



**Единая система мониторинга пулов  
углерода и потоков парниковых газов в  
наземных экосистемах России**

**ВИП ГЗ «Единая национальная  
система мониторинга  
климатически активных веществ»**

# Содержание

1. Для чего нужна единая национальная система мониторинга климатически активных веществ в наземных экосистемах?
2. Баланс  $\text{CO}_2$  по типам наземных экосистем с учетом данных Национального кадастра.
3. Цель проекта
4. Задачи проекта
5. Методология проекта
6. Концептуальное отличие результатов проекта
7. Продвижение результатов проекта

# **1. Для чего нужна национальная система мониторинга динамики климатически активных веществ в наземных экосистемах?**

**Указ Президента РФ от 4 ноября 2020 г. № 666 “О сокращении выбросов парниковых газов”:**

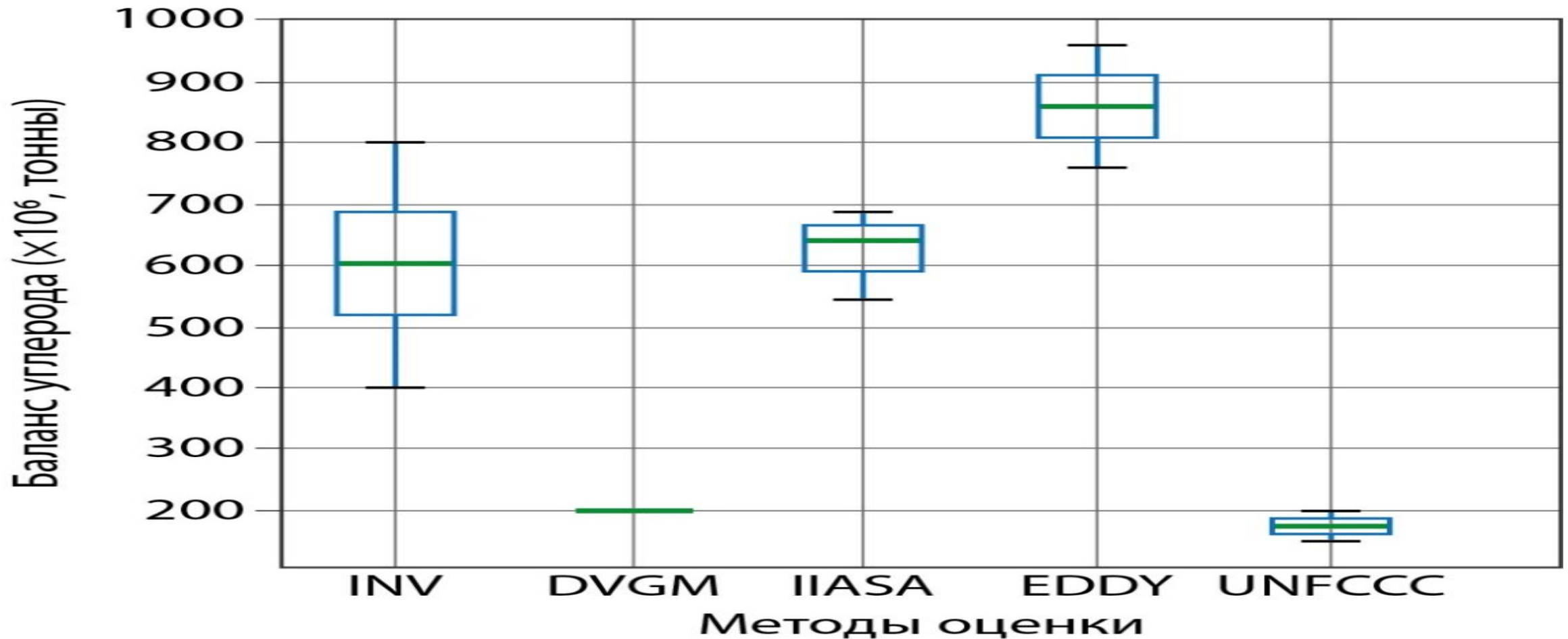
- а) обеспечить к 2030 году сокращение выбросов парниковых газов до 70% относительно уровня 1990 года с учетом **максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем** и при условии устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития Российской Федерации;
- б) разработать с учетом особенностей отраслей экономики Стратегию социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года и утвердить ее;
- в) обеспечить создание условий для реализации мер по сокращению и предотвращению выбросов парниковых газов, а также по увеличению поглощения таких газов.

**Стратегия социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (2021) :**

В рамках целевого (интенсивного) сценария предполагается рост поглощающей способности управляемых экосистем с **535** млн. тонн эквивалента углекислого газа **до 1200** в лесном хозяйстве.

**Система мониторинга динамики углерода необходима для:**

- (1) мониторинга изменения климата;
- (2) климатического моделирования;
- (3) прогнозирования развития климатически оптимизированного лесного и сельского хозяйства;
- (4) прогнозирования социально-экономического развития с низким уровнем выбросов парниковых газов.



INV – Оценки на основе ГИЛ (Filipchuk et al. 2017);

DVGM – Динамические модели растительности (Cramer et al. 1999; Dolman et al. 2012; Sitch et al. 2015)

IIASA – Оценки Международного Института прикладного системного анализа (Shvidenko, Schepaschenko 2014; Shvidenko et al. 2019)

EDDY – Оценки на основе сочетания данных ГИЛ, измерений на климатических вышках и инверсионных моделей (Dolman et al. 2012)

