

Построение концепции первичной оценки секвестрационного потенциала территорий

Г. Ахмедова¹, Н. Д. Бахтина²,
А. А. Минина³, Е. Н. Жданова⁴

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

¹gyuluarahmedova@gmail.com, ²nika.bahtina@gmail.com,

³aaminina@etu.ru, ⁴enzhdanova@etu.ru

Аннотация. Работа направлена на последующее создание алгоритмов повышения достоверности оценки секвестрационного потенциала различных типов территорий для разработки геоинформационной системы административной единицы при оценке состояния карбоновых территорий, что приведет к существенному продвижению в научной проблеме разработки конкурентоспособных распределённых информационно-измерительных систем мониторинга территориальных систем. Применение подобных систем направлено на обеспечение экологической устойчивости (безопасности) окружающей среды.

Ключевые слова: карбон; углерод; секвестрационный потенциал; оценка; данные дистанционного зондирования; геоинформационные системы

I. ВВЕДЕНИЕ

На данный момент во всем мире идет процесс глобального потепления климата (повышение среднегодовой температуры поверхности Земли), которое в отличие от предыдущих изменений, связано с антропогенным воздействием на окружающую среду. Его основой причиной являются антропогенные выбросы парниковых газов. К ним относятся метан, диоксид и монооксид углерода. В последнее время наблюдается рост данного показателя из-за выбросов в атмосферу углекислого газа в результате сжигания топлива. При этом стоит отметить, что естественные внешние и внутренние влияния могут также являться причиной глобального потепления, например, солнечная активность, циклические процессы Мирового океана, но чаще всего именно из-за антропогенных факторов, таких как уменьшение растительности (лесные пожары, вырубка лесов) и увеличения количества производственных территории возникает нарушение карбонового (углеродного) баланса, приводящее к появлению карбонового следа [1].

Существует проблема того, что данный показатель нельзя точно рассчитать из-за недостатка информации о сложных взаимодействиях между влияющими факторами, что говорит о существовании погрешности измерения при оценке состояния территории. Ввиду этого в феврале 2021 года Министерство науки и высшего образования Российской Федерации запустило пилотный проект по созданию на территории регионов карбоновых полигонов для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса (карбонового следа) [2]. Именно на карбоновых полигонах изучаются и реализуются методы мониторинга эмиссии и стока углерода, а также изучается и оценивается секвестрационный потенциал на различных

типах территорий, что приводит к актуальности проведения оценки и мониторинга сельскохозяйственных земель и лесных территорий, так как углерод, накапливающийся в почве и растительности, позволяет секвестрировать большое количество углекислого газа. Это поможет точно измерить углеродный след, необходимый для анализа не только эмиссии углерода, но и общего баланса, включающего секвестрацию [3]. Однако наличие различных типов территорий большого размера, а также необходимость организации всеобъемлющей системы мониторинга парниковых газов и разработка адекватной системы оценки баланса углерода, ведет к обязательному установлению потенциала естественных фитоценозов и отдельных групп геотаксонов с целью выявления наиболее продуктивных таксонов, а также уровня адаптации таксонов с высоким секвестрационным потенциалом, не свойственных определенным территориям и климатическим условиям. Таким образом, доклад направлен на рассмотрение и проработку первичной оценки секвестрационного потенциала территорий.

Предлагается провести анализ существующих методов оценки секвестрационного потенциала и разработать подход, который приведет к повышению достоверности оценки секвестрационного потенциала территорий.

II. МЕТОД ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Секвестрационным потенциалом называется процесс поглощения углерода, который является необратимым, поэтому для снижения парниковых выбросов проводятся определенные процедуры. К таким можно отнести: эксперименты над древесными породами, контроль за изменением углеродного баланса, проверка работы оборудования для мониторинга стоков и эмиссии углерода. Параллельно на исследуемой территории проводится анализ выделения парниковых газов для разных типов растительности, оценка секвестрационного потенциала различных древесных пород, скорости их роста и других факторов, которые будут влиять на организации работы на карбоновых полигонах.

На участках, образованных лесами, высаживаются деревья, обладающие способностью быстрого роста. Такими породами являются: лиственница, сосна, ольха, тополь и черемуха, которые обеспечат большую численность растительности при максимальном секвестрационном потенциале в лесном биоме [4].

