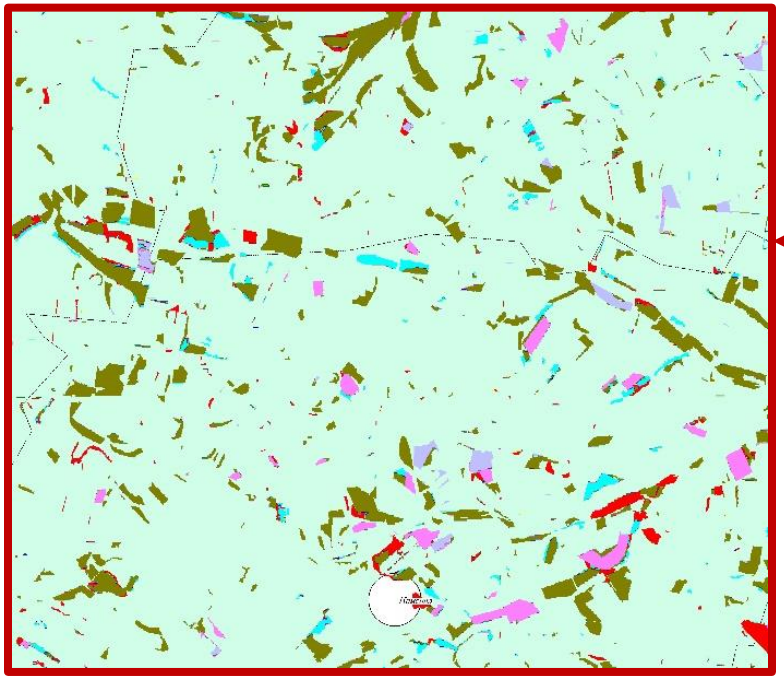
Составлена карта обрабатываемых полей в пределах Донского Белогорья