UNFCCC – Согласно отчетам Рамочной конвенции ООН по изменению климата

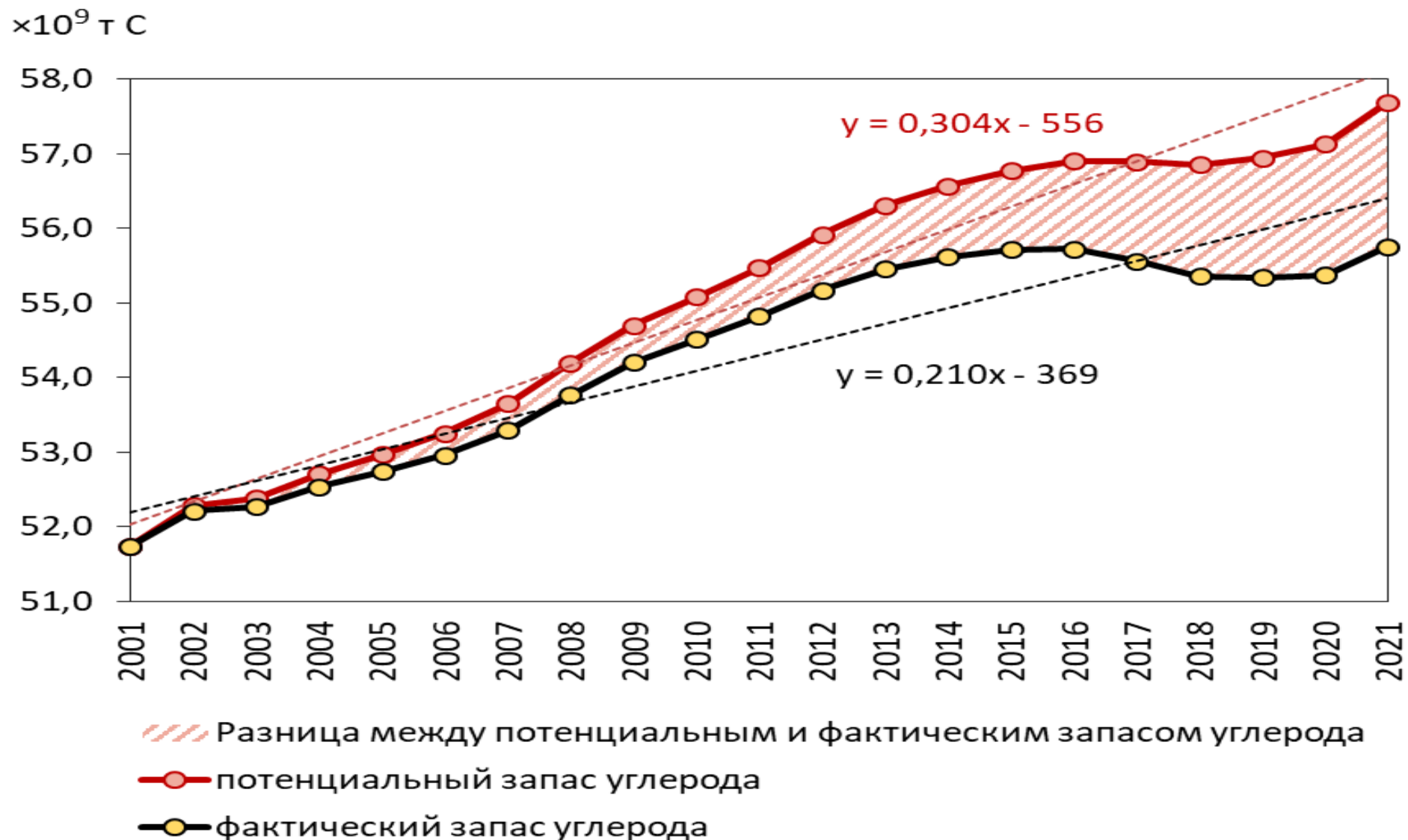
# 1.2 Причины неопределенности оценок

- Существуют неопределенности в учете земель, занятых лесом.
- Существуют неопределенности в оценке нетто-поглощения неуправляемыми лесами (резервные леса)
- Недостаточно данных для оценки вклада лесных почв.

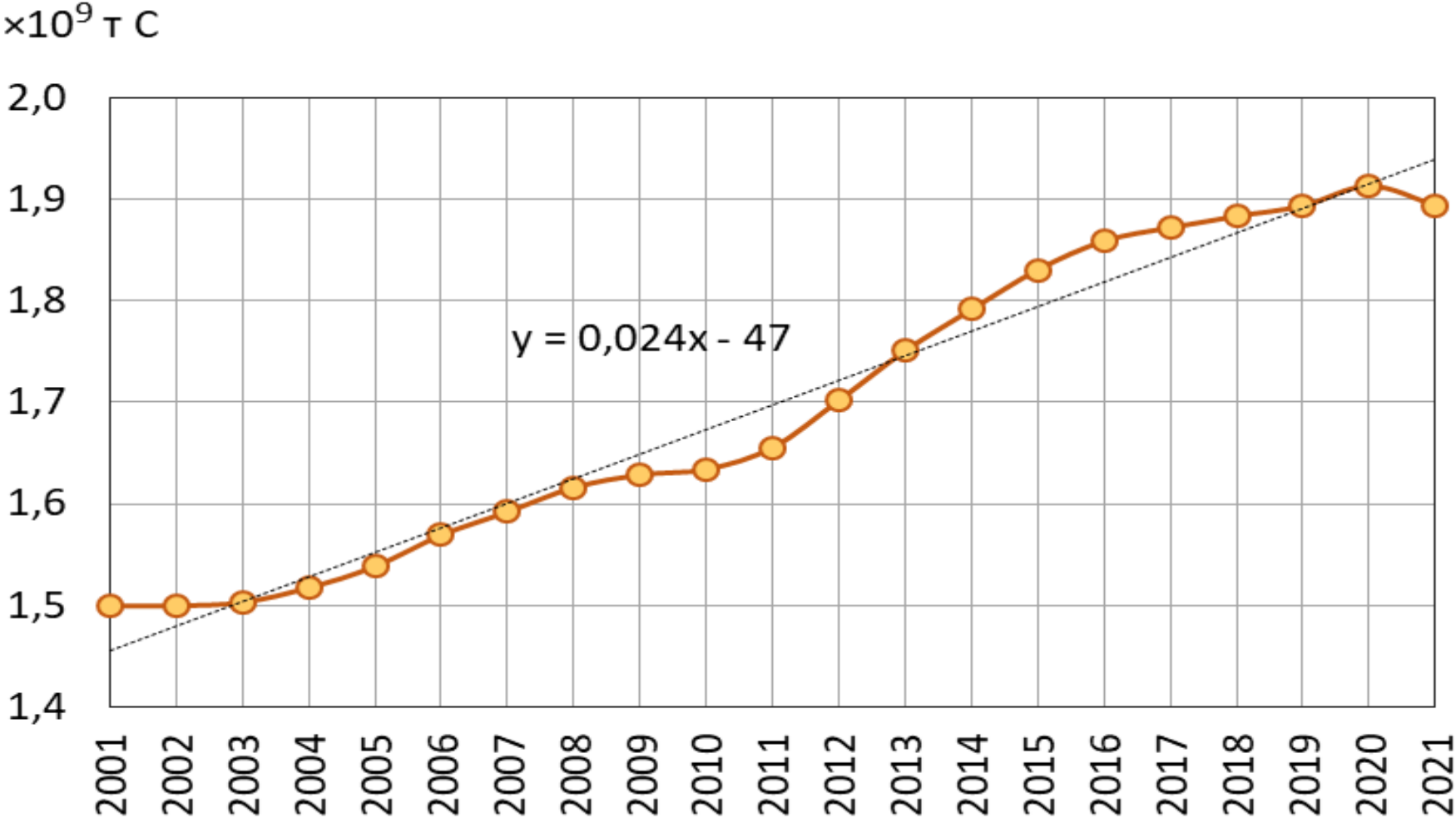
По расчетам ИГКЭ имени акад. Ю.А. Израэля, вклад почв в нетто-поглощение углекислого газа с учетом подстилки варьирует от 11 % в лесах особо охраняемых природных территорий до 15 % в эксплуатационных и защитных лесах и достигает 39 % в резервных лесах.