Таким образом, территория, занимаемая одним гектаром леса, способна секвестрировать около 7 тонн углерода за год.

Не стоит забывать о том, что из-за определенных факторов использования секвестрационного потенциала лесов, возможности могут быть ограниченными. Требуется сформировать точную оценку, отражающую способность растительности поглощать углекислый газ. С помощью этих данных проводится мониторинг территории и состояния лесов, которые на ней находятся, а также сбор информации о растительности и исследование способности секвестрационного потенциала к поглощению [5].

Чтобы рассчитать потенциал карбонового полигона, можно воспользоваться методикой поглощения углеродного следа [6], в которой на первом плане будет рассматриваться интенсивность роста растительности. Для получения необходимых результатов при исследовании углеродного следа, проводится работа, позволяющая увеличить поглощающую способность объекта. Стоит помнить о том, что на некоторых территориях могут располагаться сорта и породы растений, которые обладают сильной способностью поглощения углеродного газа, а значит иметь высокий секвестрационный потенциал. Кроме того, важно учитывать внешние факторы, такие как погода и климат, при изучении растительности и её роста [7].

При оценке секвестрационного потенциала растительных объектов, рассматривается время и пространство, а также необходимо помнить об информации, полученной с помощью дистанционного зондирования [8]. Иными словами, на выходе получаем двумерное метрическое изображение конкретных объектов в результате дистанционной регистрации с помощью космических и летательных средств [9].

Под дистанционным зондированием Земли (ДЗЗ) понимается наблюдение за поверхностью транспортными средствами различного назначения, которые оснащены аппаратами съёмки, имеющие рабочий диапазон длин волн от долей микрометра до метров. Этот процесс является методом получения информации об объекте или явлении без непосредственного физического контакта.

Важным преимуществом дистанционного зондирования является его применение для мониторинга лесного покрова и идентификации видов. Данные, полученные таким способом, отображают важные характеристики, такие как типы растительности, занимаемую площадь, а также их плотность [10]. Кроме того, дистанционное зондирование является источником достоверной информации, которая в дальнейшем может использоваться в геоинформационных системах (ГИС).

Для исследования состояния растительных объектов, изучаются их возможности к спектральному отражению, которые будут отличаться в зависимости от длин волн. В виду этого имеется около 160 вариантов вегетационных индексов (спектральных индексов), выбирающиеся исходя из параметров кривых спектральной отражательной способности растительности и почв. Основными являются: NDVI (normalized difference vegetation index, нормализованный относительный вегетационный индекс), VARI (visible atmospherically resistant index, видимый атмосферостойкий индекс) и SAVI (soil-adjusted vegetation index, почвенный отрегулированный вегетационный индекс).

Чаще всего используется вегетационный индекс NDVI, который отражает количественную оценку растительности. Пример схемы NDVI показан на рис. 1.