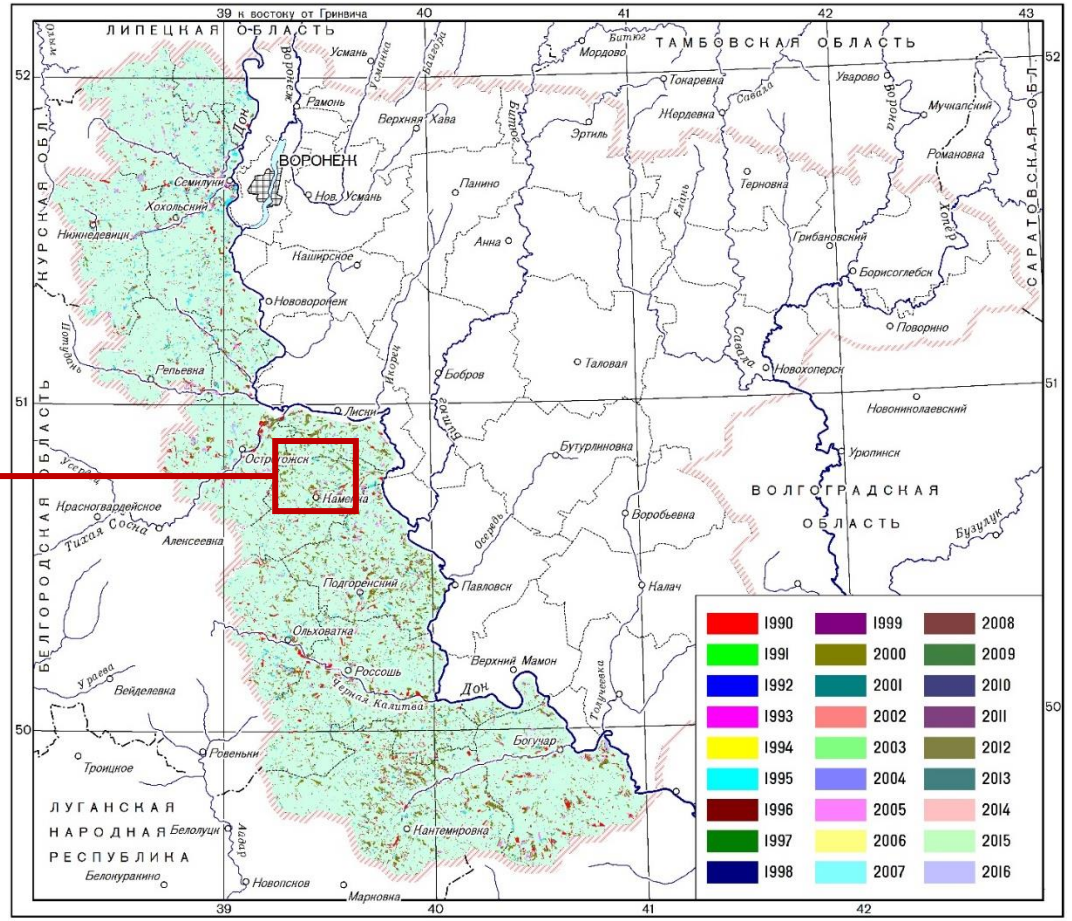




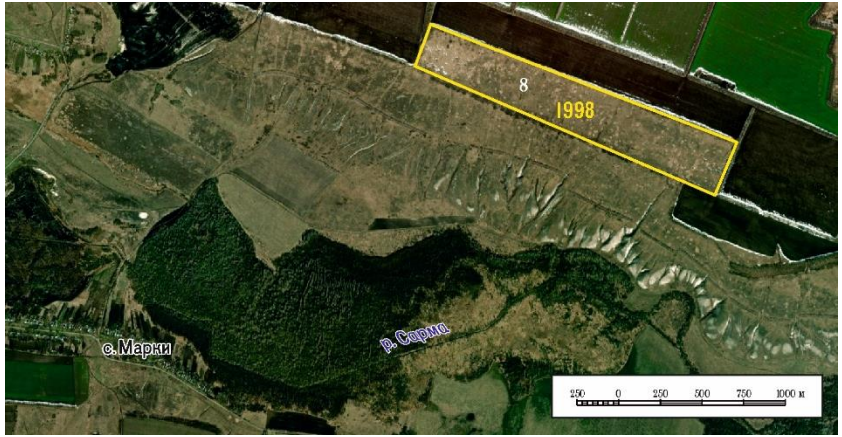
Подготовительный этап

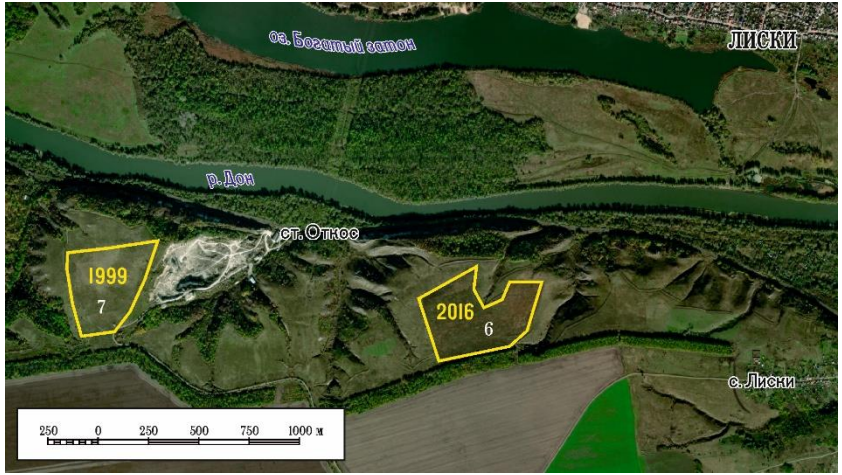
Составлена карта полей, выведенных из пашенного оборота (разновозрастных залежей)

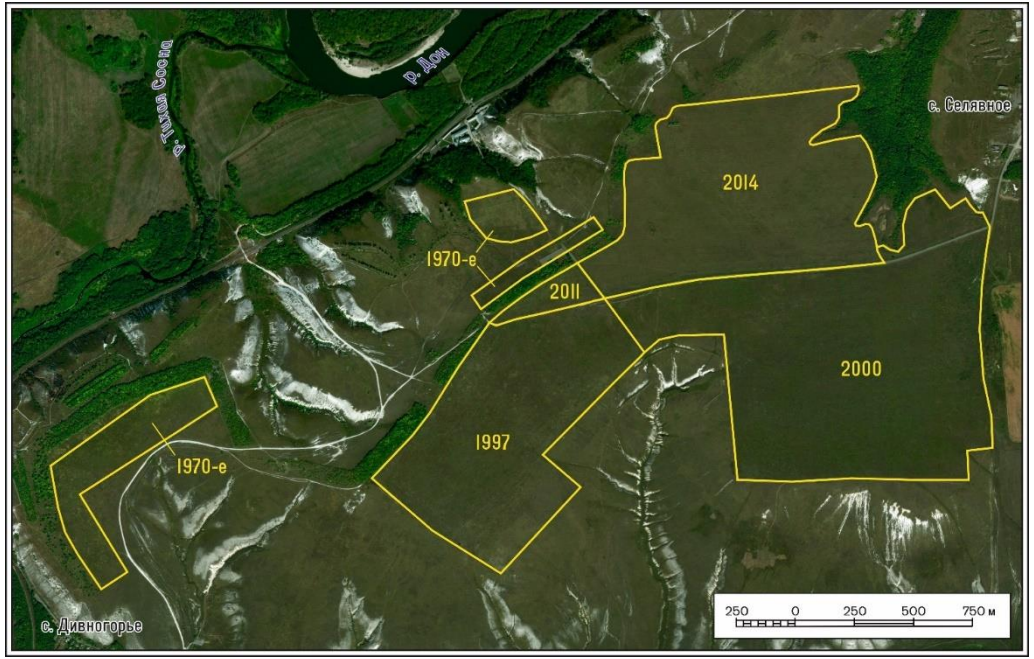




Подготовительный этап



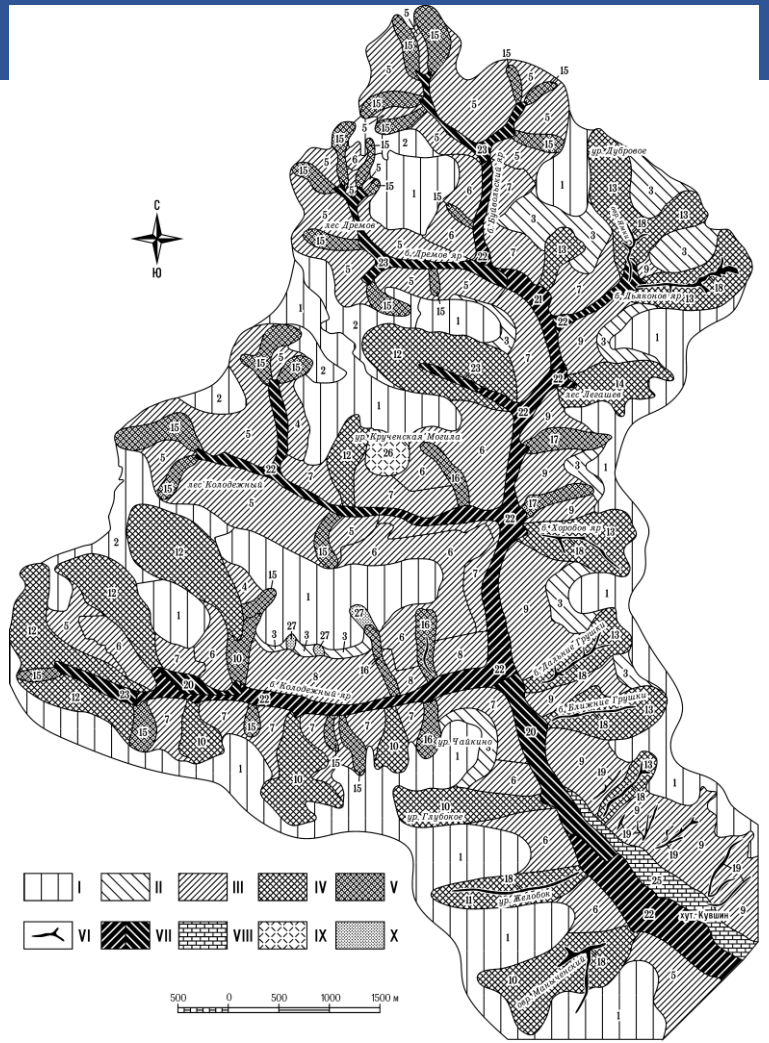




Выделено 8 ключевых участков
для крупномасштабного
полевого обследования

Полевой этап

- Полевые исследования на ключевых участках с целью выявления стадий восстановления и современного состояния ландшафтов.
- Сравнительный ландшафтный и геоботанический анализ участков в разное время выведенных из использования с фоновым состоянием условно-естественных ландшафтов