- Недостаточно данных для оценки вклада напочвенного покрова (мхи, лишайники, кустарнички, травы), особенно в таежных лесах, доминирующих в России.
- Нет данных для оценки поглощения парниковых газов восстанавливаемыми после деградации степными экосистемами.
- Не учитывается поглощение парниковых газов лесами на землях сельскохозяйственного назначения.
- Недостаточно данных для оценки влияния нарушений на объемы нетто-поглощения (пожары, массовые вспышки размножения насекомых, грибные и бактериальные болезни, сплошные рубки)

Пример 1. Потенциал лесов России по депонированию углерода, показавшие, что скорость прироста удельного запаса углерода лесов, не подвергавшихся воздействию деструктивных нарушений, **в 1.7 раза выше по сравнению с лесами страны в целом**. В сравнении с фактическим уровнем его поглощения позволяло бы в среднем аккумулировать ежегодно дополнительно **94 миллиона тонн углерода только в фитомассе** (оценки на основе ДЗЗ, Барталев С.А., ИКИ РАН)



Пример 2. Динамика накопления углерода **только древесной растительностью** (без учета почв) **на 30 млн га заброшенных сельскохозяйственных землях** в период 2001-2021 годов на уровне 24 миллиона тонн С в год; Удельная скорость накопления углерода древесной растительностью таких лесов (391 кг С год<sup>-1</sup>) **практически в два раза превышает величину этого показателя для всех лесов** страны в целом (данные получены на основе ДЗЗ, Барталев С.А., ИКИ РАН)



## 2. Баланс CO<sub>2</sub> по типам наземных экосистем по данным Национального кадастра\*

Территория	Площадь, млн га (% от общей площади РФ)	Баланс (факт), учитываемый в Национальном кадастре, млн т CO <sub>2</sub> экв. в год**
<b>Российская Федерация в целом</b>	<b>1710 (100%)</b>	<b>520</b>
1. Леса управляемые	657 (39%)	653
2. Леса неуправляемые: резервные	170 (10%)	-
3. Леса неуправляемые: на заброшенных сельхозземлях	30 (2%)	-
4. Редколесье	86 (5%)	-
5. Тундра	246 (14%)	-
6. Болота управляемые (осушенные, торфоразработки и др.)	19 (1%)	-4
7. Болота неуправляемые	109 (6%)	-
8. Пахотные земли	88 (5%)	-72
9. Луговые земли управляемые (пастбища и сенокосы)	108 (6%)	-42
10. Луговые земли неуправляемые	55 (3%)	-
11. Водоемы	65 (4%)	-
12. Поселения	14 (1%)	-15
13. Прочие (снега, льды, выходы горных пород, открытые грунты)	63 (4%)	-

\* «+» означает нетто-поглощение, «-» означает нетто-выбросы.

\*\* средние данные за 10 лет с 2012 по 2021 гг., приведены средние данные в связи с их высокой ежегодной волатильностью из-за пожаров.



### **3. Цель проекта**

Разработать национальную систему мониторинга запасов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах страны.

### **4. Задачи проекта:**

1. Создание единой сети мониторинга (полигонов) и единых методов оценки поглощения парниковых газов в наземных экосистемах.
2. Оценка бюджета углерода в наземных экосистемах на основе интеграции:
  - данных наземных измерений,
  - дистанционного зондирования,
  - математического моделирования.
3. Создание единой информационно-аналитической системы для сбора, хранения и анализа данных мониторинга.
4. Прогнозная оценка динамики бюджета углерода на локальном, региональном и национальном уровнях для перехода к климатически оптимизированному лесному и сельскому хозяйству и для формирования прогноза социально-экономическом развития страны с учетом сценариев низкоуглеродного развития.

## 5.0 Методология

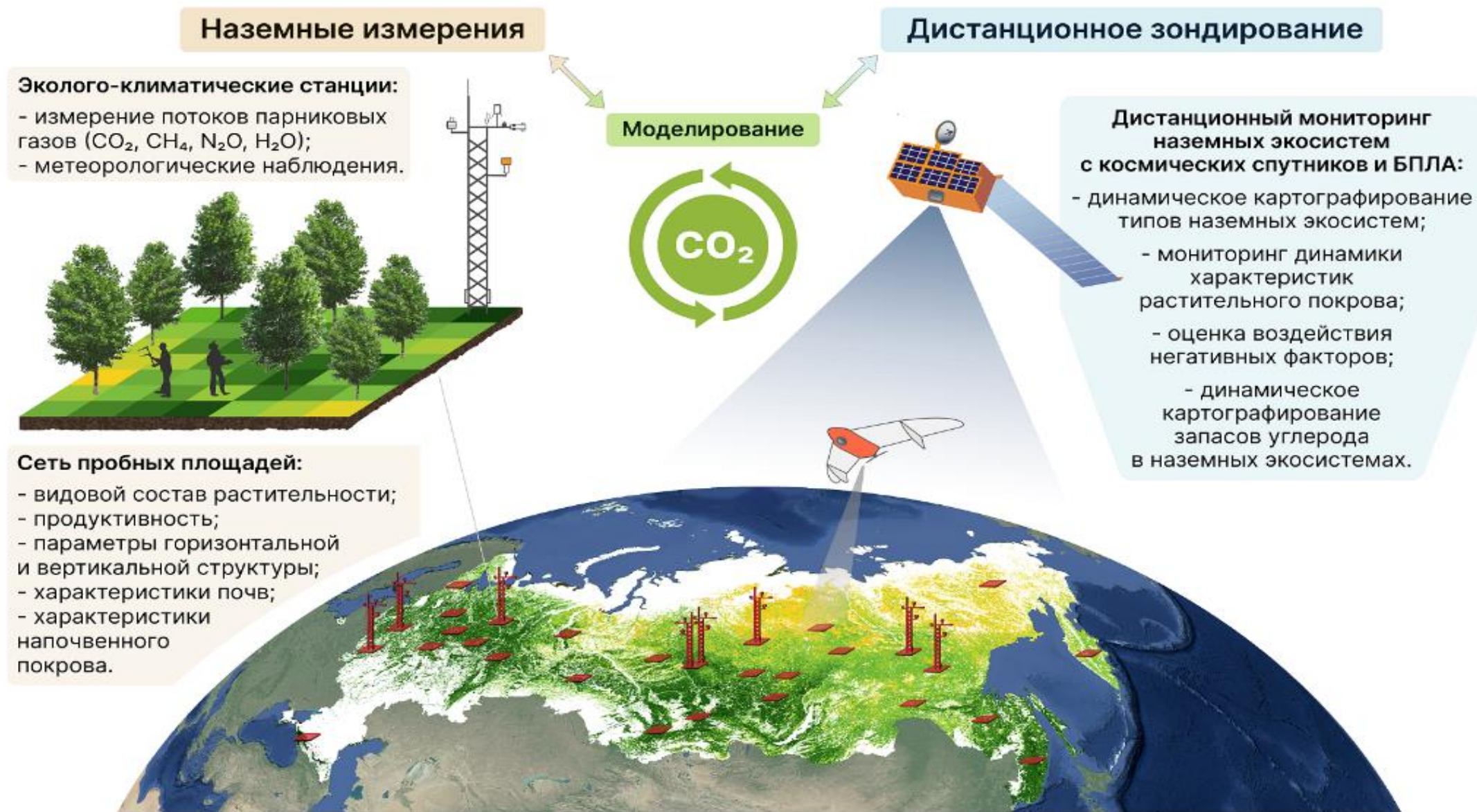
5.1 Оценка бюджета углерода в наземных экосистемах на основе интеграции данных наземных измерений, дистанционного зондирования и математического моделирования.

5.2 Создание единой сети мониторинга и единых методов оценки поглощения парниковых газов.

5.3. Создание единой информационно-аналитической системы.

5.4. Прогнозные оценки динамики бюджета углерода проводятся на разных пространственных уровнях (локальный – региональный - национальный).

