

# Карбоновые полигоны России: настоящее и будущее

Октябрь 2022



# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3	ПРИЛОЖЕНИЯ	14
Карбоновые полигоны и фермы	4	Приложение 1. Запланированные и достигнутые результаты, наличие барьеров	14
Пилотный проект по созданию карбоновых полигонов Минобрнауки России	5	Приложение 2. Характеристика карбоновых полигонов, заявленные цели и задачи	19
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	6	Приложение 3. Примеры текущих результатов научных исследований	23
Краткие выводы	6	Приложение 4. Тестируемые и разрабатываемые технологии	26
Цели, задачи и региональные особенности	7	Приложение 5. Список оборудования, рекомендуемого для установки на карбоновых полигонах	28
Научные исследования	9	Приложение 6. Примеры текущих результатов по образованию	31
Технологии и оборудование	9		
Образование	11		
Международное сотрудничество	11		
Барьеры	12		

# ВВЕДЕНИЕ

Необходимость противодействия климатическим изменениям сохраняет актуальность в мире, а в России продолжается активное развитие климатической политики. Ключевое значение при этом приобретают данные о выбросах и поглощениях парниковых газов (далее – ПГ): на них опираются климатические цели и отчетность стран и компаний, они являются основой для реализации климатических проектов, на них строятся углеродные рынки. Вместе с тем качество данных о выбросах и поглощениях на текущем этапе далеко от совершенства. По информации МЭА, неопределенность при оценке глобальных выбросов углекислого газа составляет 10%, метана – 25%, закиси азота – 30%, фторсодержащих газов – 20%. Значительные сложности вызывает и оценка поглощающей способности лесов и иных экосистем (пастбищ, болот, водоемов и т.д.), на которую Россия делает акцент в своей климатической политике.

Текущая климатическая цель и международные обязательства России сформулированы следующим образом: «обеспечить к 2030 году сокращение объема выбросов ПГ до 70% относительно уровня 1990 года с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем и при условии устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития»<sup>1</sup>. Поглощение уже компенсирует почти 30% выбросов ПГ в России. Оно оценивается по методике Минприроды России (составленная с учетом рекомендаций Межправительственной группы экспертов по изменению климата), но дискуссии о подходах к его оценке продолжаются.

В России в феврале 2022 г. по указу Президента утверждена Федеральная программа в области экологического развития и климатических изменений до 2030 года<sup>2</sup>, которая подразумевает разработку системы мониторинга потоков ПГ и углеродного цикла.

Можно отметить, что принятый в 2021 году Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов»<sup>3</sup> ввел в России обязательную отчетность о выбросах ПГ для крупнейших компаний-эмитентов и создал возможности для реализации климатических проектов.

В контексте растущего внимания к данным о выбросах и поглощениях ПГ в рамках данного доклада **проанализирована роль и текущий статус развития российской сети карбоновых полигонов**, в том числе:

- **цель, задачи и региональные особенности карбоновых полигонов;**
- **запланированные и уже достигнутые результаты;**
- **научные исследования;**
- **применяемые и разрабатываемые технологии и оборудование;**
- **образовательные программы;**
- **международное взаимодействие.**

Кроме того, отмечены **барьеры в реализации их текущих задач и на пути их дальнейшего развития.**

Для этого Фонд «Центр стратегических разработок» (далее – ЦСР) в конце августа – начале сентября 2022 г. провел опрос регионов и операторов карбоновых полигонов (далее – опрос). Были получены подробные ответы об 11 карбоновых полигонах: 1) «Чашниково» (Московская область), 2) «БиоКарбон» (Новосибирская область), 3) «Евразийский карбоновый полигон» (Республика Башкортостан), 4) «Карбон-Поволжье» (Республика Татарстан), 5) «Урал-Карбон» (Свердловская область), 6) «Карбоновый полигон на озере Кучак» (Тюменская область), 7) «Мухрино» (ХМАО-Югра), 8) WAY CARBON<sup>4</sup> (Чеченская Республика), 9) «Семь Лиственниц» (ЯНАО) (полигон на рассмотрении), 10) FOR&ST CARBON (Воронежская область) и 11) карбоновый полигон на территории Чувашской Республики (запланированный полигон). Данный материал подготовлен с учетом представленных ответов.

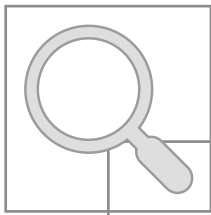
<sup>1</sup> Указ Президента Российской Федерации от 04.11.2020 N 666 «О сокращении выбросов парниковых газов».

<sup>2</sup> Постановление Правительства Российской Федерации от 08.02.2022 N 133 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021–2030 годы».

<sup>3</sup> Федеральный закон от 02.07.2021 N 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов».

<sup>4</sup> В опросе ЦСР принял участие оператор полигона WAY CARBON Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова.

## Карбоновые полигоны и фермы



### Карбоновый полигон

- Территория с определенными природно-климатическими условиями, на которой проводятся эксперименты по измерению объемов выбросов ПГи их поглощения
- Исследование методов измерения
- Тестирование оборудования и развитие технологий
- Разработка образовательных программ и подготовка кадров
- Развитие международного сотрудничества



### Карбоновая ферма

- Территория, на которой реализуются специальные мероприятия для увеличения поглощения ПГ
- Учет результатов исследований, проводимых на карбоновых полигонах
- Возможность реализации климатических проектов

## Международный контекст

В текущей международной практике на первом плане находятся карбоновые фермы – как перспективное направление деятельности по природному поглощению и изъятию (секвестрации) ПГ.

Например, ЕС определяет карбоновую ферму как «зеленую бизнес-модель, которая поощряет владельцев и менеджеров к улучшению управления земельными ресурсами, что находит выражение в росте секвестрации углерода в живой биомассе, мертвых органических веществах и почве за счет увеличения поглощения и/или сокращения выбросов углерода в атмосферу, в соответствии с экологическими принципами, поддерживающими биоразнообразие и природный капитал в целом»<sup>5</sup>. Ожидается, что карбоновые фермы внесут свой вклад в достижение климатических целей ЕС, для чего предполагается поддерживать их за счет Общей сельскохозяйственной политики и таких программ как LIFE<sup>6</sup> и Horizon Europe<sup>7</sup>, а также частных инициатив с привязкой к углеродным рынкам (климатические проекты). К концу 2022 года в ЕС ожидаются законодательные предложения по сертификации «изъятий углерода», основанные на надежном и прозрачном учете, мониторинге и проверке.

В качестве еще одного примера можно привести австралийскую «Дорожную карту карбоновых ферм»<sup>8</sup>, которая направлена на увеличение доходов штатов и создание новых рабочих мест к 2030 году.

При этом к карбоновым фермам пока остается достаточно много вопросов относительно устойчивости и достоверности полученных результатов.

<sup>5</sup> Sustainable carbon cycles / Communication from the commission to the European Parliament and the Council, Brussels, 15.12.2021: [https://ec.europa.eu/clima/system/files/2021-12/com\\_2021\\_800\\_en\\_0.pdf](https://ec.europa.eu/clima/system/files/2021-12/com_2021_800_en_0.pdf)

<sup>6</sup> EU LIFE Programme: [https://cinea.ec.europa.eu/programmes/life\\_en](https://cinea.ec.europa.eu/programmes/life_en)

<sup>7</sup> Horizon Europe: [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en)

<sup>8</sup> Carbon Farming Industry Roadmap, разрабатываемая Carbon Market Institute в партнерстве с правительством штата Квинсленд: <https://carbonmarketinstitute.org/roadmap/>

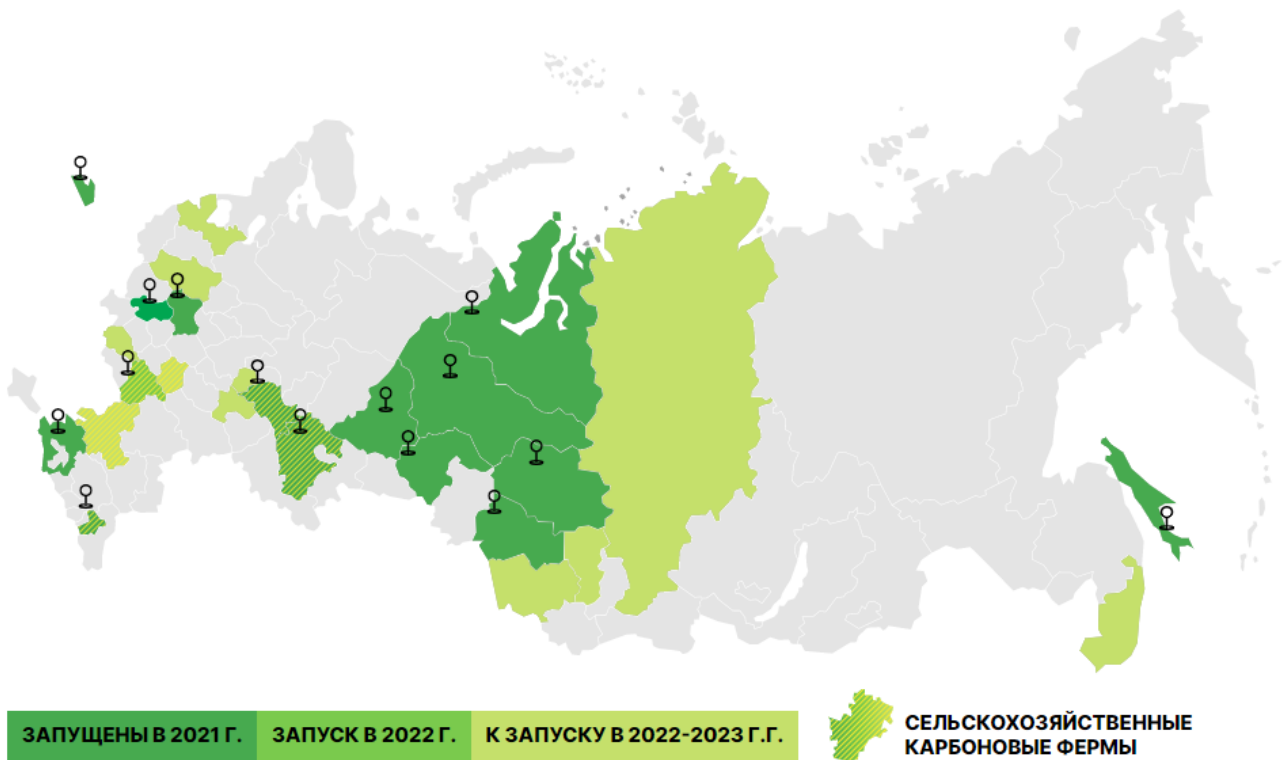
## Пилотный проект по созданию карбоновых полигонов Минобрнауки России

В феврале 2021 г. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации запустило двухлетний «пилотный проект по созданию полигонов для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса как специально оборудованных участков местности» в семи регионах: Чеченская Республика, Краснодарский край, Калининградская область, Новосибирская область, Сахалинская область, Свердловская область и Тюменская область<sup>9</sup>.