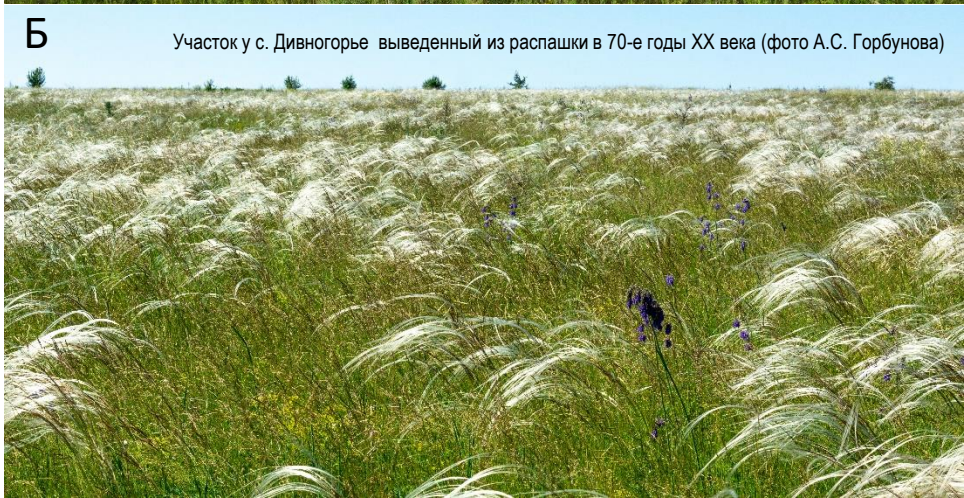
Ландшафтная карта ключевого участка с условно-естественным состоянием ландшафтов «Памятник природы «Урочище Кувшин»»

Стадии восстановления растительного покрова степей

В ходе полевых наблюдений была установлена примерная продолжительность стадий восстановительных **сукцессий степей**:

- Стадия полевых сорняков (до 5 лет);
- Стадия корневищных злаков, преимущественно мятлика (5-10 лет);
- Стадия типчаковая или дерновинных степных злаков (15-20 лет);
- Стадия ковыльно-разнотравно-типчаковая (20-30 лет)
- Стадия разнотравно-ковыльная или вторичная целина (более 35 лет).





Залежи в стадии корневищных злаков (А) и разнотравно-ковыльной стадии (Б)

Стадии восстановления растительного покрова степей:

Отличительными особенностями восстановления растительного покрова степей выступают:

- зарастание древесно-кустарниковой порослью начиная со второй стадии;
- мозаичность фациальной структуры вплоть до третьей стадии восстановления



Залежь, выведенная из распашки в 2000 году, зарастающая порослью деревьев и кустарников и с мелкомозаичной фациальной структурой

Итоги полевого этапа:

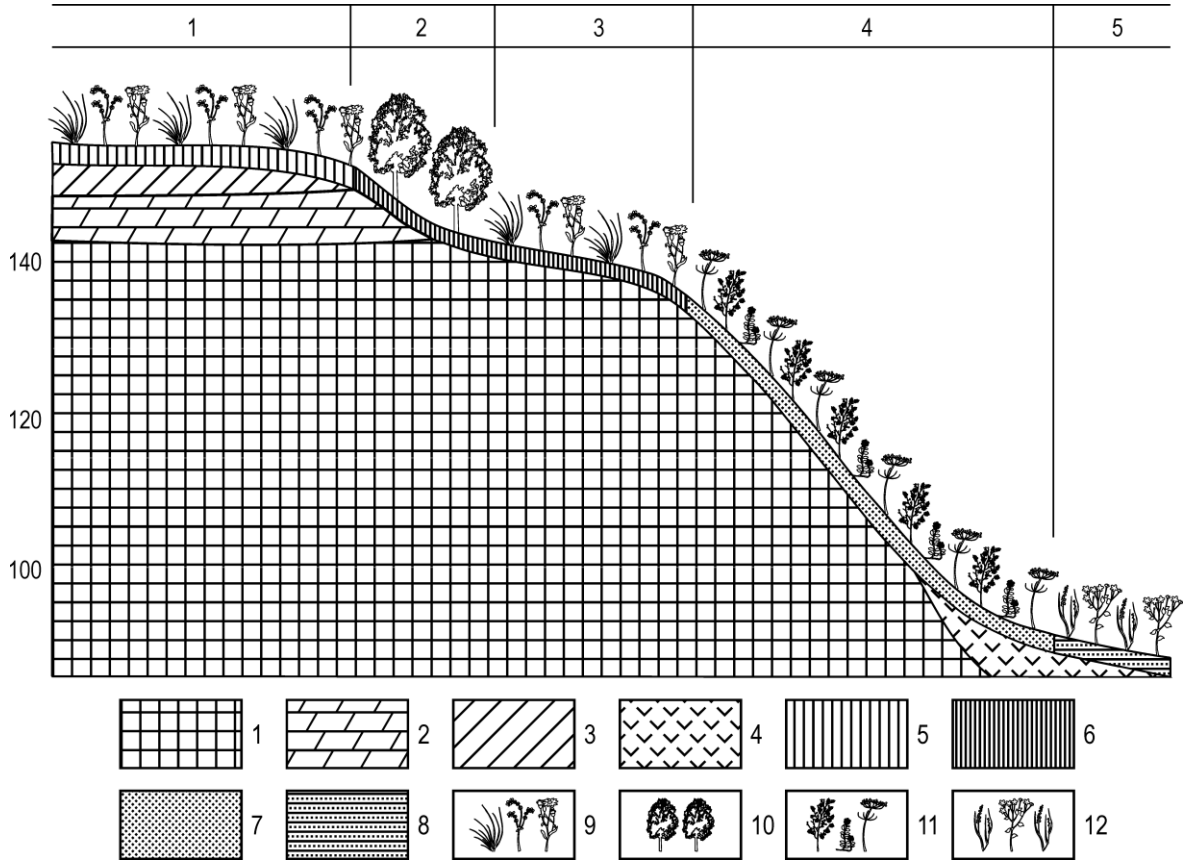
- Проведены комплексные ландшафтные исследования на **3 фоновых участках** с условно-естественным состоянием ландшафтов.
- Проведены комплексные ландшафтные и геоботанические исследования на **8 рабочих ключевых участках**, выведенных из распашки в разные годы.
- Заложено **5 почвенных разрезов** и взяты образцы почв для установления степени влияния характера почвенного покрова на восстановление степной растительности.