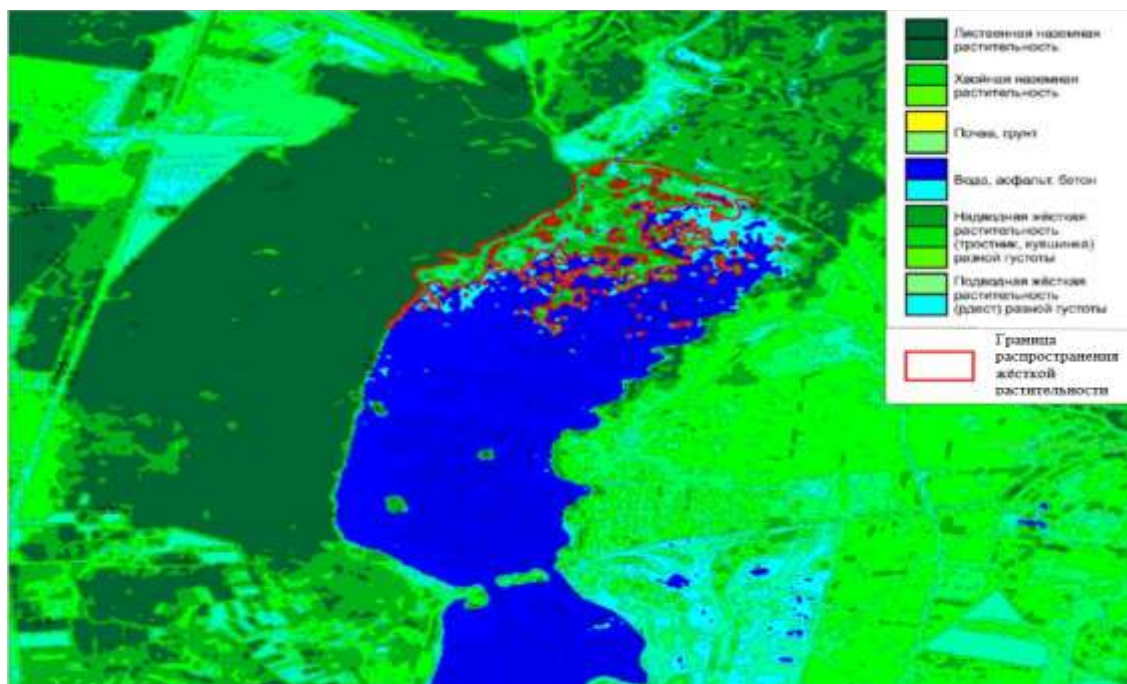


Рис. 1. Пример схемы NDVI

В зависимости от того, какое количество живого органического вещества растений, величина индекса будет иметь то или иное значение. Кроме того, на него будет оказывать влияние совокупность видов, входящих в

территориально ограниченную группировку организмов, степень использования растениями пространства и их состояние. Очень важно помнить об угле и направлении наклона поверхности, цвете почвы под разреженной

растительностью. С помощью этих характеристик, можно определить значение NDVI, которое поможет при мониторинге территорий, а также появится возможность отслеживать динамику различных параметров с периодичностью менее суток.

Вычисленное значение NDVI используется для оценки и прогнозирования урожайности и продуктивности, биологического разнообразия, степени нарушенности и ущерба от различных естественных и антропогенных бедствий, аварий и т. д. Благодаря этому вегетационному индексу выявляются проблемы, которые мешают высокой урожайности сортов, а также их решения.

При помощи статистической обработки карт NDVI помимо определения количества фитомассы можно выделить площади посева различных сельскохозяйственных культур.

В настоящее время существуют модификации NDVI, например, атмосфероустойчивый вегетационный индекс VARI. Такой коэффициент используется для устранения влияния атмосферы на значение коэффициента отражения в красной зоне, то есть используется значение отражения в синей области спектра, который определяется, как:

$$VARI = (GREEN - RED) / (GREEN + RED - BLUE), \quad (1)$$

где GREEN, RED и BLUE – значение отражения в зеленой, красной и синей области спектра соответственно.

Вегетационный индекс VARI используется для оценки доли растительности, а также ее видового состава [11]. Пример ортофотоплана и расчёта представлен на рис. 2.

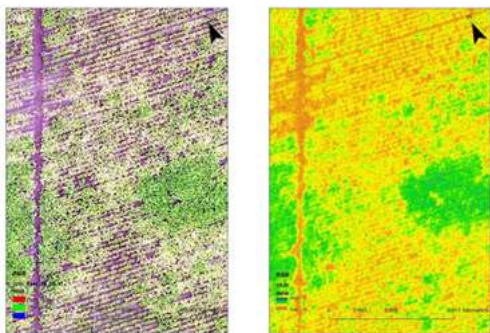


Рис. 2. Пример ортофотоплана (слева) и расчёта вегетационного индекса VARI (справа)

Так же существует почвенный скорректированный вегетационный индекс SAVI (устойчивый к влиянию почвы). Он имеет схожесть с NDVI, но его важным преимуществом является способность подавлять влияние пикселей почвы. Чтобы вычислить его значение, следует воспользоваться коэффициентом коррективы подстилающей поверхности, L, который является функцией плотности растительности. Но для этого параметра важно иметь априорную информацию по количеству растительности. Коэффициент коррективы подстилающей поверхности определяется, как:

$$SAVI = 1.5 * (NIR - RED) / (NIR + RED + 0.5) \quad (2)$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра; RED – отражение в красной области спектра.

В большинстве случаев коэффициенту присваивают значение 0,5, так как должны быть учтены изменения фона почвы первого порядка. Этот вегетационный индекс

обычно используется в районах с разреженной вегетативной массой, где почва видна сквозь растительный покров.