По состоянию на октябрь 2022 г. в России действовало 15 полигонов общей площадью 39,2 тыс. га.

Ожидается, что карбоновые полигоны будут охватывать все репрезентативные экосистемы России – для уточнения их углеродных балансов. На действующие полигоны приходится более трети российских экосистем. По оценкам Минобрнауки России, для охвата всей страны их количество должно возрасти до 80<sup>10</sup>.

### Карбоновые полигоны в России (октябрь 2022 г.)



Источник: минобрнауки России

Карбоновые полигоны в России создаются на базе университетов и научных организаций (операторов) с участием промышленных и технологических партнеров и получают бюджетную поддержку. Организации–промышленные партнеры берут на себя обязательства по софинансированию карбонового полигона, организации–технологические партнеры – по организации его научно-практической деятельности.

Определение вектора развития сети российских карбоновых полигонов, координацию и методологическую поддержку осуществляет Экспертный совет при Минобрнауки России по вопросам научного обеспечения развития технологий контроля углеродного баланса. Он рассматривает предложения о создании новых полигонов (включение в пилотный проект требует заключения Экспертного совета), определяет показатели эффективности и оценивает их деятельность.

<sup>9</sup> Приказ Минобрнауки России от 05.02.2021 N 74 «О полигонах для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса».  
<sup>10</sup> Новость Минобрнауки России от 20 февраля 2021 г.: <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/nauka/29602/>

# ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

## Краткие выводы

Карбоновые полигоны – заметное и перспективное направление российской климатической политики. Они позволят не только внести вклад в формирование надежной национальной системы мониторинга потоков ПГ в экосистемах России, но и увеличат доверие к российским климатическим проектам (достоверность результатов – наиболее уязвимое место зарубежных карбоновых ферм).

Опрошенные ЦСР полигоны, разделяя цели и задачи, поставленные Минобрнауки России, подчеркивают и практические аспекты своей деятельности (например, поиск оптимальных решений для декарбонизации). Практический вектор деятельности полигонов усиливает наличие индустриальных партнеров.

Несмотря на то, что большинство карбоновых полигонов России находится на ранних стадиях реализации, по состоянию на сентябрь 2022 г. им уже удалось достигнуть определенных результатов – прежде всего по направлениям образования и научных исследований (Приложение 1).

Большая часть текущих научных исследований опрошенных полигонов (и, соответственно, основных полученных результатов) связана с развитием научно-методического инструментария в области климатического мониторинга – например, создание геоинформационных систем (далее – ГИС). Ключевым условием для интенсификации научных исследований полигоны называют своевременную поставку оборудования. При этом оборудование для карбоновых полигонов России преимущественно является зарубежным (особо можно выделить США), что в условиях обострения геополитической ситуации создает риски ограничения поставок. Пока, по информации Минобрнауки России, поставки продолжаются, но с увеличением сроков и ростом стоимости на 20%-30%<sup>11</sup>.

Образовательное направление карбоновых полигонов уже развивается вполне успешно. За 2021–2022 гг. было создано не менее 7 новых образовательных программ бакалавриата и магистратуры, происходило обновление существующих программ и внедрение новых курсов. Подготовлено более 15 программ и курсов дополнительного образования и повышения квалификации. Кроме того, карбоновые полигоны активно проводят образовательные и просветительские мероприятия.

Наиболее сложная ситуация в текущем периоде складывается по направлению международного сотрудничества карбоновых полигонов, которое принципиально важно для признания результатов российских исследований за рубежом. Здесь происходит разрыв традиционных связей с Западом, концентрация на ЕАЭС и переориентация на страны Азии. Минобрнауки России со своей стороны прикладывает усилия, чтобы поддержать международное взаимодействие, приглашая зарубежных экспертов из дружественных стран в Экспертный совет.

Опрос показал, что полигоны почти единогласно отмечают наличие потенциала для дальнейшего развития по всем рассматриваемым направлениям: научным исследованиям, образованию, международному сотрудничеству, и планируют в будущем коммерциализацию и масштабирование лучших практик.

При этом полигоны обозначают и наличие барьеров. К текущим барьерам они в основном относят доступ к технологиям и доступ к финансированию, а также доступ к инфраструктуре и административные барьеры (сложность разрешительных процедур, отсутствие стандартов, общих методик, единых форматов). В потенциальные барьеры полигоны чаще всего включают доступ к финансированию и упоминают неопределенность с верификацией полученных данных.

<sup>11</sup> Новость Минобрнауки России от 2 сентября 2022 г.: <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/nauka/57285/>

## Цели, задачи и региональные особенности

Карбоновые полигоны России должны внести вклад в формирование надежной национальной системы мониторинга потоков ПГ в экосистемах страны и углеродного цикла.

Карбоновые фермы будут способствовать поиску, разработке и внедрению экономически и климатически эффективных технологий поглощения (секвестрации) атмосферного углерода природными экосистемами России с учетом различных почвенных, климатических условий, типа растительности, рельефа местности, видов землепользования и других факторов

Минобрнауки России в качестве основных задач карбоновых полигонов определяет следующие<sup>12</sup>:

- мониторинговые наблюдения за выбросами и поглощением ПГ посредством наземных и дистанционных методов измерений;
- оценка пространственной и временной изменчивости выбросов и поглощения ПГ, а также определение интегральных значений потоков для различных территорий за определенные интервалы времени;
- отработка технологических решений контроля за выбросами и поглощением ПГ на основе полного технологического цикла, направленных на уменьшение их выбросов и увеличение их поглощения природными экосистемами, а также испытание и верификация технологий в реальных и критических условиях;
- разработка и адаптация технологий дистанционного мониторинга структуры и состояния растительного и почвенного покрова, выбросов и поглощения ПГ с использованием данных наземных измерений и методов математического моделирования;
- подготовка кадров высшей квалификации в области новейших методов экологического контроля, перспективных технологий для низкоуглеродной промышленности, сельского и муниципального хозяйства.

Опрошенные ЦСР полигоны видят цель в оценке углеродного баланса своих экосистем, отработке методов и создании технологий. При этом ряд из них выделяют и практические аспекты, например: поиск оптимальных решений для декарбонизации, методологическое сопровождение климатических проектов, получение хозяйственно ценных и устойчивых к изменениям климата лесных культур. Основные задачи, определенные Минобрнауки России, актуальны для них почти повсеместно.

### Заявленные задачи карбоновых полигонов



Источник: данные опроса ЦСР (11 полигонов)

Карбоновые полигоны расположены в разных регионах России и представляют различные типы ландшафтов и экосистем. Они могут быть представлены единым участком или состоять из нескольких участков, характеризующих отдельные экосистемы. Размеры участков опрошенных полигонов варьируются от 2 га до 10 670 га (заказник «Гузенево» в Тюменской области). Площадь запланированного полигона в Чувашской Республике может превысить 200 000 га.

<sup>12</sup> Карбоновые полигоны / Альманах Минобрнауки России, январь 2022 г.: <https://carbon-polygons.ru/images/almanac-carbon-polygons-2021.pdf>

## Уникальность экосистем карбоновых полигонов на примере «Мухрино» (ХМАО–Югра)

«Мухрино» - единственный карбоновый полигон в типичном верховом болоте - наиболее распространенном типе болот России. Климатическая значимость экосистемы:

- верховые болота – безлимитный поглотитель углерода;
- верховые болота – природное долговременное хранилище углерода;
- верховые болота тайги Западной Сибири находятся под сильным антропогенным стрессом.

К основным мероприятиям карбоновых полигонов, которые будут приводить к уменьшению выбросов и увеличению поглощения ПГ, Минобрнауки России относит<sup>13</sup>:

- выращивание высокопродуктивных насаждений;
- восстановление антропогенно-нарушенных земель;
- обводнение торфяников, восстановление водно-болотных угодий;
- рациональное лесопользование и восстановление лесов;
- регенеративное с/х и животноводство.

Наиболее часто в качестве запланированных мероприятий опрошенные полигоны называли восстановление антропогенно-нарушенных земель и регенеративное с/х и животноводство. Причем в последнем случае речь преимущественно о с/х; об исследованиях методик регенеративного животноводства заявил полигон WAY CARBON (Чеченская Республика). Один из полигонов дополнительно выделил такое мероприятие как разработка и пуско-наладка отечественного оборудования (газоанализаторы).

### Фокус мероприятий карбоновых полигонов



Источник: данные опроса ЦСР (11 полигонов)

Операторами карбоновых полигонов выступают ведущие научно-образовательные центры страны, которые активно привлекают к участию другие исследовательские коллективы, включая институты РАН. Как правило, полигоны поддерживают индустриальные партнеры, которые представлены крупным бизнесом, ведущем деятельность в регионе и заинтересованном в устойчивом развитии. Например, ПАО «СИБУР» участвует в двух опрошенных карбоновых полигонах – в Тюменской и Воронежской областях. Наличие индустриальных партнеров усиливает практическую направленность полигона, которая прежде всего выражается в реализации климатических проектов на карбоновых фермах. Технологические партнеры карбоновых полигонов, в свою очередь, содействуют развитию технологий и новых решений.

Краткая характеристика карбоновых полигонов, заявленные ими цели и задачи подробнее раскрыты в Приложении 2.