Полевые почвенные исследования у. с. Дивногорье (фото Б.К. Ганнибала).

Камеральный этап

- Обработка результатов полевых ландшафтных, геоботанических и почвенных исследований.
- Выявление ведущих климатических факторов, определяющих тенденции развития современных геосистем.
- Подготовка прогнозной модели трансформации ландшафтов Донского Белогорья.



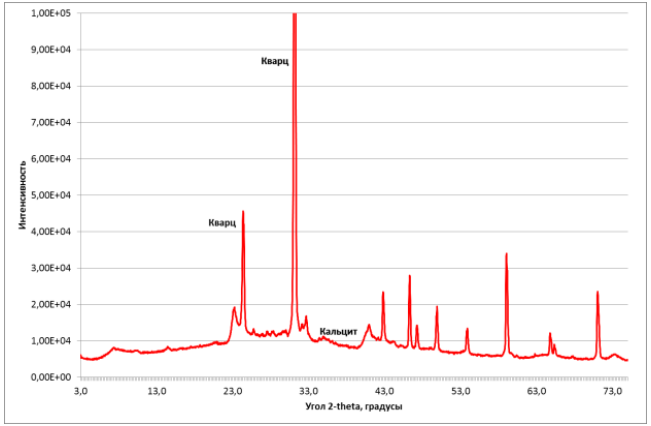
Ландшафтный профиль долины р. Дон у с. Кирпичи

Камеральный этап

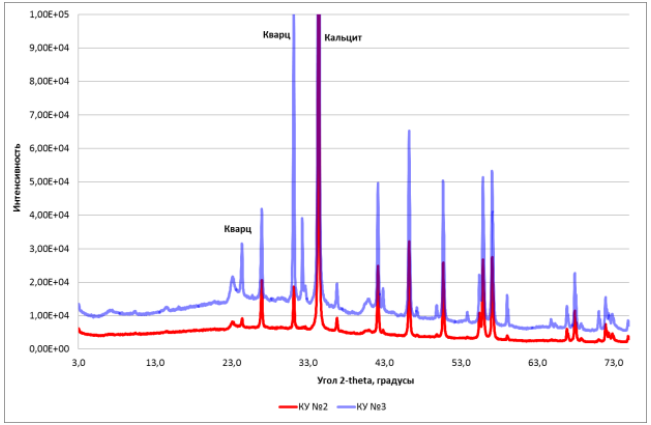
Результаты обработки почвенных образцов

- Почвообразование происходит на контрастных почвообразующих породах – меловых отложениях с небольшой примесью силикатного материала (разрезы **2** и **3**) и красноцветных отложениях (разрезы **4** и **5**), в которых карбонатный материал оценивается как примесь к силикатным отложениям.
- Почвообразование идет по двум направлениям: на меловых отложениях формируются почвы, относящиеся к отделу органо-аккумулятивных (тип темногумусовые); на красноцветных отложениях – к отделу аккумулятивно-гумусовых (тип черноземы глинисто-иллювиальные).

А



Б

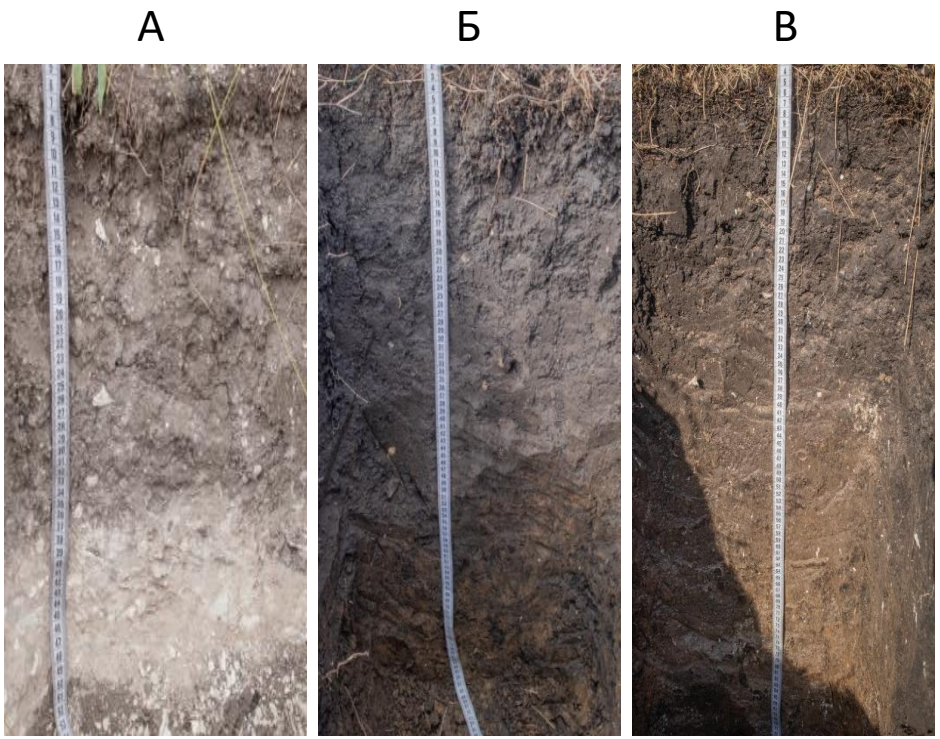


Дифрактограмма мелкозема из верхних горизонтов на моренных глинах (А) и меловых отложениях (Б)

Камеральный этап

Результаты обработки почвенных образцов

- Различия в почвообразующих породах и процессов почвообразования сказывается на характере восстановления степной растительности после снятия антропогенной нагрузки; в условиях органо-аккумулятивных почв на меловых отложениях наступление 4 стадии восстановления (вторичной целины) происходит быстрее, в то время как на аккумулятивно-гумусовых почвах 2 стадия (корневищный растений) затягивается.