Все рассмотренные индексы используются как дополнительный слой для проведения более детального анализа, по результатам которого могут быть сформированы карты ландшафта, карты распространения выбросов различных газов и другие.

Очевидно, что материалы дистанционного зондирования представлены в цифровой форме и требуют обработку больших данных и их автоматизацию (классификацию) Именно для этих целей предлагается использовать геоинформационные системы (ГИС).

III. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Для решения многокритериальной задачи стоит вопрос о систематизации данных и деления ее на различные категории. Поэтому формирование базы геоданных позволяет решить поставленную задачу. При применении методики РОБУЛ (региональная оценка бюджета углерода лесов), основанная на разнице изменения запасов древесины в последовательных группах возраста древостоев, стоит необходимость в делении территории по классам, например, на тип территории и возраст растительности. Так как леса, имеющие старые деревья, являются весомым стоком углекислого газа, но остаются незащищенными международными соглашениями из-за существующих мнений о том, что старовозрастные леса прекращают накапливать углерод.

Оценка территорий заключается в том, что группы деревьев, которые находятся на ней, делятся по запасам углерода в зависимости от возраста (старые, молодые и средние) или от типа породы (хвойные или лиственные). Разрабатывается алгоритм для повышения достоверности оценки секвестрационного потенциала, в котором проводится расчёт объёма углекислого газа в растительных покровах и мёртвой древесине с помощью конверсионных коэффициентов. Также учитываются площади территорий, на которых были вырублены деревья и погибли зелёные насаждения [12].

Ввиду того, что при делении территории на геотаксоны необходимо классифицировать большой объем данных, произвести описание, присвоить весовые коэффициенты с возможностью проанализировать территорию по определенному признаку целесообразно применять геоинформационные системы. ГИС позволяют проводить пространственный анализ (определять местоположение объекта), визуально отображать картографическую информацию, создавать и редактировать данные, таблицу атрибутов, а также моделировать пространственные отношения между классами пространственных объектов.

Весовые коэффициенты выбраны в зависимости от характеристик пород древесины, заселённости растительностью, а также от способности выделять углекислый газ на том или ином периоде жизни дерева в диапазоне от 0,1 до 1,0, где самое маленькое значение отражает худшую возможность, а большое – лучшую. Можно представить информацию в табличном виде, с помощью таблицы атрибутов ГИС, пример которой представлен на рис. 3.

FID	Shape *	Тип породы	Коэф 1	Возраст	Коэф 2	Засел	Коэф 3	Итог
0	Полигон	Хвойная порода древесины	0.7	Старые	0.1	Высокая	0.85	0.57
1	Полигон	Лиственная порода древесин	0.4	Молодые	0.9	Средняя	0.5	0.65
2	Полигон	Лиственная порода древесин	0.4	Средние	0.5	Низкая	0.2	0.47
3	Полигон	Хвойная порода древесины	0.7	Старые	0.1	Средняя	0.5	0.52
4	Полигон	Лиственная порода древесин	0.4	Молодые	0.9	Высокая	0.85	0.7

Рис. 3. Пример таблицы атрибутов ГИС

Информация, отображаемая в таблице на рис. 3, включает в себя следующие поля:

- FID – уникальный идентификатор слоя.
- Shape – определяет тип геометрии объекта (например, полигон, точка, линия и т. д.).
- Тип породы – показывает к какой породе относится деревья на рассматриваемой территории (существует два варианта: хвойная и лиственная).
- Коэф_1 – указывает на весовой коэффициент при делении по типу породы.
- Возраст – отражает в какую категорию относительно возраста попадают деревья, расположенные на территории (есть три варианта: старые, средние и молодые).
- Коэф_2 – отображает весовой коэффициент при делении относительно возраста деревьев.
- Засел – плотность заселённости растительностью на определенном участке территории.
- Коэф_3 – определяет весовой коэффициент при делении по заселённости.
- Итог – комплексная оценка, демонстрирующая влияния трёх признаков, зависящих от растительности: тип породы, возраст и заселённость, а также учитывающая температуру окружающей среды. Вычисляется по формуле:

$$I = K_1 * Z_1 + K_2 * Z_2 + K_3 * Z_3 + P \quad (3)$$

где K_1 , K_2 и K_3 – весовые коэффициенты по типу пород, возрасту и заселённости;