<sup>13</sup> Карбоновые полигоны / Альманах Минобрнауки России, январь 2022 г.: <https://carbon-polygons.ru/images/almanac-carbon-polygons-2021.pdf>

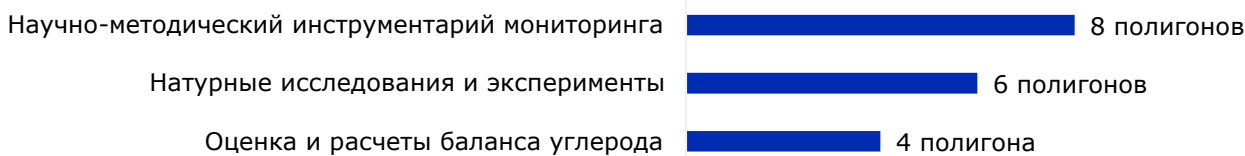


## Научные исследования

Российские карбоновые полигоны уделяют большое внимание научным работам, направленным на развитие научно-методического инструментария в области ведения климатического мониторинга, включая работы по созданию геоинформационных и цифровых карт полигонов или отдельных участков. С развитием научно-методического инструментария также тесно связаны натурные исследования и эксперименты. Отдельно также можно выделить оценку и расчет баланса углерода. Таким образом, научные исследования, которые проводятся на территории российских карбоновых полигонов, можно условно разделить на три категории:

1. Развитие научно-методического инструментария в области климатического мониторинга:
  - проведение измерений, а также их обработка и анализ их результатов;
  - моделирование;
  - создание геоинформационных и цифровых карт (систем).
2. Натурные исследования и эксперименты:
  - научно-обоснованный отбор культур и видов;
  - агро- и лесоклиматические эксперименты;
  - разработка научно-обоснованных требований и предложений.
3. Оценка и расчеты баланса углерода

### Фокус текущих научных исследований полигонов (по категориям)



Источник: данные опроса ЦСР (9 действующих полигонов, исключая «Семь лиственниц»)

Опрос выявил, что для поддержки научной деятельности карбоновых полигонов прежде всего необходима своевременная поставка оборудования (а потенциально – импортозамещение), а также своевременное финансирование и повышение квалификации научных кадров. Один из полигонов указал на желательность регламентации порядка сбора фактического материала и проведения измерений на разных полигонах для последующего обобщения.

Приложение 3 содержит конкретные примеры текущих результатов научных исследований карбоновых полигонов России.

## Технологии и оборудование

На российских карбоновых полигонах осуществляется разработка и (или) тестирование достаточно широкого набора технологий, которые можно разделить на четыре категории:

1. Общие технологии:
  - программное обеспечение и технологии наблюдения за эмиссией и поглощением ПГ;
  - программное обеспечение и технологии оценки и моделирования эмиссии и поглощения выбросов ПГ.
2. Сельскохозяйственные технологии:
  - технологии углерод-отрицательного и экологического растениеводства;
  - технологии повышения эффективности растениеводства (использование различных удобрений и их аналогов).

3. Лесохозяйственные технологии:
  - технологии неистощимого лесопользования;
  - технологии повышения поглощающей способности лесов.
4. Технологии получения углеродно-нейтральной продукции (биочар, трудноразлагаемый биоуголь).

### Технологический фокус карбоновых полигонов (по категориям)



Источник: данные опроса ЦСР (10 действующих полигонов)

Наиболее распространенными являются технологии и программное обеспечение, используемые для наблюдения и моделирования эмиссии и поглощения ПГ. Фактически такие технологии в той или иной степени используются на всех опрошенных полигонах. Научная и (или) образовательная деятельность, осуществляемая на полигонах, требует сбора данных как для предварительного анализа, так и для оценки результатов такой деятельности.

Достаточно широко используются технологии, которые тестируются и (или) разрабатываются для использования в сельском и лесном хозяйстве. Основными целями отработки указанных технологий являются повышение эффективности соответствующих видов деятельности, а также их декарбонизация (сокращение выбросов ПГ / повышение поглощающей способности экосистем).

Кроме того, полигоны нередко используются для отработки технологий получения различной углеродно-нейтральной продукции, которая впоследствии может использоваться в том числе в сельском и лесном хозяйстве. В результате отработка взаимодополняющих технологий способствует формированию на базе полигонов мини-кластеров (например получение углерод-нейтральных удобрений для повышения эффективности растениеводства).

Детализация тестируемых и разрабатываемых на российских карбоновых полигонах технологий представлена в Приложении 4.

Для проведения измерений потоков ПГ на карбоновых полигонах предлагается использование комплексного подхода, основанного как на наземных, так и дистанционных методах наблюдений, а именно:

- системы измерения потоков парниковых газов в природных экосистемах (вышки, газоанализаторы, беспилотные комплексы);
- метеорологическое оборудование;
- лабораторное аналитическое оборудование.

Список оборудования, рекомендуемого Минобрнауки России для установки на карбоновых полигонах, приведен в Приложении 5.

## Образование

Образовательное направление карбоновых полигонов чаще всего включает в себя следующие категории:

1. программы бакалавриата и магистратуры:
  - создание новых образовательных программ;
  - обновление существующих образовательных программ.
2. программы дополнительного образования и повышения квалификации:
  - курсы дополнительного образования;
  - программы повышения квалификации.
3. Образовательные мероприятия: летние школы и мастер-классы для молодых ученых (по направлениям: климатология, экология, биотехнологии, математическое моделирование, экономика, юриспруденция) и т.д.

### Образовательный фокус карбоновых полигонов (по категориям)



Источник: данные опроса ЦСР (9 действующих полигонов, исключая «Семь лиственниц»)

Внедрение новых образовательных программ и курсов, а также обновление существующих идет на всех действующих полигонах, предоставивших информацию по направлению образование. Так, за 2021–2022 гг. было создано не менее 7 новых образовательных программ.

Программы дополнительного образования и различные образовательные мероприятия реализуют 2/3 полигонов. В частности, по линии дополнительного образования подготовлено более 15 программ и курсов повышения квалификации. Образовательные мероприятия в основном представлены выездными школами, но встречаются и такие инициативы как включение углеродных направлений в перечень базовых направлений Всероссийской олимпиады студентов «Я – профессионал» (карбонный полигон на озере Кучак (Тюменская область)).

В целом образовательное направление карбоновых полигонов уже развивается вполне успешно. Более активному масштабированию образовательных мероприятий и обмену опытом может способствовать увеличение финансирования, в том числе привлечение спонсоров.

Подробнее текущие результаты карбоновых полигонов по образованию приведены в Приложении 6.

## Международное сотрудничество

Международное сотрудничество карбоновых полигонов в связи с начальным этапом их реализации сосредоточено на конференциях, публикациях в зарубежных журналах и стажировках.

Обострение геополитической ситуации в 2022 году заметно его усложнило, так как были нарушены традиционные связи с зарубежными партнерами, особенно из западных стран. Опрос позволяет сделать вывод, что ряд контактов все же поддерживается (например, с Японией, Индией) и что можно ожидать дальнейшую переориентацию на страны Азии и концентрацию на сотрудничестве в рамках ЕАЭС. Так, карбонный полигон на озере Кучак (Тюменская область) выделил в качестве ключевого международного партнера Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева (Казахстан). Полигон

«Чашниково» отметил привлечение слушателей из Беларуси и Казахстана для участия в летней почвенно-экологической школе Carbon.MSU.

Для развития данного направления полигоны предлагают поддерживать существующие (и потенциально – восстанавливать нарушенные связи), развивать сотрудничество с азиатскими странами, организовывать международные конференции и проекты на территории России, содействовать в проведении оплаты за участие в зарубежных конференциях и публикациях в зарубежных журналах.

Обнадеживающе в этой связи выглядит приглашение зарубежных экспертов в Экспертный совет при Минобрнауки России по вопросам научного обеспечения развития технологий контроля углеродного баланса. Минобрнауки России сообщил в начале сентября 2022 г. о наличии официально подтвержденной готовности к сотрудничеству от ученых из Китая, Индии, Сербии, Ирана, ОАЭ и Египта<sup>14</sup>.

## Консорциум CE&D (Carbon Education and Development)<sup>15</sup>

В конце августа 2022 г. 4 российских научно-образовательных центра мирового уровня (НОЦ) и 8 университетов подписали соглашение о развитии инициатив по обучению, исследованиям и прикладным разработкам в области климатических проектов и снижению воздействия на климат и окружающую среду.

В число участников нового консорциума вошли Сибирский федеральный университет, Тюменский государственный университет, Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского, Северный (Арктический) федеральный университет, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, Югорский государственный университет и Пермский национальный исследовательский политехнический университет.

Консорциум нацелен на объединение отечественных и зарубежных университетов, а также крупных промышленных компаний для создания системы модульных программ по обучению специалистов и команд. Для продвижения консорциума, в том числе на международном рынке дружественных стран, выбрано название CE&D.

## Барьеры

Опрос позволил выявить барьеры, с которыми сталкиваются российские карбоновые полигоны или могут столкнуться в будущем.

### Текущие барьеры для развития карбоновых полигонов



Источник: данные опроса ЦСР (10 действующих полигонов)

<sup>14</sup> Новость Минобрнауки России от 2 сентября 2022 г.: <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/nauka/57285/>

<sup>15</sup> Новость сайта «Карбоновые полигоны Российской Федерации» от 25 августа 2022 г.: <https://carbon-polygons.ru/news/nauchnyie-czentryi-i-universitetyi-podpisali-soglasenie-o-razviti-zelenyix-tekhnologii>

В числе текущих барьеров большинство полигонов называют доступ к технологиям (например, задержка поставок или отсутствие отечественных аналогов) и финансированию (например, слабая заинтересованность бизнеса). Довольно часто полигоны отмечают доступ к инфраструктуре (например, подключение к сетям) и административные барьеры. К административным барьерам можно отнести сложность процедур получения разрешений на проведение климатических исследований в особо охраняемых территориях, отсутствие стандартов и общих методик проведения измерений, а также единых форматов обмена и хранения данных.

Для преодоления текущих барьеров с учетом данных опроса можно предложить следующее:

- содействие в привлечении на полигоны технологических и промышленных партнеров;
- стимулирование развития отечественной приборной базы и оборудования;
- разработка и совершенствование национальных стандартов и методик в области климатического мониторинга и измерений ПГ;
- разработка и совершенствование законодательной базы реализации климатических проектов в области лесных отношений;
- разработка и совершенствование национальных стандартов в области создания углерод депонирующих насаждений;
- организация обучающих мероприятий и координация процесса обмена опытом и лучшими практиками между полигонами.