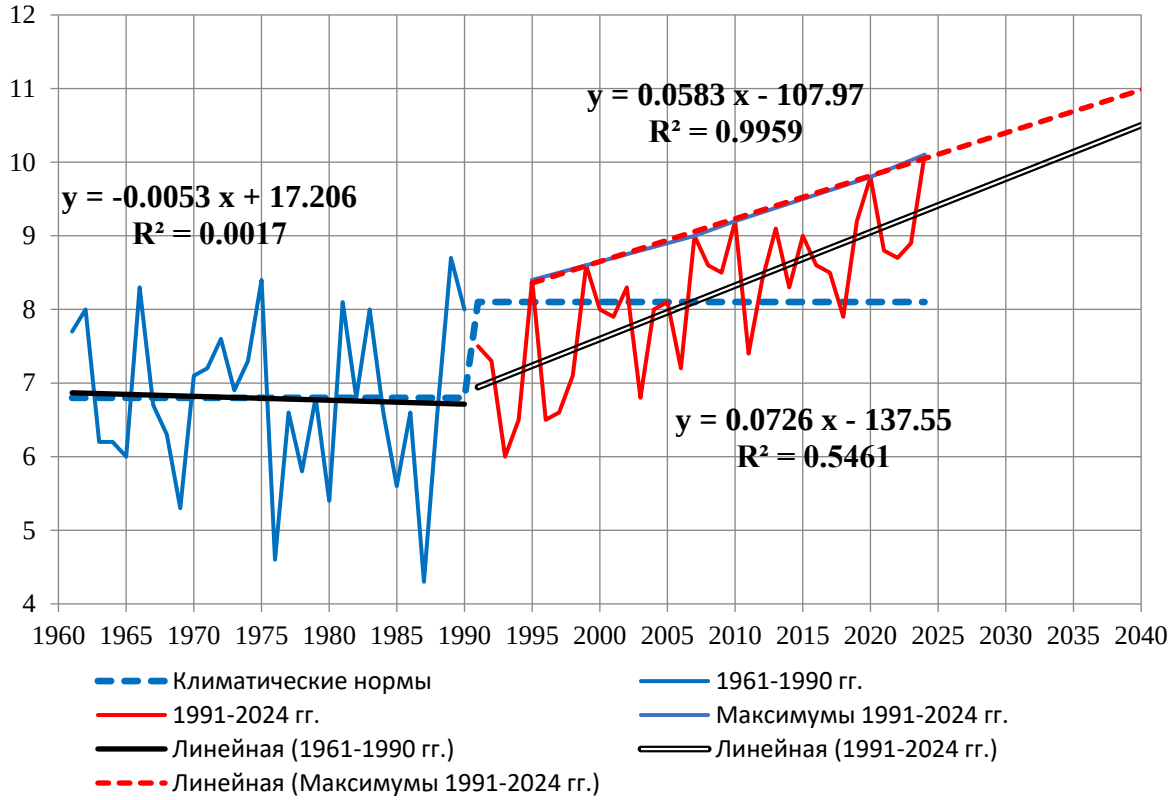


Морфологическое строение почвенных профилей на меловых отложениях (А) и моренных суглинках (Б, В)

Камеральный этап

Результаты обработки климатических данных

- Региональный климат Донского Белогорья имеет явную склонность к потеплению со скоростью почти 0.7ºС на 10 лет, что превышает подобный глобальный показатель.
- Режим годовых осадков достаточно стабилен. Основное падение увлажнения наблюдается летом со скоростью 10 мм на 10 лет, а увеличение зимой в пределах 12-13 мм на 10 лет.

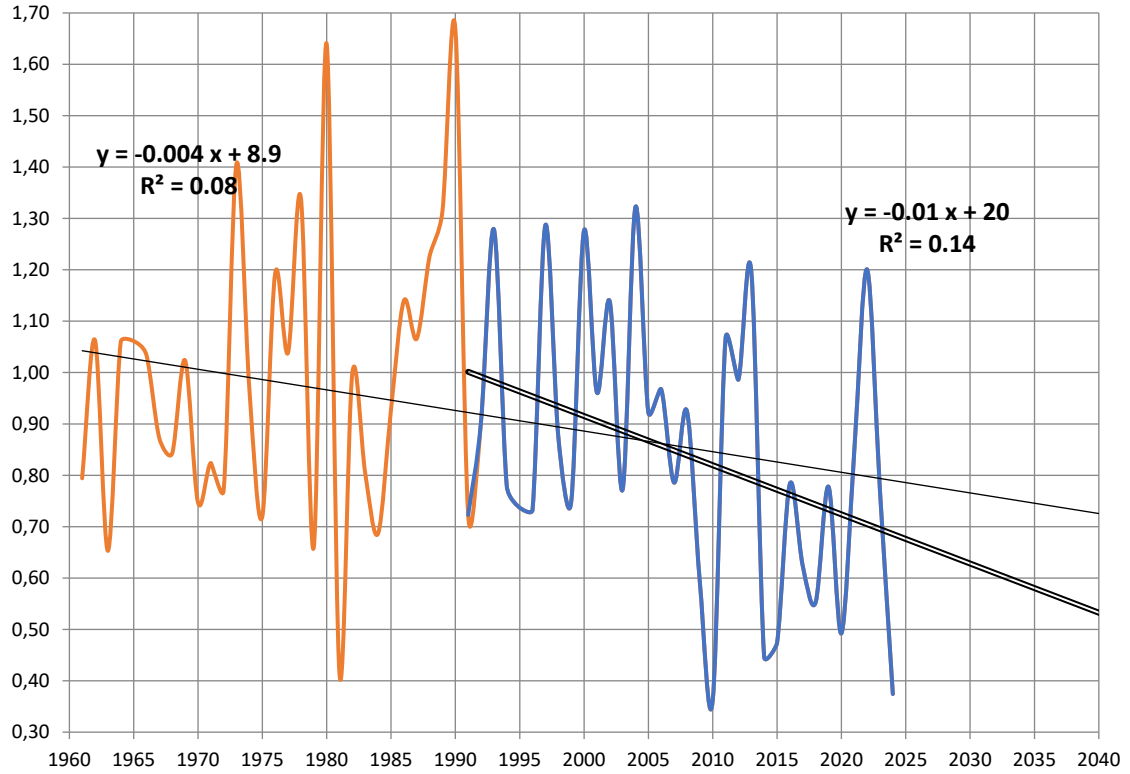


Графики хронологических ходов и трендов средней годовой температуры и ее максимумов по данным метеостанции Лиски