## 5.1 Интеграция наземных данных, дистанционного зондирования и математического моделирования



## 5.2 Сеть мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов

- Уровень 1- сеть полигонов экстенсивного уровня
- Уровень 2- сеть полигонов интенсивного уровня

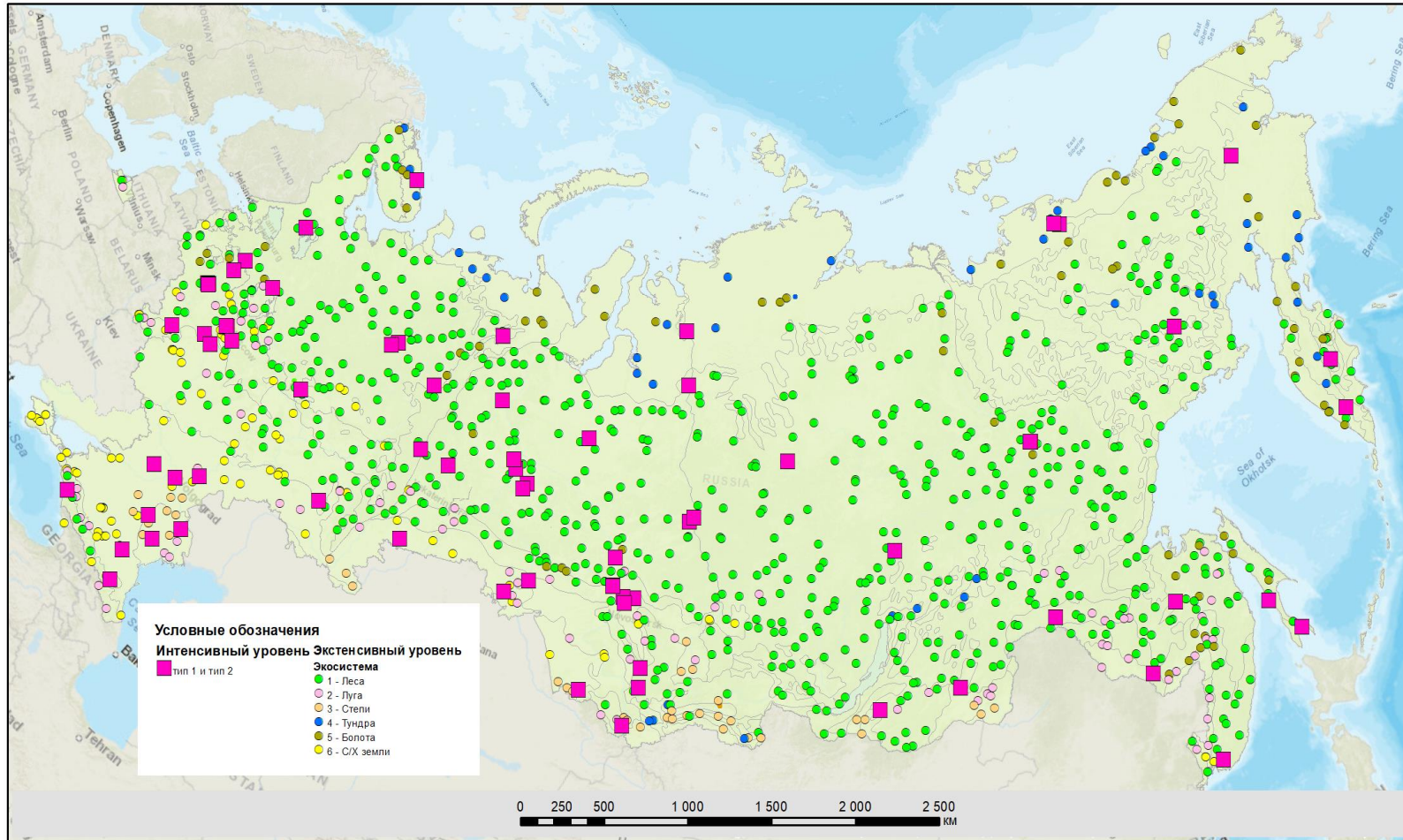
**Полигоны экстенсивного уровня** призваны обеспечить максимально полный охват всего разнообразия наземных экосистем на проектируемой сети полигонов; используются спутниковые данные высокого и среднего разрешения (30 - 230 м), наряду с другими, используются модели и коэффициенты, полученные на основе данных полигонов интенсивного уровня типа 1 и типа 2. Размеры полигонов экстенсивного уровня - 2x2 км.

**Полигоны интенсивного уровня типа 1** нацелены на оценку взаимосвязей между основными компонентами экосистем в процессах накопления углерода и возможностями геопространственного моделирования пулов углерода и связанных показателей; используются данные ДЗЗ высокого и сверхвысокого разрешения: 1- 30 м и беспилотные летательные аппараты (БПЛА, разрешение от 5 до 20 см). Размеры полигонов 2x2 км.

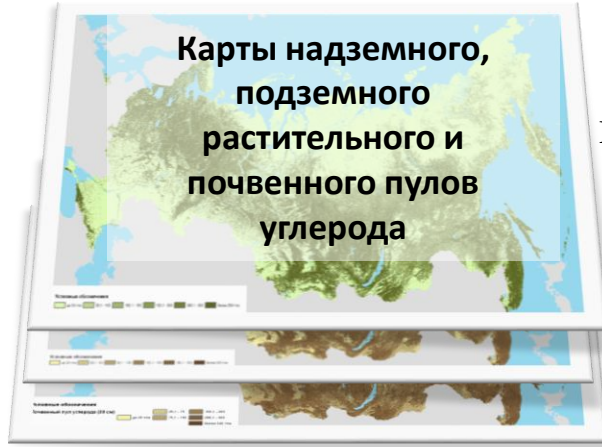
**Полигоны интенсивного уровня типа II** (эколого-климатические станции) предназначены для прямых наземных оценок баланса парниковых газов в разных типах экосистем и получения данных для развития моделей.

На всех полигонах и пробных площадях вне полигонов в разных природно-климатических условиях проводятся измерения параметров цикла углерода (пулов и потоков) по единым методикам, что имеет практическое значение для обновления коэффициентов, которые могут использоваться для Национального кадастра.

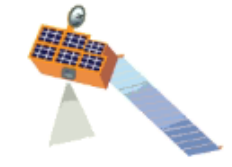
## 6. 2 Проект сети полигонов



Наименование экосистем	Количество полигонов до 2030 г.	Количество полигонов 2023 - 2024 г.г.
<b>Всего</b>	<b>1329</b>	<b>259</b>
<b>Леса</b>	1016 (из них 240 в нарушенных лесах)	250 (из них 60 в нарушенных лесах)
<b>Луга</b>	84	0
<b>Степи</b>	45	2
<b>Тундра</b>	47	1
<b>Болота</b>	87	1
<b>Сх. земли</b>	50	5

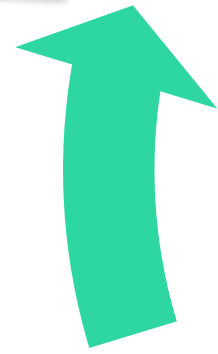
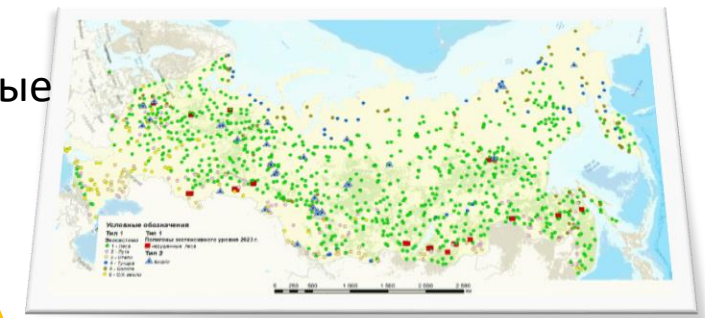


Пространственное моделирование пулов углерода по спутниковым и наземным данным на всей территории России