Кроме того, были предложены следующие направления оптимизации развития всей сети карбоновых полигонов в России:

- разработка методических рекомендаций выбора новых площадок наблюдений (полигонов), в том числе с точки зрения расширения репрезентативности всей сети полигонов;
- публикация образцов лучших программ наблюдений и (или) перечней текущих приоритетов проведения наблюдений (набор обязательных, сопровождающих и подтверждающих наблюдений);
- оперативное включение используемых приборов в государственный реестр средств измерений;
- разработка протоколов обработки, хранения и обмена данными, в том числе организация единого центра обработки и хранения данных, получаемых на полигонах.

В числе потенциальных барьеров чаще всего звучит доступ к финансированию, но также упоминается неопределенность с верификацией полученных данных (в частности, в текущих исследованиях могут применяться приборы без сертификатов).

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1. Запланированные и достигнутые результаты, наличие барьеров

Карбоновый полигон	Год старта проекта	Запланировано	Достигнуто	Барьеры
<b>Чашниково (Московская область)</b>	<b>2021</b>	<p><b>Наука:</b> Рекогносцировочные работы, организация мониторинговых наблюдений и создание ГИС полигона (этап I: 2021–2022) Мониторинг климатически активных газов и определение параметров экосистем, необходимых для балансовых расчетов и оценки секвестрирования углерода (этап II: 2023)</p> <p><b>Образование:</b> Бакалаврская и магистерская программа Спецкурс для магистров Междисциплинарные курсы Летние школы Программы повышения квалификации</p> <p><b>Международное сотрудничество:</b> Обсуждение совместных исследований с учеными из Китая и Узбекистана</p>	<p><b>Наука:</b> ГИС полигона Инструментальный круглогодичный мониторинг в системе почва-растения-атмосфера Прототип ИТ-системы для сбора и анализа телеметрии измерительной аппаратуры Агро- и лесоклиматические эксперименты (в процессе)</p> <p><b>Образование:</b> Программа магистратуры и бакалавриата Программы дополнительного образования Летняя почвенно-экологическая школа Carbon.MSU Студенческие практики</p> <p><b>Международное сотрудничество:</b> Формирование планов</p>	<p><b>Текущие и потенциальные:</b> Доступ к инфраструктуре Доступ к финансированию</p>
<b>БиоКарбон (Новосибирская область)</b>	<b>2021</b>	<p><b>Наука:</b> Научно-исследовательские работы на неустраиваемых землях с/х назначения 2 экспедиции на земли с/х назначения</p>	<p><b>Наука:</b> Цифровые модели местности, ортофотопланы Карта вегетационного индекса NDVI Сведения о составе и характеристиках экосистем Верификация углеродного баланса региона Полный перечень древостоя Экспедиция на земли с/х назначения, оставленные под самозарастание Разработка методики и технологии землепользования (в процессе) Разработка стратегии управления углеродным балансом региона (в процессе) Экспедиция (в процессе)</p>	<p><b>Текущие:</b> Доступ к инфраструктуре Доступ к финансированию Административные барьеры</p> <p><b>Потенциальные:</b> Доступ к технологиям Доступ к финансированию</p>

Карбонный полигон	Год старта проекта	Запланировано	Достигнуто	Барьеры
<b>Евразийский карбонный полигон (Республика Башкортостан)</b>	2022	<p><b>Образование:</b> Учебная практика</p> <p><b>Международное сотрудничество:</b> На текущем этапе не предусмотрено</p> <p><b>Наука:</b> Комплексная оценка характера изменения потоков ПГ Описание растительных сообществ Разработка подходов оценки фитомассы растительности Оценка депонированного углерода в экосистемах Инвентаризация зарастающих лесом неиспользуемых с/х земель и водно-болотных угодий Республики Башкортостан</p> <p><b>Образование:</b> Бакалаврские, магистерские и аспирантские программы Программы повышения квалификации Летняя школа</p> <p><b>Международное сотрудничество:</b> Привлечение зарубежных научных организаций и специалистов Научные доклады на международных конференциях Организация международных конференций Международные стажировки</p>	<p><b>Образование:</b> Учебная практика</p> <p><b>Международное сотрудничество:</b> На текущем этапе не предусмотрено</p> <p><b>Наука:</b> Определены места установки для вышек измерения потоков ПГ Исследование неоднородности растительного покрова и сбор образцов Топосъемка лесного участка Геоинформационная карта водно-болотных комплексов (в процессе)</p> <p><b>Образование:</b> Бакалаврская и магистерская программа Программы повышения квалификации</p> <p><b>Международное сотрудничество:</b> Совместная работа и семинары с партнерами из Японии (участие в международной конференции)</p>	<p><b>Текущие:</b> Доступ к технологиям Доступ к инфраструктуре</p> <p><b>Потенциальные:</b> Интеграция данных с международными участниками климатических проектов в ЕС, США, Юго-Восточной Азии</p>
<b>Карбон-Поволжье (Республика Татарстан)</b>	2021	<p><b>Наука:</b> Ортофотопланы; цифровая модель местности; состав доминантных растений; фитопланктон в акватории; биологические процессы в водных объектах; углерод в почве леса; влияние пестицидов; влияние температур (2022) Биомассы растительного покрова; состав наземных экосистем; потоки углерода наземных экосистем; деструктивные процессы в лесах; выбросы и сток ПГ водохранилища; процессы метаброгенеза; донные отложения; водная растительность; влияние тяжелых металлов; влияние удобрений; увеличение биомассы технической конопли; использование биочар (2023)</p> <p><b>Образование:</b> Бакалаврские и магистерские программы Программы повышения квалификации</p>	<p><b>Наука:</b> Ортофотопланы высокого разрешения Уточнение расположения водного участка Подбор термотолерантной культуры водорослей Первичное определение запаса углерода в биомассе деревьев Развития фитопланктона в акватории Характеристики 10 модельных деревьев Исследования биочара Оценке влияния температуры (в процессе) Эксперимент по выращиванию технической конопли (в процессе)</p> <p><b>Образование:</b> Модернизация программы бакалавриата Программа повышение квалификации Выездные школы и семинары, лекция в рамках проекта «PROНаука в КФУ»</p>	<p><b>Текущие:</b> Доступ к финансированию Доступ к знаниям</p>

Карбоновый полигон	Год старта проекта	Запланировано	Достигнуто	Барьеры
		<p><b>Международное сотрудничество:</b>            Стажировки в Финляндии            Воркшоп с ведущими учеными в области мониторинга ПГ</p>	<p>Летняя школа  <b>Международное сотрудничество:</b>            Пересмотр направления</p>	
<b>Урал-Карбон (Свердловская область)</b>	<b>2021</b>	<p><b>Наука:</b>            Измерения ПГ, массивы регулярных метеоданных; 2D-карт углеродных балансов; интегральной технологии для 3D-полей концентраций и потоков ПГ; оценки дыхания растений, почвы; оценки емкости пулов углерода; корреляционные и регрессионные зависимости выбросов и поглощений ПГ; влияние техногенных факторов; новые виды и формы растений (для ферм); влияния декарбонизации на промышленность региона; рекомендации по инвентаризации ПГ; единый пакет программного оборудования для моделирования циркуляции атмосферы на уровне региона.</p> <p><b>Образование:</b>            Обновление и разработка образовательных программ Летние школы и мастер-классы</p> <p><b>Международное сотрудничество:</b>            Доклады на международных конференциях            Стажировки            Публикации с участием зарубежных партнеров</p>	<p><b>Наука:</b>            Частичная аэрофотосъемка            Обработка данных спутникового зондирования атмосферы            Характеристики газообмена            Оценки дыхания растений, почвы            Оценки емкости пулов углерода            Предложения по растениям для ферм</p> <p><b>Образование:</b>            Новый учебный модуль            Молодежные школы-конференции</p> <p><b>Международное сотрудничество:</b>            Продолжено сотрудничество с партнерами из Японии и Польши            Исследования с партнерами из Индии</p>	<p><b>Текущие:</b>            Доступ к технологиям            Доступ к знаниям            Доступ к финансированию            Административные барьеры</p> <p><b>Потенциальные:</b>            Доступ к финансированию            Ослабление климатической повестки России</p>
<b>Карбоновый полигон на озере Кучак (Тюменская область)</b>	<b>2021</b>	<p><b>Наука:</b>            Цифровая карта полигона            Монтаж заякоренной платформы и аналитического оборудования для наблюдений            Эксперимент с технологией биоугля            Разработка агротехнологий            Исследования (по теме клещей)</p> <p><b>Образование:</b>            Магистерская программа            Летняя школа</p> <p><b>Международное сотрудничество:</b>            н.д.</p>	<p><b>Наука:</b>            Цифровой каркас полигона            Оборудование измерительного комплекса (в процессе)            Методология оценки секвестрационного потенциала отдельного листа (в процессе)            Протокол показателей секвестрационного потенциала растений (в процессе)</p> <p><b>Образование:</b>            Магистерская программа (совместно с ВШЭ)</p> <p><b>Международное сотрудничество:</b>            Потенциал сотрудничества с партнерами из Казахстана</p>	<p><b>Текущие:</b>            Доступ к инфраструктуре            Административные барьеры</p>