Камеральный этап

Результаты обработки климатических данных

- Наблюдается устойчивое снижение значения гидротермического коэффициента. На текущий момент он составляет 0,69, через 15 лет, при сохранении нынешней тенденции он упадет до 0,53, что говорит о существенном иссушении климата.

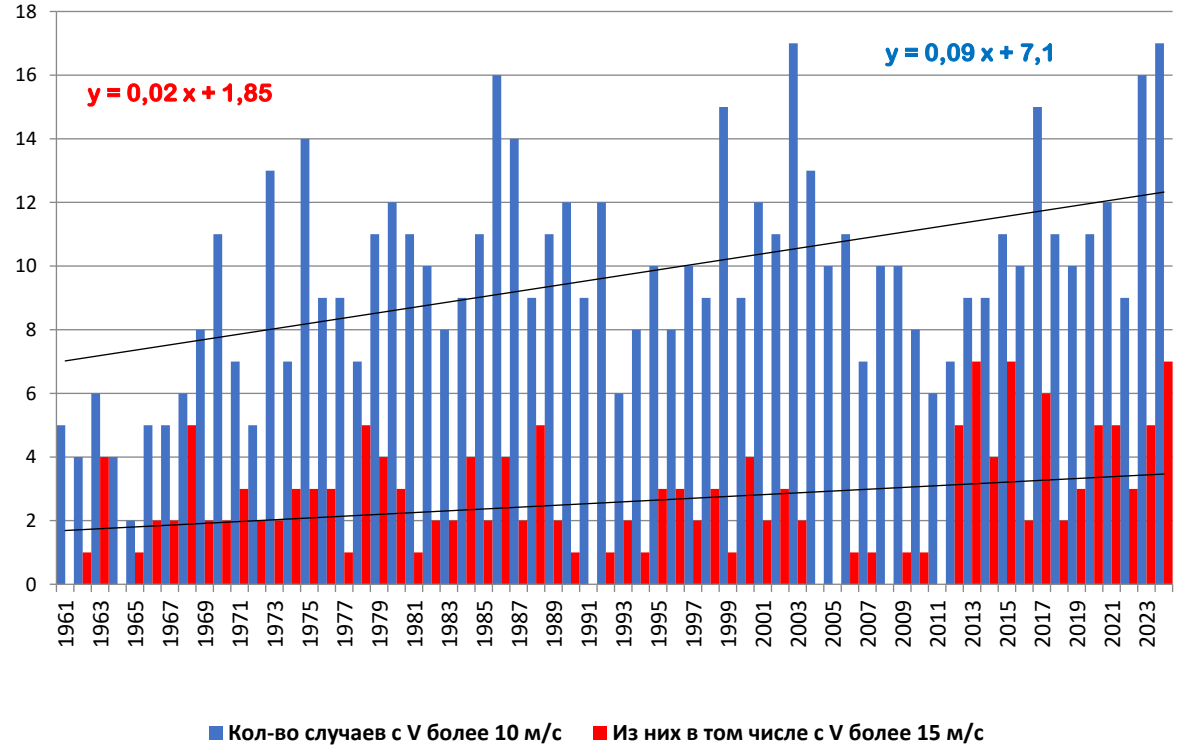


Хронологический ход и линейная апроксимация ГТК по данным метеостанции Лиски

Камеральный этап:

Результаты обработки климатических данных:

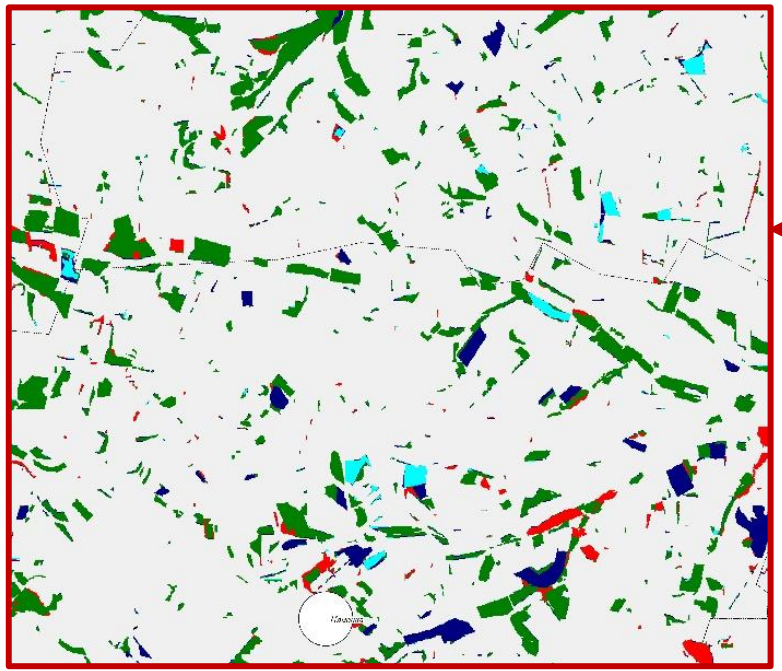
- Имеется ощутимая тенденция к увеличению количества ежегодных случаев с опасными скоростями ветра в обеих градациях, что, в свою очередь, даёт возможность предполагать и увеличение числа случаев с пыльными бурями разного масштаба. Причем максимальные скорости ветра, отмеченные в течение года, также имеют тенденцию к увеличению.