где Z_1 , Z_2 и Z_3 – коэффициенты, которые отражают значимость выбираемого параметра, равны в данном случае 0,5; 0,35 и 0,15 соответственно;

где P – коэффициент, учитывающий температуру окружающей среды, который варьируется в диапазоне от 0,01 до 0,1. При низких показателях выделение углекислого газа происходит хуже, следовательно, присваиваемое значение будет меньше, при высоких – больше. В данном случае коэффициент равен 0,06.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы был проведён анализ существующих методов оценки секвестрационного потенциала. Самым распространённым и удобным в использовании оказался метод дистанционного зондирования земли, для которого характерен большой объём данных. Решением этой проблемы стало использование ГИС, в которых можно автоматически классифицировать территорию по конкретному признаку.

Были рассмотрены вегетационные индексы, такие как: NDVI, SAVI, VARI, а также формулы для их вычисления. В процессе изучения данных вопросов, была проведена подготовка и анализ данных для разработки алгоритма при повышении достоверности оценки секвестрационного потенциала различных типов территорий, в котором рассматривается поглощения углерода на отдельных промежутках жизненного цикла.

Такой алгоритм будет работать с большим объемом данных, поэтому первоначально требуется производить анализ принципов организации построения системы для обработки информации, ее алгоритмическое обслуживание [13], которое предшествует тестированию программного обеспечения, которое напрямую связано с ГИС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Жданова Е.Н., Минина А.А., Сулоева Е.С., Филиппов М.М. Принципы организации баз геоданных для изучения секвестрационного потенциала карбоновых территорий // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям, 2021. 290-293 с.
- [2] Aeromotus [Электронный ресурс]. URL <https://aeromotus.ru/issledovanie-karbonovyh-territorij-s-pomoshhyu-bpla/> – (дата обращения: 14.12.2021).
- [3] Семинар по экологическому мониторингу [Электронный ресурс]. URL <https://notcarbon.ru/> (дата обращения: 19.03.2022).
- [4] Научная Россия [Электронный ресурс]. URL <https://scientificrussia.ru/articles/uchenye-proektiruyut-karbonovuyu-fermu-pogloshchayushchuyu-vybrosy-uglekislogogo-gaza-v-atmosferu> – (дата обращения: 08.03.2022).
- [5] Лента новостей [Электронный ресурс]. URL <https://ac.gov.ru/news/page/dla-snizheniya-urovna-panikovykh-gazov-vazen-poglosausij-potencial-ekosistem-26930> (дата обращения: 08.03.2022).
- [6] Аналитический обзор методик учёта выбросов и поглощения лесами парниковых газов из атмосферы [Электронный ресурс]. URL http://lhi.vniilm.ru/PDF/2016/3/LHI_2016_03-04-Filipchuk.pdf (дата обращения: 27.03.2022).
- [7] Научная Россия [Электронный ресурс]. URL <https://scientificrussia.ru/articles/cgu-im-aa-kadyrova-i-vgltu-im-gf-morozova-rasscitat-potencial-karbonovogo-poligona> (дата обращения: 27.03.2022).
- [8] Карбоновый полигон на Урале [Электронный ресурс]. URL <https://urfu.ru/ru/news/35929/> (дата обращения: 08.03.2022).
- [9] Сутырина Е.Н. Дистанционное зондирование Земли, 2013.
- [10] Дистанционное зондирование Земли [Электронный ресурс]. URL https://ru.wikipedia.org/wiki/Дистанционное_зондирование_Земли (дата обращения: 27.03.2022).
- [11] Мониторинг состояния растительности с помощью данных дистанционного зондирования Земли [Электронный ресурс]. URL <https://ru.sensefarming.com/monitoring-zemli-dzz> (дата обращения: 28.03.2022).
- [12] Системы оценки и прогноза запасов углерода в лесных экосистемах [Электронный ресурс]. URL https://wwf.ru/upload/iblock/fb8/04-_17_.pdf (дата обращения: 24.03.2022).
- [13] Lomachenko A.A., Romantsova N.V., Tsareva A.V. Telecommunication subsystem algorithmic maintenance of a distributed measurement system // Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2018. 2018. С. 916-91.