Карбоновый полигон	Год старта проекта	Запланировано	Достигнуто	Барьеры
<b>Мухрино (ХМАО-Югра)</b>	<b>2022</b>	<p><b>Наука:</b> Рекомендации по сокращению выбросов / повышению поглощения ПГ на месторождении компании ООО «Газпромнефть-Хантос» Влияние повышения температуры на сибирские торфяники</p> <p><b>Образование:</b> Магистерские программы Программы повышения квалификации</p> <p><b>Международное сотрудничество:</b> Лаборатория экосистемно-атмосферных связей под руководством партнера из Финляндии Международная сеть наземных исследований и мониторинга в Арктике «INTERACT» с привлечением зарубежных исследователей</p>	<p><b>Наука:</b> Сбор данных о климате и углеродном балансе болотного комплекса Оценка потоков углекислого газа на локальном масштабе Сбор данных дистанционного зондирования высокого разрешения (в процессе) Определение доминирующих функциональных групп торфяной органики (в процессе) Определение структуры сообщества грибов (в процессе)</p> <p><b>Образование:</b> Обновлены программы бакалавриата Курс повышения квалификации</p> <p><b>Международное сотрудничество:</b> Лаборатория экосистемно-атмосферных связей лесоболотных комплексов Публикации в зарубежных журналах Развитие сотрудничества с партнерами из Азии</p>	<p><b>Текущие и потенциальные:</b> Доступ к технологиям Доступ к финансированию Административные барьеры Нарушение международного взаимодействия</p>
<b>WAY CARBON (Чеченская Республика)</b>	<b>2021</b>	<p><b>Наука:</b> Исследования для расчета углеродного баланса Разработка технологий регенеративного карбонового земледелия</p> <p><b>Образование:</b> Бакалаврские и магистерские программы Программы повышения квалификации</p>	<p><b>Наука:</b> Научно-методический инструментарий мониторинга: База метеорологических данных Серия интегральных карт агроклиматических условий степных ландшафтов Анализ современных климатических условий полупустынных ландшафтов Исследования по определению плотности и гранулометрического состава образцов минеральных горизонтов почв Программное обеспечение для мониторинга и учета выбросов ПГ на основе ГИС (в процессе) Мониторинг режима использования пастбищ (в процессе)</p> <p><b>Образование:</b> Программа бакалавриата и магистратуры Программа повышения квалификации Совместные исследования</p>	<p><b>Текущие:</b> Доступ к технологиям Доступ к знаниям</p> <p><b>Потенциальные:</b> Доступ к финансированию Верификация данных (нет центра верификации)</p>

Карбонный полигон	Год старта проекта	Запланировано	Достигнуто	Барьеры
		<p><b>Международное сотрудничество:</b> Привлечение зарубежных научных организаций и специалистов Научные доклады на международных конференциях Организация международных конференций Международные стажировки</p>	<p><b>Международное сотрудничество:</b> Организация и участие в международных конференциях, в том числе в Азербайджане</p>	
<b>Семь Лиственниц (ЯНАО)</b>	На рассмотрении	<p><b>Наука:</b> Отладка работы, измерение базовой линии потоков (2022–2023) Определение трендов изменений потоков и изменения экосистем, эксперименты (2023–2026) Масштабирование технологий (2026–2036) <b>Образование:</b> Магистерские и аспирантские программы Летние школы и мастер-классы <b>Международное сотрудничество:</b> На текущем этапе не предусмотрено</p>	Н.д.	<p><b>Текущие:</b> Доступ к технологиям <b>Потенциальные:</b> Верификация данных (используется оборудование без сертификатов)</p>
<b>FOR&amp;ST CARBON (Воронежская область)</b>	2022	<p><b>Наука:</b> Цифровая карта полигона Определение состава наземных и дистанционных наблюдений Определение состава аппаратуры Наблюдения в текстовом режиме (2022) и их развитие (2023) Научные исследования: количественные оценки поглощения и запасов углерода; модели для расчета фракций биомассы; методика оценки запасов фитомассы» цифровые карты местности <b>Образование:</b> Бакалаврские, магистерские и аспирантские программы Летние школы и мастер-классы <b>Международное сотрудничество:</b> Привлечение зарубежных научных организаций и специалистов Научные доклады на международных конференциях Организация международных конференций Международные стажировки</p>	<p><b>Наука:</b> Количественные оценки поглощения углекислого газа деревьями Микроклоны древесных пород для банка данных Коллекции древесных пород для получения посадочного материала Адаптация методов вегетативного размножения Технические требования к посадочному материалу лесных культур <b>Образование:</b> Дополнение и создание бакалаврских и магистерских программ Программы повышения квалификации «Лесная школа 2022» <b>Международное сотрудничество:</b> Научная стажировка в Сербии</p>	<p><b>Текущие:</b> Доступ к технологиям</p>

## Приложение 2. Характеристика карбоновых полигонов, заявленные цели и задачи

Карбоновый полигон	Оператор / Партнеры	Тип ландшафта	Площадь / Участки	Цели / Задачи	Основные мероприятия
<b>Чашниково (Московская область)</b>	<b>Оператор:</b> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова <b>Технологический партнер:</b> ООО «Яндекс.Облако», ООО «ПК Староселье»	Смешанный лес С/х земли	<b>Всего: 605,9 га</b> Участок «Чашниково» - 605,9 га	<b>Цель:</b> разработка низкоуглеродных стратегий природопользования, лесовосстановительных и агрономических технологий <b>Задачи:</b> Мониторинговые наблюдения Оценка изменчивости выбросов и поглощения ПГ Отработка технологий Технологии дистанционного мониторинга Подготовка кадров	Высокопродуктивные насаждения Восстановление земель Восстановление лесов Регенеративное с/х и животноводство
<b>БиоКарбон (Новосибирская область)</b>	<b>Оператор:</b> Новосибирский государственный университет <b>Индустриальные партнеры:</b> АНО «Биокарбон», ООО «Новая Школа», Газпром Маркетинг & Трейдинг	Равнинная лесостепь Предгорная подтайга	<b>Всего: 1 008 га</b> Участки ЦБС СО РАН – 848 га Экспериментальный Пироговский лес – 160 га	<b>Цель:</b> экономически эффективное введение в оборот не востребуемых с/х земель с применением технологий устойчивого землепользования <b>Задачи:</b> Отработка технологий	Восстановление лесов Регенеративное с/х и животноводство
<b>Евразийский карбоновый полигон (Республика Башкортостан)</b>	<b>Оператор:</b> Уфимский государственный нефтяной технический университет <b>Индустриальные партнеры:</b> АО «Башкирская содовая компания», ООО «Газпром нефтехим Салават»	Ковыльная степь Залежные земли Леса Болота	<b>Всего: 11 599,5 га</b> Учебный научный центр-пашня - 95,5 га Ковыльная степь – 10 га «Мишкино»– 10 000 га Учебный научный центр-лес – 109 га «Солуни» – 10 га Глобальный геопарк ЮНЕСКО «Янган-Тау»– 675 га Болотный массив «Берказан-Камыш» – 700 га	<b>Цель:</b> отработка методов мониторинга; оценка выбросов ПГ экосистемами и предпрятиями; изучение возможности депонирования углерода; поиск оптимальных решений декарбонизации <b>Задачи:</b> Мониторинговые наблюдения Оценка изменчивости выбросов и поглощения ПГ Отработка технологий Технологии дистанционного мониторинга	Высокопродуктивные насаждения Восстановление земель Восстановление водно-болотных угодий Восстановление лесов Регенеративное с/х и животноводство

Карбонный полигон	Оператор / Партнеры	Тип ландшафта	Площадь / Участки	Цели / Задачи	Основные мероприятия
Подготовка кадров					
<b>Карбон-Поволжье (Республика Татарстан)</b>	<b>Оператор:</b> Казанский (Приволжский) федеральный университет <b>Индустриальный партнер:</b> ОАО «Татнефтехиминвест-холдинг»	Лес Реки Водо-хранилище	<b>Всего: 60 га</b> «Обсерватория» «Саралы» (экосистемы Куйбышевского водохранилища) «Большие Кабаны»	<b>Цель:</b> оценка выбросов и депонирования ПГ; система сбора, валидации и обработки данных; создание технологий секвестрации <b>Задачи:</b> Мониторинговые наблюдения Оценка изменчивости выбросов и поглощения ПГ Технологии дистанционного мониторинга Подготовка кадров	Высокопродуктивные насаждения Восстановление земель Восстановление лесов Регенеративное с/х и животноводство
<b>Урал-Карбон (Свердловская область)</b>	<b>Оператор:</b> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина <b>Индустриальные партнеры:</b> АО «Синара-Транспортные машины», ПАО «Трубная металлургическая компания», ОАО «Свердловская железная дорога» и др.	Таежные леса	<b>Всего: 606 га</b> Коуровская астрономическая обсерватория - 306 Га Уральский учебно-опытный лесхоз - 300 Га	<b>Цель:</b> отработка методик оценки и оценка запасов и потоков углерода <b>Задачи:</b> Мониторинговые наблюдения Оценка изменчивости выбросов и поглощения ПГ Отработка технологий Технологии дистанционного мониторинга Подготовка кадров	Высокопродуктивные насаждения Восстановление земель Восстановление лесов Регенеративное с/х и животноводство
<b>Карбонный полигон на озере Кучак (Тюменская область)</b>	<b>Оператор:</b> Тюменский государственный университет <b>Индустриальный партнер:</b> ПАО «СИБУР» <b>Технологический партнер:</b> ООО ГК «Геоскан»	Смешанный лес Водоем (озеро)	<b>Всего: 10 670 га</b> Заказник «Гузенево» - 10 670 га	<b>Цель:</b> оценка выбросов и депонирования ПГ; методология учета углеродных кредитов <b>Задачи:</b> Мониторинговые наблюдения Оценка изменчивости выбросов и поглощения ПГ Отработка технологий Технологии дистанционного мониторинга Подготовка кадров	Высокопродуктивные насаждения Восстановление земель Регенеративное с/х и животноводство