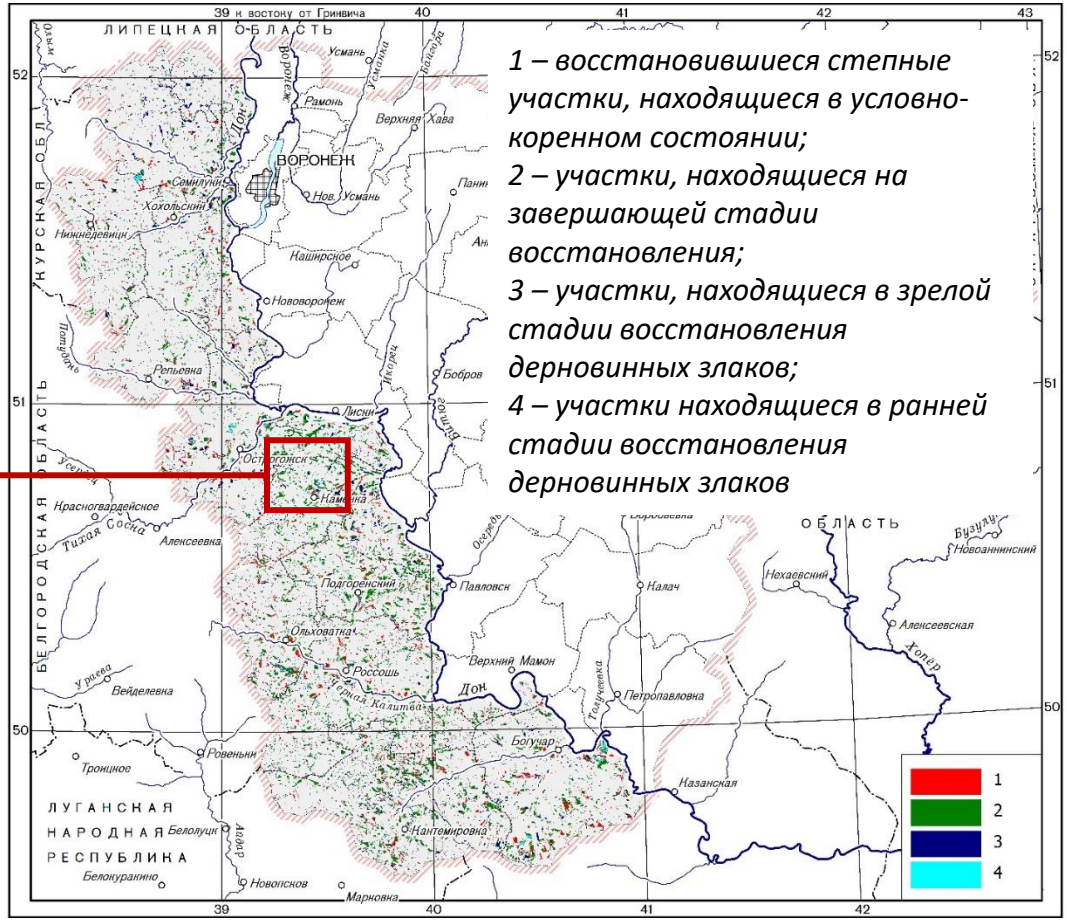


Хронологический ход числа случаев со скоростями ветра более 10 и 15 м/с с линейной апроксимацией по данным метеостанции Лиски

Камеральный этап

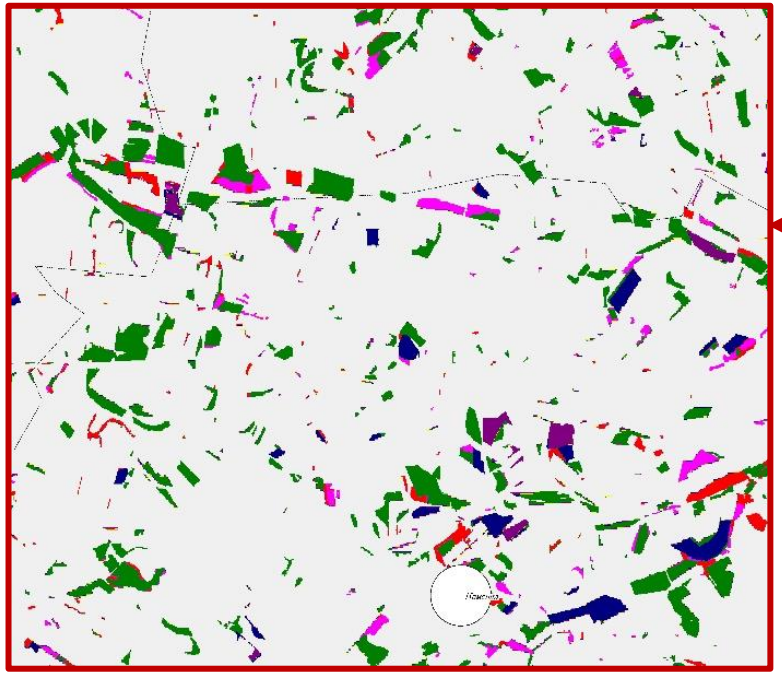
Подготовка картографической модели стадий развития степных ландшафтов