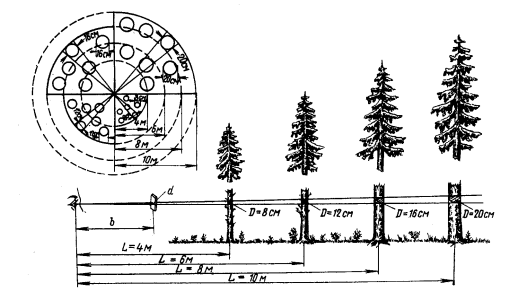


Спутниковые данные 230 м

Сеть полигонов

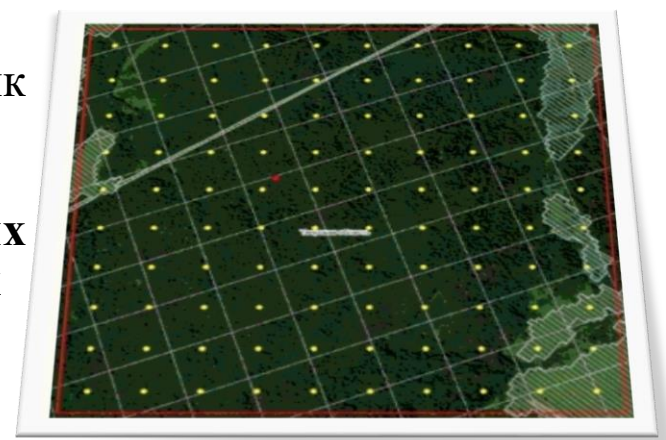


# ПОЛИГОН ЭКСТЕНСИВНОГО УРОВНЯ

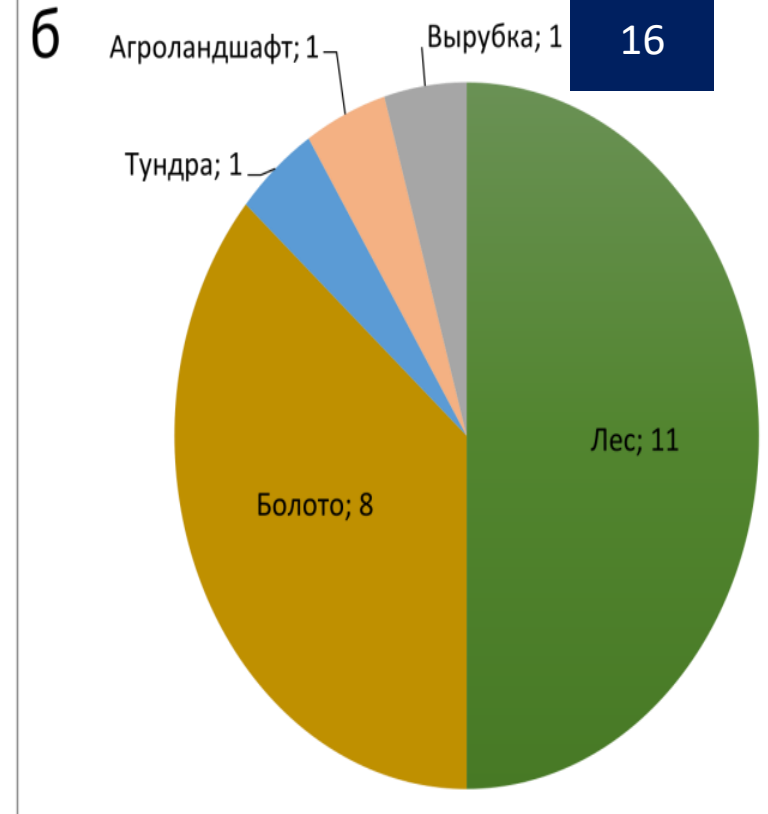
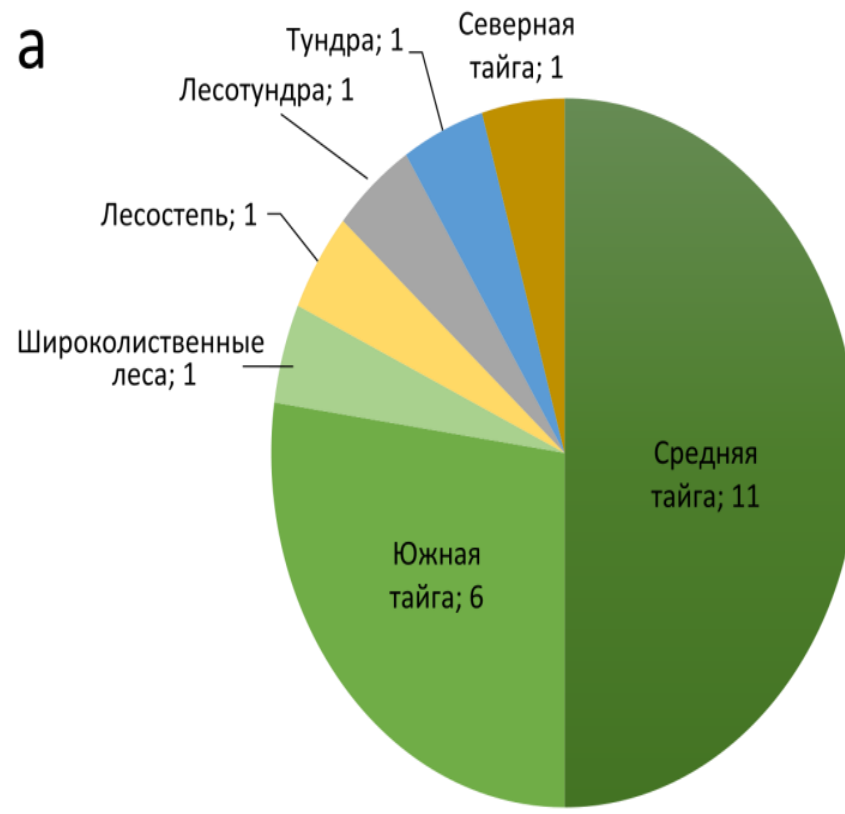


Детальная оценка характеристик растительности и почв на ПП

Оценка характеристик растительности на полигоне 100 реласкопических круговых пробных площадей (РКПП) (регулярная сеть)