Карбонный полигон	Оператор / Партнеры	Тип ландшафта	Площадь / Участки	Цели / Задачи	Основные мероприятия
<b>Мухрино (ХМАО – Югра)</b>	<b>Оператор:</b> Югорский государственный университет <b>Индустриальные партнеры:</b> ООО «Газпромнефть-Хантос», «Салым Петролеум Девелопмент Н.В.», АО «Самотлорнефтегаз»	Болото Лес Озера	<b>Всего: 1 573,4 га</b> «Мухрино» - 1 573,4 га	<b>Цель:</b> долговременные наблюдения за потоками ПГ; оценка баланса углерода лесных и болотных экосистем <b>Задачи:</b> Мониторинговые наблюдения Оценка изменчивости выбросов и поглощения ПГ Подготовка кадров	Восстановление земель
<b>WAY CARBON (Чеченская Республика)</b>	<b>Оператор:</b> Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова (ЧГУ) <b>Индустриальные партнеры:</b> ООО «Инфометеос», ОАО «Агровин-Султан», ООО «Тепличный Комплекс ЮгАгроХолдинг» <b>Оператор:</b> Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова (ГГНТУ) <b>Индустриальные партнеры:</b> ОАО «Грознефтегаз», АО «Чеченнефтехимпром», ООО «РИМ-Групп», АО «Чеченгазпром», ООО «Успех», ООО «КИРУС»	Горы Лес Степь Пастбища	<b>Всего: 1 785 га</b> <b>Участки ЧГУ:</b> «Научно-исследовательская площадка» - 560 га; «Научно-исследовательская площадка» - 480 га; «Кампус» - 3,7 га; «Гой-чу» - 21 га; «Наурская» - 139 га; «Харачой» - 2 га; «Карбоновая ферма» - 75 га; «Карбоновая ферма» - 34 га <b>Участки ГГНТУ:</b> «Старопромысловский» - 41 га; «Ханкала (Кампус)» - 18 га; «Рошни-Чу» - 243 га; «Галанчожд» - 51 га; «Толстой-Юрт» - 94 га; «Карбоновая ферма» - 23 га	<b>Цель:</b> создание моделей изменения климата и методик учета выбросов и поглощения ПГ; определение объемов депонирования углерода наземными экосистемами; система сбора, валидации и обработки данных <b>Задачи:</b> Мониторинговые наблюдения Оценка изменчивости выбросов и поглощения ПГ Отработка технологий Технологии дистанционного мониторинга Подготовка кадров	Высокопродуктивные насаждения Восстановление земель Регенеративное с/х и животноводство
<b>Семь Лиственниц (ЯНАО)</b>	<b>Оператор:</b> Научный центр изучения Арктики <b>Индустриальный партнер:</b> Правительство ЯНАО	Лесотундра	<b>Всего: 2 395 га</b> «Семь лиственниц» – 2 395 га	<b>Цель:</b> контроль углеродного следа человека и поглощающей способности экосистем; методическое сопровождение климатических проектов; лидерство в разработке низкоуглеродных решений для Арктики <b>Задачи:</b> Мониторинговые наблюдения Оценка изменчивости выбросов и поглощения ПГ Отработка технологий	Высокопродуктивные насаждения Восстановление земель Восстановление водно-болотных угодий Регенеративное с/х и животноводство

Карбоновый полигон	Оператор / Партнеры	Тип ландшафта	Площадь / Участки	Цели / Задачи	Основные мероприятия
<b>FOR&amp;ST CARBON (Воронежская область)</b>	<b>Оператор:</b> Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова <b>Индустриальный партнер:</b> АО «Воронежсинтезкаучук» (ПАО «СИБУР») <b>Технологический партнер:</b> Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева	Смешанный лес С/х земли	<b>Всего: 181,3 га</b> Нагорная дубрава – 35,2 га Сосновый лес и лесные культуры сосны и березы – 123 га Заказник «Каменная Степь» – 23,1 га	Технологии дистанционного мониторинга Подготовка кадров  <b>Цель:</b> отработка технологических решений контроля углеродного баланса; испытание поглощающей способности лесостепных экосистем; получение хозяйственно ценных и устойчивых к изменениям климата лесных культур <b>Задачи:</b> Мониторинговые наблюдения Оценка изменчивости выбросов и поглощения ПГ Отработка технологий Технологии дистанционного мониторинга	Высокопродуктивные насаждения Восстановление лесов
<b>Карбоновый полигон на территории Чувашской Республики</b>	<b>Оператор:</b> Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова	Смешанный лес Водо-хранилище	<b>Всего: &gt;200 000 га</b> Чебоксарское лесничество Акватория водохранилища Чебоксарской ГЭС Этноприродный парк им. А.П. Айдака	<b>Цель:</b> оценка баланса выбросов и депонирования ПГ в лесных и водных экосистемах. <b>Задачи:</b> Мониторинговые наблюдения Оценка изменчивости выбросов и поглощения ПГ Отработка технологий Технологии дистанционного мониторинга Подготовка кадров	Восстановление земель Восстановление лесов Регенеративное с/х и животноводство

Источник: данные опроса ЦСР и сайта [«Карбоновые полигоны Российской Федерации»](#)

## Приложение 3. Примеры текущих результатов научных исследований

Карбоновый полигон	Текущие результаты
<b>Чашниково (Московская область)</b>	<p><b>Научно-методический инструментальный мониторинг:</b> Создание ГИС полигона, включающую цифровые карты рельефа местности, гидрографии, структуры землепользования, растительности и почв для включения в ГИС, материалы дистанционного зондирования земли, полученные с помощью беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) Получены ортофотопланы (панхром), цифровая модель местности, цифровая модель рельефа, мультиспектральная съемка (4 канала) Организован инструментальный круглогодичный мониторинг в системе почва-растения-атмосфера, включающий учет метеорологических параметров, эмиссии ПГ (методами турбулентных пульсаций и экспозиционных камер), «черного» углерода, динамики биомассы различных растительных сообществ и показателей углеродного состояния почв и водных объектов Создан прототип ИТ-системы для сбора и анализа телеметрии измерительной аппаратуры</p> <p><b>Натурные исследования и эксперименты:</b> Начаты агро- и лесоклиматические эксперименты: высажены быстрорастущие культуры, отобраны укосы по фазам развития кукурузы и люпина, проведен отбор почвенных образцов на участке пашни</p>
<b>БиоКарбон (Новосибирская область)</b>	<p><b>Научно-методический инструментальный мониторинг:</b> Создание цифровых моделей местности, включая съемку территории с помощью БПЛА, составление ортофотопланов полигона и кампуса, модели рельефа Построена карта вегетационного индекса NDVI для территории кампуса Получены сведения о составе и характеристиках экосистем на невоображаемых землях с/х назначения Выполнено геоботаническое описание выявлением полного флористического состава сосудистых растений, а также напочвенных мхов и лишайников</p> <p><b>Оценка и расчеты баланса углерода:</b> Верификация углеродного баланса региона Произведен полный перечень древостоя</p> <p><b>Натурные исследования и эксперименты:</b> Проведена экспедиция на земли с/х назначения, оставленные под самозарастание Развернута подготовка площадок для проведения экспериментов (селективные вырубki, внесение удобрений, распашка, удаление подстилки)</p>
<b>Евразийский карбоновый полигон (Республика Башкортостан)</b>	<p><b>Научно-методический инструментальный мониторинг:</b> Проведено исследование неоднородности растительного покрова и определены места установки для вышек измерения потоков ПГ методами турбулентных пульсаций и статических камер Завершается создание геоинформационной карты водно-болотных комплексов Предуралья Республики Башкортостан, включающая более 500 объектов, после которой будет проведена оценка их состояния и возможность использования в целях увеличения секвестрационного потенциала Собрано 385 почвенных образцов для определения агрохимических свойств почв и содержания в них органического углерода и 1 670 образцов наземной и подземной фитомассы травянистых и древесных растений Созданы геоинформационные карты растительности отдельных участков с использованием данных дистанционного зондирования земли (космоснимков и снимков, полученных с использованием БПЛА) и зарастающих лесом, заброшенных сельскохозяйственных угодий Выведены коэффициенты, позволяющие строить на основании космических снимков карты распределения градиента температур Найдена взаимосвязь между температурным режимом поверхностного слоя почвы и распространением бактериальной водянки березы Проведена топосъемка лесного участка, таксационное описание лесного участка. На полевом участке заложены современные севообороты сельскохозяйственных культур; выполнена лидарная съемка и съемка с БПЛА со встроенным газоанализатором</p>

Карбоновый полигон	Текущие результаты
	Проведены полевые работы по изучению почвенного покрова под различными видами землепользования; собраны почвенные образцы для определения содержания органического углерода и дальнейшего пространственного моделирования
<b>Карбон-Поволжье (Республика Татарстан)</b>	<p><b>Натурные исследования и эксперименты:</b> Проведены исследования биочара (определен химический состав биочара, проведен токсикологический анализ, оценена эффективность биочара как удобрения), получаемого путем медленного пиролиза куриного помета Осуществлен подбор термотолерантной культуры водорослей, а также определены оптимальные температурные диапазоны и состав среды для их культивирования</p>
<b>Урал-Карбон (Свердловская область)</b>	<p><b>Научно-методический инструментальный мониторинг:</b> Проведена обработка данных спутникового зондирования атмосферы (в ближней инфракрасной области спектра с использованием Фурье-спектрометра) Получены данные, характеризующие количественное содержание ПГ в атмосферном столбе Проведена частичная аэрофотосъемка, заложены постоянные пробные площади, проведены геоботанические и почвенные описания Получены характеристики газообмена и содержания фотосинтетических пигментов у доминантных видов темнохвойного леса в природных условиях и в лабораторном эксперименте при варьировании условий Получены данные, характеризующие интенсивность выбросов углерода из почв, подстилки и валежа на пробных площадях</p> <p><b>Оценка и расчеты баланса углерода:</b> Выполнена оценка общего пула органического углерода в фитомассе и годовичного депонирования лесов Свердловской области на основе анализа лесоустроительных материалов</p> <p><b>Натурные исследования и эксперименты:</b> Сформированы предложения по наиболее перспективным и быстрорастущим в условиях Среднего Урала древесным видам для целей организации карбоновых ферм</p>
<b>Карбоновый полигон на озере Кучак (Тюменская область)</b>	<p><b>Научно-методический инструментальный мониторинг:</b> Создан цифровой каркас карбонового полигона</p> <p><b>Оценка и расчеты баланса углерода:</b> Проведен расчет баланса углерода на землях государственного лесного фонда Разрабатывается стандартный протокол показателей секвестрационного потенциала растений Разрабатывается методология оценки секвестрационного потенциала растений и потоков климатически активных газов (КАГ) на уровне отдельного листа и листового полога природных экосистем</p>
<b>Мухрино (ХМАО-Югра)</b>	<p><b>Научно-методический инструментальный мониторинг:</b> Осуществлен сбор данных о климате, гидрологии, биоразнообразии и углеродном балансе болотного комплекса Выполнена оценка потоков углекислого газа на локальном масштабе (для получения непрерывных временных рядов была разработана процедура заполнения пропусков модельными данными)</p>
<b>WAY CARBON (Чеченская Республика)</b>	<p><b>Научно-методический инструментальный мониторинг:</b> База метеорологических данных с 1961 по 2020 гг. по 28 репрезентативным метеостанциям Северного Кавказа Серия интегральных карт агроклиматических условий степных ландшафтов Северного Кавказа Проведен анализ современных климатических условий полупустынных ландшафтов Северного Кавказа Выполнена компьютерная обработка космических снимков на эталонном участке и рассчитаны атмосфероустойчивый вегетационный индекс (ARVI) по данным инструмента MSI, установленного на спутниках Разработка иерархической и логической структуры базы данных модуля программного обеспечения для мониторинга и учета выбросов ПГ на основе ГИС Мониторинг режима использования пастбищ с применением БПЛА и наземных наблюдений</p>