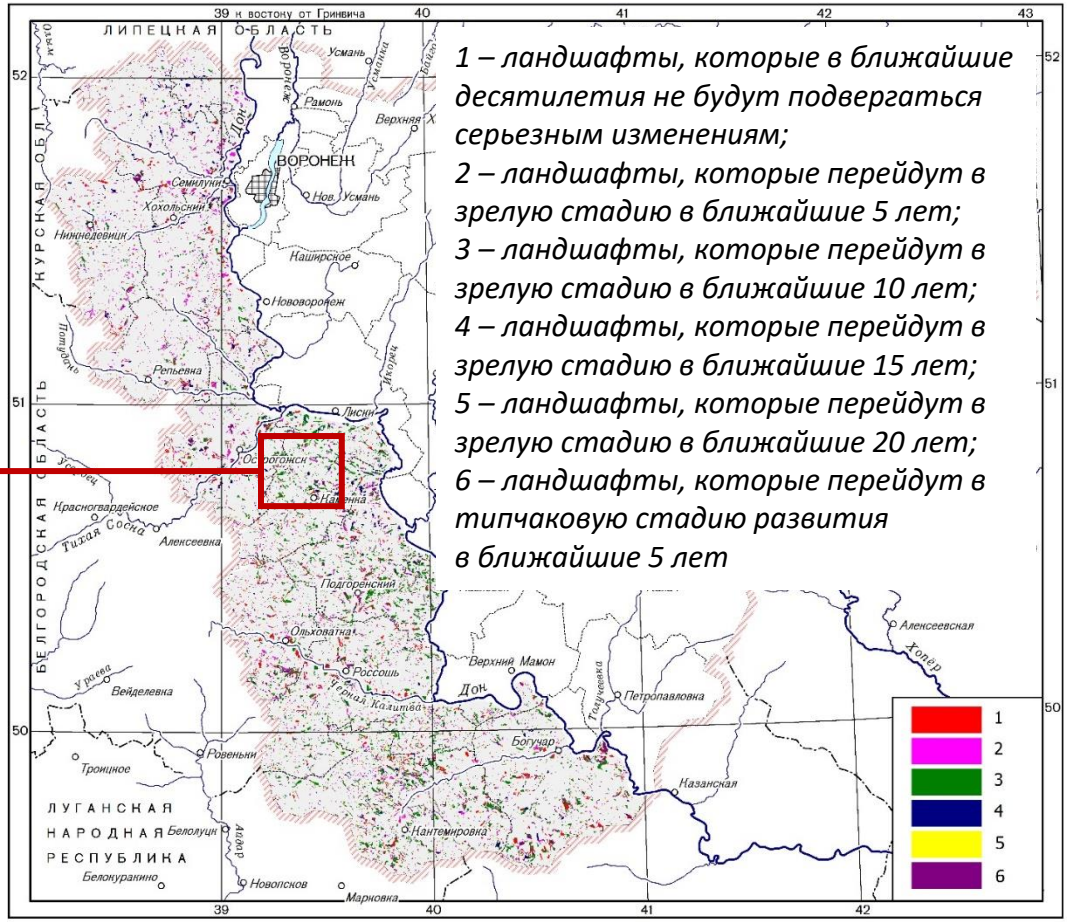




Камеральный этап

Подготовка прогнозной модели трансформации ландшафтов Донского Белогорья





Выводы

- На основе анализа фондовых материалов и ДЗЗ установлены ареалы земель, выведенных из сельскохозяйственного использования, начиная с 1990 года. Общая площадь земель этой категории на исследуемой территории составляет 1313,2 км^2.
- На основе полевых наблюдений авторского коллектива установлены стадии восстановления растительного покрова степей и их примерная продолжительность. Финальной стадией сукцессионной динамики является ковыльно-типчаково-разнотравная степь.
- Характерной особенностью восстановительных процессов на 2 и 3 стадиях является ярко выраженная мозаичность растительного покрова – появление хорошо выраженных пятен с явным монодоминантом площадью 1,5-4 м^2.
- Начиная со второй стадии восстановления, при отсутствии регулярного сенокошения или выпаса, активно идет процесс зарастания залежных участков древесно-кустарниковой растительностью. Возможный результат дальнейшего развития этой тенденции – формирование лесостепи саваннового типа. Единственным фактором, тормозящим этот процесс, выступают ландшафтные пожары.

Выводы

- Существенным фактором, влияющим на протяженность сукцессионных стадий, является тип почвообразования и характер подпочвенной породы. В условиях органо-аккумулятивных почв на меловых отложениях наступление 4 стадии восстановления (вторичной целины) происходит быстрее, в то время как на аккумулятивно-гумусовых почвах 1 (полевых сорняков) и 2 стадия (корневищный растений) затягиваются.
- На основе статистического анализа данных по метеостанции Лиски установлены тенденции к потеплению и существенному иссушению климата исследуемой территории, что, вероятно, будет способствовать ускорению процесса ксерофитизации растительного покрова и повышению участия злаков в его составе.
- Исследование позволило установить, что в пределах Донского Белогорья более 478 км² степей находятся в условно-коренном состоянии и завершающей стадии восстановления степного ландшафта, 695 км² степей соответствуют стадии дерновинных злаков и только 138 км², находятся на ранней стадии восстановления.

Выводы

- Полевые обследования разновозрастных залежей позволили установить сроки полного восстановления степного ландшафта. По нашим данным это 35 лет с момента вывода земель из сельхозоборота. На основании была подготовлена карта прогноза развития степных ландшафтов, которая включает в себя 6 градаций: 1) ландшафты, которые в ближайшие десятилетия не будут подвергаться серьезным изменениям; 2) ландшафты, которые полностью восстановятся в ближайшие 5 лет; 3) ландшафты, которые полностью восстановятся ближайшие 10 лет; 4) ландшафты, которые полностью восстановятся в ближайшие 15 лет; 5) ландшафты, которые полностью восстановятся ближайшие 20 лет; 6) ландшафты, которые перейдут в типчаковую стадию развития в ближайшие 5 лет.

Основные публикации по проекту

- ***Ганнибал Б.К.*** К анализу динамики древостоя в редколесных структурах на степных залежах в музее-заповеднике «Дивногорье» (Воронежская область) / ***Б.К. Ганнибал, И.С. Назаров, Л.А. Панкратова*** // Научные чтения памяти профессора Б.М. Козо-Полянского. – Воронеж, 2025. – С. 42-47.
- ***Панкратова Л.А.*** Динамика начальных стадий зацелинения постпахотных земель (музей-заповедник Дивногорье, Воронежская область) / ***Л.А. Панкратова*** // Вопросы степеведения. – 2025. – №1. – С. 35-47.
- ***Панкратова Л.А.*** Доминирующие злаки на разновозрастных залежах в условиях мелового Подонья (на примере природно-культурного комплекса Дивногорье, Воронежская область) / ***Л.А. Панкратова*** // География, экология, туризм: новые горизонты исследований. – Воронеж, 2024. – Т.1. – С. 71-75.
- ***Быковская О.П.*** Современные тенденции восстановления степных ландшафтов Донского Белогорья после снятия антропогенных нагрузок / ***О.П. Быковская, А.С. Горбунов*** // Региональные ландшафтные исследования. – Воронеж, 2025. – Вып. 7 (в печати)