**Полигоны интенсивного уровня типа 2 - станции наблюдений RuFlux размещены :**

- а) по основным биоклиматическим зонам;
- б) в разных типах экосистем



### 5.3 Информационно-аналитическая система «Углерод –Э»

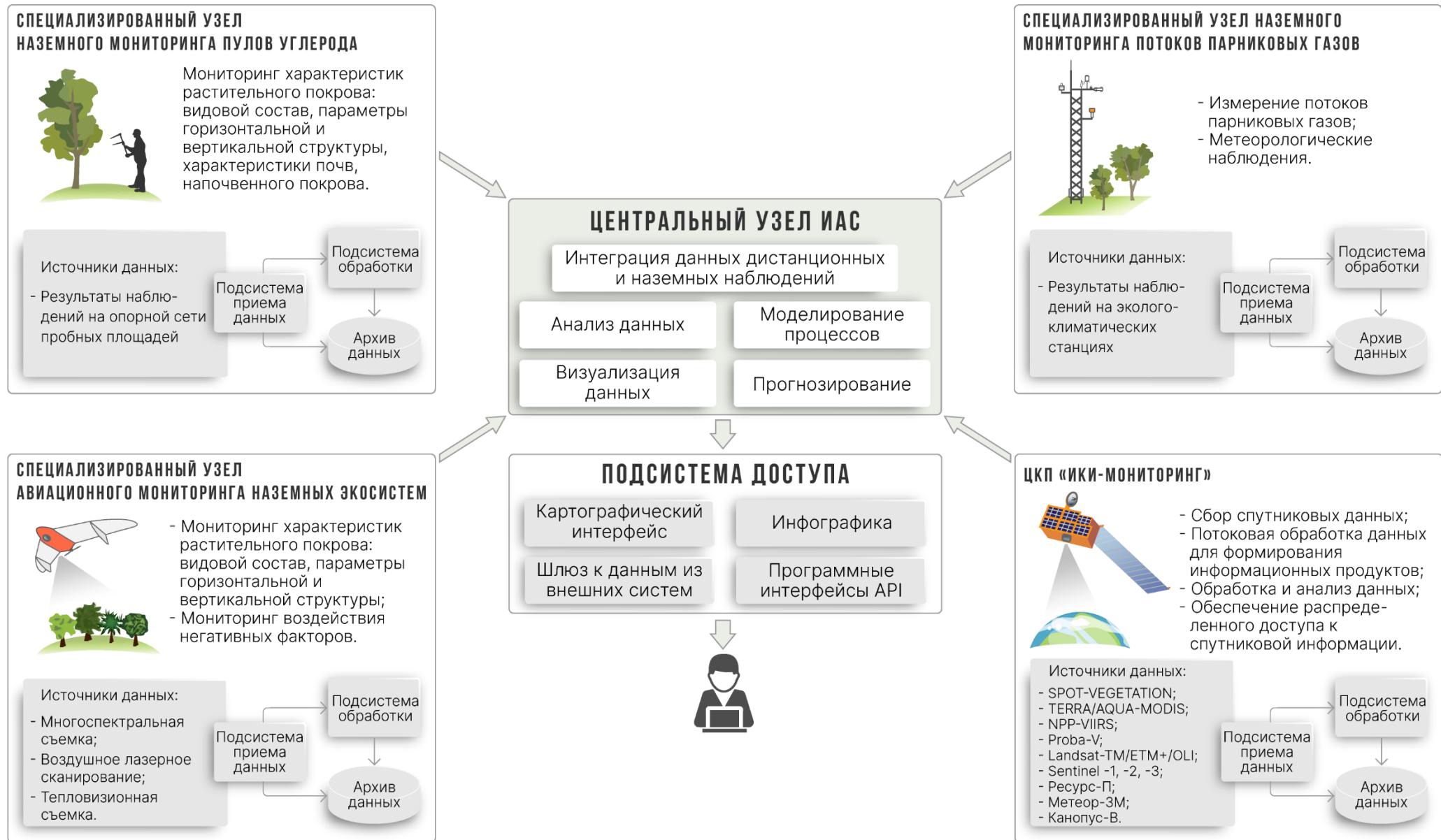
Информационно-аналитическая система (ИАС) «Углерод-Э» является одним из ключевых элементов создаваемой системы национального мониторинга углерода в наземных экосистемах Российской Федерации. ИАС «Углерод-Э» служит в качестве единой технологической платформы сбора, хранения и анализа данных непрерывного комплексного мониторинга пулов и потоков углерода в наземных экосистемах страны.

Функции ИАС «Углерод-Э» :

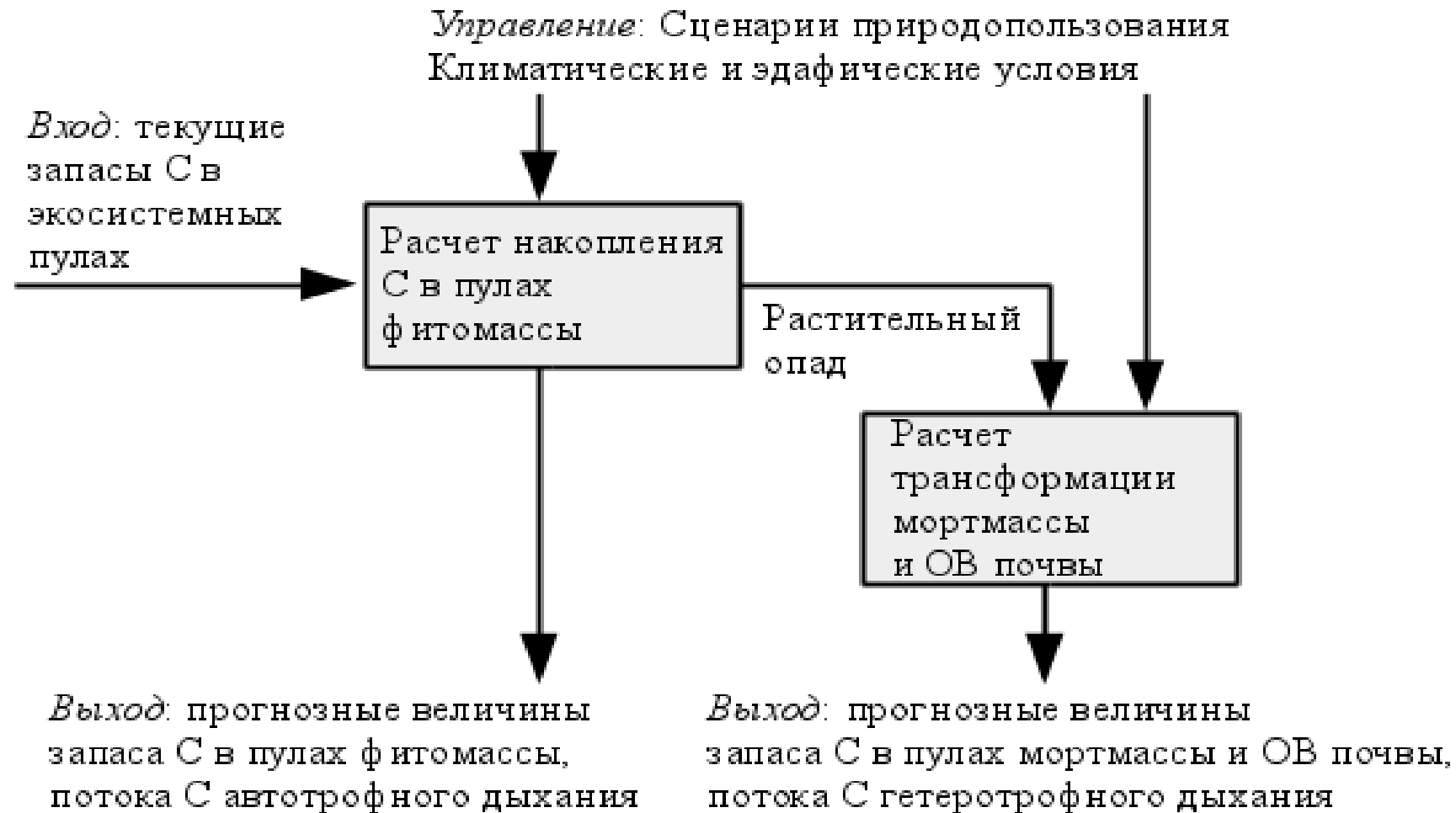
- Формирование и ведение архивов данных наземных и дистанционных наблюдений, необходимых для организации мониторинга бюджета и пулов углерода в наземных экосистемах.
- Обеспечение возможностей комплексной обработки информации, получаемой из различных источников;
- Обеспечение возможностей распределенного автоматизированного и интерактивного анализа данных;
- Автоматизированное формирование отчетных форм, необходимых для проведения мониторинга бюджета и пулов углерода в наземных экосистемах;
- Обеспечение работы распределенной информационной среды для эффективного взаимодействия участников проекта (в том числе, проведения научных мероприятий и рабочих совещаний).