**Карбоновый полигон****Текущие результаты****Натурные исследования и эксперименты:**

Получен массив экспериментальных данных, заложенный в основу разработки технологических решений и научно-обоснованных технологий декарбонизации, восстановления растительного покрова с высоким углерод-аккумулирующим потенциалом на деградированных и эродированных почвах

Проведены исследования по определению плотности и гранулометрического состава образцов минеральных горизонтов почв, оценка параметров водного режима почв, кислотности, определение латеральных потоков растворенного органического и неорганического углерода, и других параметров

**FOR&ST CARBON (Воронежская область)****Научно-методический инструментарий мониторинга:**

Отобраны микроклоны основных лесобразующих древесных пород для банка данных

**Оценка и расчеты баланса углерода:**

Получены количественные оценки величины поглощения углекислого газа в процессе фотосинтеза у древесных пород разных видов, сортов и межвидовых гибридов

**Натурные исследования и эксперименты:**

Использование биоресурсной коллекции древесных пород в качестве базы для получения посадочного материала с заданными наследственными свойствами и создания лесных плантаций в ходе реализации проектов по лесовосстановлению и лесоразведению для целей депонирования углерода

Адаптированы методы вегетативного размножения для основных лесобразующих пород

Разработаны технические требования к посадочному материалу лесных культур для осуществления лесоклиматических проектов и создания углерод-депонирующих плантаций

Источник: данные опроса ЦСР

## Приложение 4. Тестируемые и разрабатываемые технологии

Карбонный полигон	Технологии
<b>Чашниково</b> (Московская область)	<b>Общие технологии:</b> Разработка компьютерной программы, позволяющей проводить расчет потенциальной секвестрации атмосферного углерода в условиях Центрального ФО с экономической оценкой внедрения альтернативных сценариев землепользования и элементов систем земледелия
<b>БиоКарбон</b> (Новосибирская область)	<b>Сельскохозяйственные технологии:</b> Технологии выращивания и анализа экологически оптимальных культур <b>Лесохозяйственные технологии:</b> Внедрение технологий неистощимого лесопользования
<b>Евразийский карбонный полигон</b> (Республика Башкортостан)	<b>Общие технологии:</b> Развитие технологий оценки объемов депонирования углерода растительными экосистемами
<b>Карбон-Поволжье</b> (Республика Татарстан)	<b>Сельскохозяйственные технологии:</b> Технология секвестрации углерода в почвах за счет применения биочара из куриного помета в качестве органоминерального удобрения. технология поглощения CO <sub>2</sub> из отходящих газов микроводорослями с получением дополнительных полезных продуктов
<b>Урал-Карбон</b> (Свердловская область)	<b>Общие технологии:</b> Реализация приборно-вычислительной технологии пассивной ветровой локализации атмосферы для оценки потоков ПГ (CO <sub>2</sub> и CH <sub>4</sub> ) с использованием оригинального метода флюид-локации атмосферы <sup>16</sup> <b>Сельскохозяйственные технологии:</b> Использование комплексонов металлов и органоминеральных удобрений, полученных в результате ферментативной аэробной обработки твердых отходов птицефабрик, для повышения эффективности прорастания семян и скорости роста растений Изучение полного цикла выращивания и переработки «углерод-отрицательных» растений (техническая конопля и лен) <b>Технологии получения углеродно-нейтральной продукции:</b> Получение труднорастворимого биоугля из органического вещества крупнотравных травянистых растений методом пиролиза
<b>Карбонный полигон на озере Кучак</b> (Тюменская область)	<b>Технологии получения углеродно-нейтральной продукции:</b> Технологии получения биочара — углерод-нейтрального бездымного топлива из отходов агропромышленного комплекса и сельского хозяйства
<b>Мухрино</b> (ХМАО-Югра)	<b>Общие технологии:</b> Технологии наземных и дистанционных наблюдений за эмиссией и поглощением ПГ естественными и нарушенными лесными и болотными экосистемами
<b>WAY CARBON</b> (Чеченская Республика)	<b>Общие технологии:</b> Разработка программного обеспечения мониторинга и учета ПГ на основе геоинформационных систем (ГИС) Применение БЛПА для мониторинга пастбищ
<b>Семь Лиственниц</b> (ЯНАО)	<b>Общие технологии:</b> Определение основных характеристик выбросов и поглощения экосистемами тундры и тайги, а также выбросов, связанных с хозяйственной деятельностью

<sup>16</sup> Новый метод дистанционного зондирования атмосферы, основанный на совместном анализе данных локальных измерений содержания (концентраций) примеси и результатов моделирования динамики атмосферы, реализует приборно-вычислительную технологию пассивной ветровой локализации атмосферы. Это метод объективного установления региональных объемов эмиссии ПГ и определения их географического распределения на основе данных мониторинга.

**Карбоновый полигон****Технологии****FOR&ST CARBON  
(Воронежская  
область)****Сельскохозяйственные технологии:**

Разработка и тестирование технологий создания агролесоводственных систем в аридных регионах для увеличения секвестрационного потенциала сельскохозяйственных угодий

**Лесохозяйственные технологии:**

Разработка и совершенствование технологий лесовосстановления / плантационного лесоводства для повышения секвестрационного потенциала лесных экосистем и консервации почвенного углерода

Источник: данные опроса ЦСР

## Приложение 5. Список оборудования, рекомендуемого для установки на карбоновых полигонах

Позиция	Наименование оборудования / необходимых комплектующих	Производитель, страна
<b>Метеорологические приборы</b>		
Основная	<b>Метеостанция HydroMet™ Automatic Weather Station AWS 310 (с установкой)</b>	Vaisala, Финляндия
<b>Приборы для измерения потоков климатически активных газов</b>		
Основная	<b>Пульсационная система для измерения потоков ПГ (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и H<sub>2</sub>O) Eddy Covariance LI-COR</b>	LI-COR, США
	Анемометр цифровой ультразвуковой с нагревателем, модель Multipath Cage Anemometer with Heater	Metek, Германия
	Газоанализатор CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O закрытого типа LI-7200RS с модулем воздушного потока	LI-COR, США
	Газоанализатор CH <sub>4</sub> открытого типа LI-7700	LI-COR, США
	Комплект оборудования для крепления приборов, включая штатив для 3 м мачты	LI-COR, США
	Комплект оборудования для автономного электропитания приборов на солнечных батареях, мощность бесперебойного электропитания 65 Вт, ghb солнечной инсоляции 2–3 часа в день	н/д
	Набор метеорологических датчиков для использования совместно со станциями пульсационных измерений	разные производители
	Анализатор CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O открытого типа - LI-7500	LI-COR, США
Альтернативная	Лазерный анализатор закрытого типа Picarro G2311-f для измерения потоков водяного пара, метана и углекислого газа	Picarro, США
Основная	<b>Стационарная камерная система для измерения потоков ПГ (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, и H<sub>2</sub>O) с поверхности почвы покрытой растительностью, состоящая из:</b>	LI-COR, США
	Светонепроницаемая камера для длительных измерений почвенного газообмена 8200-104	
	Прозрачная камера для длительных измерений почвенного газообмена 8200-104C	
	Мультиплексор для стационарных систем измерения газообмена почв, модель LI-8250-M8	
	Высококочувствительный мобильный газоанализатор CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O, модель LI-7810	
	Высококочувствительный мобильный газоанализатор N <sub>2</sub> O/H <sub>2</sub> O, модель LI-7820	
	Набор кабелей и трубок для подключения почвенных камер к мультиплексору LI-8250, длина 15 м, максимум 8 комплектов)	
Альтернативная	<b>Анализатор закрытого типа G2508 для измерений N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, and H<sub>2</sub>O с поверхности почвы покрытой растительностью, включающая:</b>	Picarro, США
	Почвенные камеры eosAC или eosAC-LT/LO с мультиплексором для присоединения автоматических прозрачных и непрозрачных камер 72 литра (до 12 камер), датчиками температуры и влажности почвы	Eosense, Канада
Основная	<b>Мобильная камера с газоанализаторами для проведения измерений потоков ПГ с поверхности почвы, состоящая из:</b>	LI-COR, США
	Многофункциональная портативная почвенная камера (d=20 см) с автономным электропитанием для измерения почвенного газообмена, модель Smart Chamber (с набором кабелей и трубок для подключения к газоанализаторам серии LI-78xx)	
	Высококочувствительный мобильный газоанализатор CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O, модель LI-7810	
	Высококочувствительный мобильный газоанализатор N <sub>2</sub> O/H <sub>2</sub> O, модель LI-7820	
Альтернативная	Мобильная система на основе анализатора закрытого типа G4301 (Mobile Gas Concentration Analyzer) для измерений CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , and H <sub>2</sub> O	Picarro, США

Позиция	Наименование оборудования / необходимых комплектующих	Производитель, страна
	Мобильная камера закрытого типа A0947, GPS система, датчики температуры и влажности почвы	
	<b>Высотные мачты для установления пульсационного оборудования над высокой растительностью, бесперебойное энергообеспечение (в том числе на базе солнечных батарей), калибровочные газы и т.д.</b>	
Основная	Разборная метеорологическая мачта с высотой до 50 м	Layher, Германия
	<b>Системы для дистанционного зондирования подстилающей поверхности на базе дронов, укомплектованные спектрозональным оборудованием высокого разрешения и системой позиционирования GPS (или Глонасс)</b>	
Основная	<b>Беспилотный комплекс для аэрофотосъемки Геоскан 401</b> <b>Лидар, состоящий из:</b>	Геоскан, Россия
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– БВС Геоскан 401</li> <li>– Лазерный сканер АГМ-МС 1.200 с инерциальной системой ПС.М-33</li> <li>– ПО для работы с данными с лазерного сканера ScanWorks Base</li> <li>– Консультация по работе с данными лазерного сканирования</li> <li>– 2АКБ для Геоскан 401</li> <li>– AGM PosWorks Web подписка на 12 месяцев</li> </ul>	
	Фотоаппарат Sony ILCE-6000 с креплением к АГМ-МС	
	Двухосевой подвес с модернизированным фотоаппаратом Sony DSC-RX1RM2	
	GNSS приемник Topcon L1/L2 (для фотоаппарата Sony DSC-RX1RM2)	
	Дополнительная аккумуляторная батарея	
	Фотограмметрическое программное обеспечение AgiSoft Metashape Professional	
Альтернативная	<b>Беспилотный комплекс для аэрофотосъемки Геоскан 401</b> <b>Лидар, состоящий из:</b>	Геоскан, Россия
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– БВС Геоскан 401</li> <li>– Лазерный сканер АГМ-МС 3.200</li> <li>– ПО для работы с данными с лазерного сканера ScanWorks Pro</li> <li>– Консультация по работе с данными лазерного сканирования</li> <li>– 2АКБ для Геоскан 401</li> </ul>	
	Фотоаппарат Sony ILCE-6000 с креплением к АГМ-МС	
	Двухосевой подвес с модернизированным фотоаппаратом Sony DSC-RX1RM2	
	GNSS приемник Topcon L1/L2 (для фотоаппарата Sony DSC-RX1RM2)	
	Дополнительная аккумуляторная батарея	
	Фотограмметрическое программное обеспечение AgiSoft Metashape Professional	
Основная	<b>Беспилотный комплекс для аэрофотосъемки Геоскан 401,</b> <b>состоящий из:</b>	Геоскан, Россия
	Геоскан 401 без полезной нагрузки	
	Мультиспектральная камера с подвесом для БВС	
	Фотограмметрическое программное обеспечение AgiSoft Metashape Professional	
	Дополнительная аккумуляторная батарея	
	<b>Оборудование для наземных определений характеристик и свойств растительности, химического анализа образцов воздуха, растительности, почвы и воды</b>	
	<b>Оборудование для проведения экофизиологических исследований</b> (процессы водо- и газообмена на уровне дерева / растения)	
Основная	Портативная фотосинтетическая система для измерения фотосинтеза и дыхания элементов растительности LI-6800 (в комплекте с источником освещения, рабочей камерой 3 ´ 3 см и аксессуарами)	LI-COR, США
Основная	Анализатор площади проективного покрытия (измерения листового индекса) модель LAI-2200C	LI-COR, США
Основная	Лазерный анализатор Picarro G2201-i для определения изотопного состава $\delta^{13}C$ для CO <sub>2</sub> и CH <sub>4</sub> в воздухе	Picarro, США

Позиция	Наименование оборудования / необходимых комплектующих	Производитель, страна
Основная	Газовый хроматограф для измерения газовых компонент в лабораторных условиях	Разные производители
<b>Оборудование для определения содержания С и N в почве и растительности</b> (определение пулов элементов в наземных экосистемах), <b>а также их изотопного состава</b> (анализ физиологического состояния растений / особенностей биогеохимических процессов в почвах)		
Основная	Элементный анализатор CN	NC Technologies, Италия
Основная	Оборудование для измерения содержания стабильных изотопов ( $\delta^{13}C$ , $\delta^{15}N$ ) в растительности и почве	NC Technologies, Италия
<b>Оборудование для измерения концентраций растворенного и взвешенного органического и неорганического углерода (DOC, DIC, POC, PIC)</b> – оценка вертикальной миграции (в почве) и латерального стока терригенного углерода в водные экосистемы (вынос за пределы ландшафта – уточняет величины поглотительной емкости наземных экосистем, полученных в результате пульсационных измерений)		
<b>Оборудование для измерения дополнительных метеорологических и гидрологических параметров</b>		
Основная	Системы для дистанционного измерения профилей температуры, влажности и ветра: над земной поверхностью (Содар + МТП 5)	НПО «АТТЕХ», Россия
Основная	Уровнемеры воды (необходимы при анализе латерального экспорта – надо знать расходы воды)	Например, HOBO U20L-04 (Onset Corp., США), ООО «ПЕРЕЛ РАША»

Источник: сайт [«Карбоновые полигоны Российской Федерации»](#)

## Приложение 6. Примеры текущих результатов по образованию

Карбонный полигон	Текущие результаты
<b>Чашниково (Московская область)</b>	<p><b>Бакалавриат и магистратура:</b> Программа магистратуры и бакалавриата «Устойчивое управление природными ресурсами для продовольственной безопасности» (на английском языке) Спецкурсы для магистров: «Биогеохимические циклы и глобальные изменения климата», «Низкоуглеродное природопользование» Междисциплинарные курсы: «Биосферный цикл углерода и изменение климата», «Влияние климата на биоту и почвенный покров»</p> <p><b>Дополнительное образование и повышение квалификации:</b> Программы дополнительного образования: «Глобальные изменения климата, парниковые газы и цикл углерода в наземных и водных экосистемах», «Инструментальные методы наземных измерений потоков климатически активных газов», «Математическое моделирование динамики углерода и потоков парниковых газов в системе почва-растительность-атмосфера», «Организация и проведение мониторинга климатически активных газов на карбонных полигонах», «Технологии контроля и управления углеродным балансом экосистем на карбонных полигонах», «Карбонные полигоны: функционирование, мониторинг, прогноз», «Применение дистанционных методов для определения запасов углерода и потоков парниковых газов»</p> <p><b>Образовательные мероприятия:</b> Летняя почвенно-экологическая школа Carbon.MSU Студенческие практики по геоботанике, климатологии, картографии</p>
<b>БиоКарбон (Новосибирская область)</b>	<p><b>Бакалавриат и магистратура:</b> Учебная практика по ботанике для студентов естественных наук</p>
<b>Евразийский карбонный полигон (Республика Башкортостан)</b>	<p><b>Бакалавриат и магистратура:</b> Бакалаврская и магистерская программа «Техносферная безопасность»</p> <p><b>Дополнительное образование и повышение квалификации:</b> Программы повышения квалификации: «Специалист по углеродным рынкам и рискам», «ESG-факторы и «зеленые» финансы в достижении целей устойчивого развития»</p>
<b>Карбон-Поволжье (Республика Татарстан)</b>	<p><b>Бакалавриат и магистратура:</b> Модернизация программы летней практики бакалавриата «Экология и природопользование»</p> <p><b>Дополнительное образование и повышение квалификации:</b> Программа повышение квалификации «Сертификация и валидация расчетов углеродного следа» Курс «Глобальные экологические кризисы. Прошлое настоящее и будущее» для студентов гуманитарных и математических специальностей (в рамках проекта «Открытая модель образования: формирование универсальных компетенций»)</p> <p><b>Образовательные мероприятия:</b> Цикл лекций в рамках летней школы «Методы оценки углеродного баланса репрезентативных экосистем юга Западной Сибири» Выездной семинар-презентация «Актуальные вопросы экологического состояния регионов и изменение климата» для школьников Научно-просветительская лекция в рамках проекта «PROНаука в КФУ»</p>
<b>Урал-Карбон (Свердловская область)</b>	<p><b>Бакалавриат и магистратура:</b> Новый учебный модуль: «Биологические аспекты климатических изменений», включающий 2 дисциплины: «Мониторинг климата и климатическое регулирование» и «Экология фотосинтеза и дыхания биоты»</p> <p><b>Образовательные мероприятия:</b> Молодежная школа-конференция «Урал-Карбон» Всероссийская молодежная конференция «Экология, факты, гипотезы, модели»</p>

<b>Карбонный полигон</b>	<b>Текущие результаты</b>
<b>Карбонный полигон на озере Кучак (Тюменская область)</b>	<b>Бакалавриат и магистратура:</b> Магистерская программа «Углеродное регулирование в условиях изменения климата» совместно с ВШЭ
<b>Мухрино (ХМАО-Югра)</b>	<b>Бакалавриат и магистратура:</b> Обновлены программы бакалавриата «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» и магистратуры «Управление природопользованием в нефтегазовом регионе» <b>Дополнительное образование и повышение квалификации:</b> Курс повышения квалификации для участников карбонных полигонов «Опыт организации работы и технического оснащение карбонного полигона» Семинар «Отчетность компаний в области низкоуглеродного и устойчивого развития» <b>Образовательные мероприятия:</b> Программа школа в Ханты-Мансийске и Тюмени «Международная научная интеграция молодых специалистов»
<b>WAY CARBON (Чеченская Республика)</b>	<b>Бакалавриат и магистратура:</b> Актуализация образовательных программ бакалавриата: «Ведение в биотехнологию», «Основы геоинформатики», «Геоинформатика», «Геоинформационное картографирование», «ГИС в гидрометеорологии», «Геоинформатика и ГИС-технологии в экологии и природопользовании», магистратуры: «Экологические биотехнологии», «Экология растений» и разработаны программы новых учебных курсов Новые образовательные программы по профилям: «Ветеринарно-санитарная экспертиза», «Геоинформатика», «Гидрометеорология и климатология», «Экологическая экспертиза и контроль» <b>Дополнительное образование и повышение квалификации:</b> Программы дополнительного профессионального образования: «Инновационные технологии выращивания сельскохозяйственных культур», «Эколого-биологический мониторинг природных, агро- и урбозкосистем» Курс подготовки пилотов дронов нового поколения DJI <b>Образовательные мероприятия:</b> Ежегодная зимняя ландшафтно-географическая школа для обучающихся географических факультетов МГУ им. М.В. Ломоносова и ЧГУ им. А.А. Кадырова.
<b>FOR&amp;ST CARBON (Воронежская область)</b>	<b>Бакалавриат и магистратура:</b> Дополнение и создание бакалаврских и магистерских программ в области климатологии, экологии, биотехнологии, математического моделирования, экономики, юриспруденции <b>Дополнительное образование и повышение квалификации:</b> Программы повышения квалификации: «Автоматизированные системы сбора и обработки результатов дистанционного зондирования» и «Учет и контроль в области углеродного депонирования» <b>Образовательные мероприятия:</b> «Лесная школа 2022»

Источник: данные опроса ЦСР





© 2022 Фонд «Центр стратегических разработок» (ЦСР). Все права защищены.  
При использовании информации из документа ссылка на ЦСР обязательна.

Москва, 125009, Газетный пер., 3–5 стр. 1, 3 этаж  
Тел.: +7 (495) 725-78-06  
Факс: +7 (495) 725-78-14  
E-mail: [info@csr.ru](mailto:info@csr.ru)  
[csr.ru](http://csr.ru)