Основные пользователи ИАС «Углерод-Э»: участники консорциума, ФОИВы.

# 5.4 Структура информационно-аналитической системы мониторинга углерода в наземных экосистемах



## 6.1. Обобщённая схема алгоритма прогнозных моделей пулов углерода и потоков углерод-содержащих парниковых газов



## **6.2 Пути перехода к климатически оптимизированному лесному хозяйству, учитываемые в прогнозных сценариях**

- Сохранение оставшихся малонарушенных старовозрастных лесов.
- Усиление охраны лесов от пожаров.
- Переход от сплошных рубок к выборочным.
- Восстановление более устойчивых лесов с учетом создания древостоев разнообразного состава.
- Увеличение лесного покрова на заброшенных сельскохозяйственных землях.

# 6.3 СТАРОВОЗРАСТНЫЕ ЛЕСА РОССИИ



# Площадь старовозрастных лесов и запасы углерода по формациям

Формация лесов	Общий запас С, млн т	Удельный запас С, т/га	Площадь, млн га
Сосновая	<b>600.24</b>	43.35	<b>13.85</b>
Еловая	<b>247.83</b>	49.79	<b>4.98</b>
Пихтовая	0.90	95.42	0.01
Лиственничная	<b>3752.44</b>	51.30	<b>73.15</b>
Кедровая (кедр сибирский)	10.67	56.53	0.19
Дубовая	38.91	105.91	0.37
Буковая	3.26	119.43	0.03
Березовая (береза каменная)	0.14	41.29	0.003
Березовая	16.30	45.93	0.35
Осиновая	0.23	57.89	0.004
Липовая	0.11	52.60	0.002
Кленовая	0.002	131.46	0.00002
Лиственничное редколесье	<b>2596.19</b>	37.90	<b>68.51</b>
Кедровый стланик	57.53	41.41	1.39
Лиственные кустарники	1.96	35.26	0.06

# Старовозрастные леса и почвы

- Леса мультифункциональны, они одновременно выполняют все экосистемные функции. Для эффективного выполнения функций лесов как регуляторов круговорота углерода и воды необходимо восстановление и сохранение лесного покрова. Особое значение имеют старовозрастные леса.
- Секвестрированный углерод запасается в живых тканях растений и медленно разлагающемся органическом веществе почв, включая подстилку. Согласно данным ФАО (ФАО, 2020), в мире насчитывается не менее **1.11 млрд га** так называемых первичных лесов, то есть 27% от общей площади лесов мира, которая составляет 4.06 млрд га. Более половины (61%) первичных лесов мира приходится в совокупности на три страны: Бразилию, Канаду и Россию. Дискуссия в Nature (Zhou et al., 2006. Luysaert et al., 2008; Gundersen et al., 2021). По оценкам С. Люиссарта с соавторами, леса бореальной и умеренной зон Северного полушария ( $6 \times 10^8$  га, то есть около половины первичных лесов, большая часть которых находится в России и Канаде) поглощают в среднем около 1.3 гигатонн углерода в год.
- Анализ проведенных П. Гундерсеном с соавторами данных показывает, что старовозрастные леса продолжают накапливать углерод, хотя и не с такой высокой скоростью, как показано в работе С. Люиссарта с соавторами ( $1.6 \pm 0.6$  Мг С га<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup> против  $2.4 \pm 0.8$  Мг С га<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup>).
- Сохранение запасов углерода в старовозрастных лесах, включая почвы, является одной из важнейших задач регулирования климата.

# Старовозрастные леса и почвы

- Один из основных аргументов против высоких оценок в работе С. Люиссарта с соавторами, который приводится в статье П. Гундерсена с соавторами, – это стехиометрические соотношения между углеродом (С) и азотом (N). Как известно, эти элементы тесно связаны между собой в органическом веществе, а соотношения между ними являются тканеспецифичными.
- Ссылаясь на исследование 2006 г. Ф. Дэнтенера с соавторами (Dentener et al., 2006), согласно результатам которого в большинстве регионов мира выпадения азота из атмосферы не превышают **10 кг га<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup>**, П. Гундерсен с соавторами заключают, что поддержание такого высокого уровня поглощения углерода старовозрастными лесами, установленного в работе С. Люиссарта с соавторами, невозможно, поскольку для этого необходимо около 50 кг N га<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup>.
- Однако в работе Ю. Янга с соавторами (Yang et al., 2011) на основе анализа результатов более сотни исследований показано, что леса в ходе развития обладают способностью по мере возрастания пула углерода одновременно накапливать в живой фитомассе, опаде и подстилке более 22 кг N га<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup>.



## **6.3 Пути перехода к климатически оптимизированному сельскому хозяйству, учитываемые в прогнозных сценариях**

- Развитие агролесоводства.
- Сокращение потерь почвенного углерода на пашнях.
- Сокращение потерь азота при внесении удобрений
- Сокращение потерь почвенного углерода луговых угодий.
- Защита луговых угодий от пожаров.

# Пример. Агролесоводство

В условиях современного климатического и экологического кризиса потребность в развитии агролесоводства в мире значительно возросла. Лесные полосы создаются для:

- улучшения водного режима почвы путём задержания снега и уменьшения испарения,
- для предотвращения эрозии почв и роста оврагов.
- уменьшения испарения влаги после дождей и пересыхание почвы,
- повышения устойчивости к засухе,
- создания более благоприятного для урожая микроклимата,
- поглощения парниковых газов и накопления углерода в почвах.

Научные основы агролесоводства в СССР - выдающийся ученый-почвовед В.В. Докучаев. Сталинский план преобразования природы. В 1948 году - Постановление о полезащитных насаждениях. Необходимость возникла в связи с засухой 1946 года и голодом. В. В. Докучаев предложил метод пересечения сельскохозяйственных полей ветрозащитными полосами лесонасаждений. К концу 1960-х годов проблему земель сельскохозяйственного назначения устранили. Деревья задерживали атмосферные осадки, улучшали проникновение воды в почву, уменьшая поверхностный сток, поднялся уровень грунтовых вод.

# Пример. Агролесоводство

Имеющиеся факты:

- В лесополосах потери азотных и других соединений сокращаются на 50 процентов по сравнению с открытым участком. Корни деревьев перехватывают питательные вещества, не использованные полевыми культурами, предотвращая их вымывание в грунтовые воды.
- Активнее развивается и микориза — симбиоз грибов и корневой системы растений, что значительно ускоряет рост сельскохозяйственных культур.
- Значительно возрастает численность птиц, которые регулируют численность насекомых.
- Почвы под лесными насаждениями запасают много углерода.
- Почвы под лесными насаждениями эффективно впитывают атмосферные осадки. Так, на лугу или в поле по поверхности стекает 60 процентов воды, то в лесном насаждении всего 7–8 процентов.

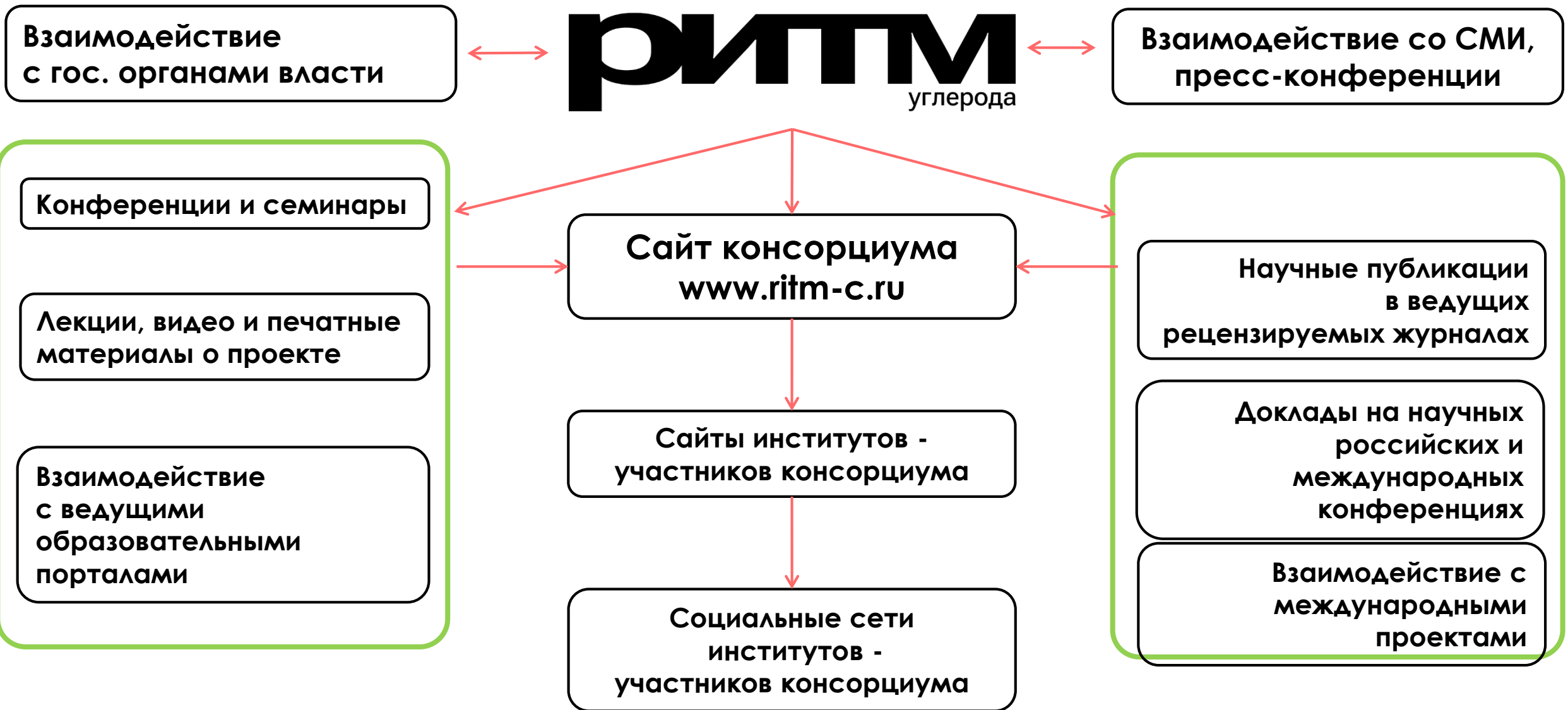
# Потенциал для развития и проблемы

- Российская Федерация имеет огромный потенциал для лесоразведения, определяемый наличием более 70 млн. га земель сельскохозяйственного назначения и земель запаса, не используемых в сельском хозяйстве и (или) выведенных из хозяйственного оборота. Научные оценки показывают, что облесение заброшенных сельскохозяйственных земель и развитие агролесоводства в перспективе позволит получать дополнительные объемы поглощения парниковых газов до 400 млн т CO<sub>2</sub>-экв. в год.
- Однако пока существуют проблемы правового регулирования. К первичным проблемам следует отнести наличие противоречий между нормативными правовыми актами, регулирующими лесные и земельные отношения, а также между компетенцией Минприроды России и Минсельхоза России. Для устранения коллизии следует внести изменения в статьи 77 и 78 Земельного кодекса РФ, а также в статью 123 Лесного кодекса РФ, предусматривающие установление возможности реализации на землях сельскохозяйственного назначения лесных климатических проектов, а также в целях обеспечения нужд сельскохозяйственного производства в лесах и лесных ресурсах (древесине).

## **6. Концептуальное отличие ожидаемых результатов проекта**

1. Впервые для национального мониторинга бюджета углерода наземных экосистем такой обширной территории, как территория нашей страны, разработан и применен интегрированный подход (ДЗЗ - наземные данные - математическое моделирование) к оценке бюджета углерода.
2. Разрабатываемые технологии способны обеспечить беспрецедентно высокую полноту (вся страна) и частоту (ежегодно) мониторинга углерода в лесах (в перспективе и в других наземных экосистемах) за счет создания единой сети мониторинга и применения автоматизированной обработки больших данных.
3. Впервые на территории России создается действующая сеть мониторинга потоков парниковых газов в наземных экосистемах основных биоклиматических зон (RuFlux).
4. Создаются уникальные базы данных с актуальными характеристиками растительности и почв, пулов углерода и потоков парниковых газов на тестовых полигонах и пробных площадях, позволяющие постоянно актуализировать коэффициенты оценки поглощающей способности в наземных экосистемах для национального кадастра с учетом разных природно-климатических и антропогенных факторов и совершенствовать модели для прогноза динамики поглощения парниковых газов наземными экосистемами на территории России.
5. Оценивается эффективность разрабатываемых путей перехода к климатически оптимизированному лесному и сельскому хозяйству

# 7.1 ПРОДВИЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ КОНСОРЦИУМА



Пример: International conference “Role and Fate of Forest Ecosystems in a Changing World” will be held in **Bangkok**, the “City of Angels”, on **15-19 January 2024**

# 7.2 Сайт проекта

www.ritm-c.ru

**ритм**  
углерода

О ПРОЕКТЕ | УЧАСТНИКИ | МЕРОПРИЯТИЯ | РЕЗУЛЬТАТЫ | НОВОСТИ | ПОИСК\_

## РОССИЙСКИЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА УГЛЕРОДА

[Подробнее](#)

**ВАЖНЕЙШИЙ  
ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ**

## НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА

**мониторинга пулов углерода и  
потоков парниковых газов на территории Российской Федерации**

НАУЧНО-ОБОСНОВАННЫЕ  
ОЦЕНКИ ПОГЛОЩЕНИЯ  
ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ  
НАЗЕМНЫМИ

ОСНОВА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ  
РЕШЕНИЙ ПО УСТОЙЧИВОМУ  
УПРАВЛЕНИЮ ЛЕСАМИ,  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ

ОСНОВА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ  
ПОЗИЦИИ РОССИИ  
НА МЕЖДУНАРОДНЫХ  
ПЕРЕГОВОРАХ ПО ВОПРОСАМ

Активация Windows  
Чтобы активировать Windows, перейдите в [ritm](#)

A photograph of a forest floor. In the center, a young spruce sapling with a thin, light-colored stem and green needles stands upright. The ground is covered with various green plants, including broad-leafed species and some dried, brown stems. To the right, a large, textured tree trunk is visible, showing signs of lichen or moss growth. The background is filled with more trees and dense foliage, creating a lush, green environment.

**Благодарю за внимание**