УДК 630 (470.41)

[1]А.Т. Сабиров, [1]Р.Р. Шагидуллин, [2]Р.А.Ульданова

[1]Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, tasat@list.ru
[2]Детский эколого-биологический центр, г. Нижнекамск

ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЯ АККУМУЛЯЦИИ УГЛЕРОДА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Представлена программа исследования аккумуляции атмосферного углерода в лесных экосистемах Республики Татарстан. Описаны направления, методы и этапы проведения научных изысканий при проведении работ по оценке депонирования углерода компонентами лесных биогеоценозов, создании лесных карбоновых стационаров. Выделены составляющие научной продукции при изучении поглощения лесами парниковых газов. Разработаны рекомендации по ведению лесного хозяйства и природопользованию, направленные на повышение углерододепонирующей функции лесных экосистем региона.

Ключевые слова: лесные экосистемы; почва; лесная подстилка; аккумуляция углерода; программа и методы исследования; рекомендации производству.

DOI: https://doi.org/10.24852/2411-7374.2023.4.04.11

Введение

Лесные экосистемы обладают высоким потенциалом по связыванию органического вещества и сокращению выбросов парниковых газов. При определении аккумуляции углерода лесными экосистемами выделяют резервуары (пулы) углерода по компонентам: биомасса, мертвая древесина, лесная подстилка, органическое вещество почвы (Методические …, 2017). Исследуют лесную подстилку, органическое вещество почв, корневую фитомассу, в надземной фитомассе – древостой, подрост, подлесок, травяной покров, мертвую древесину (отпад сухостой, валеж). В условиях климатических изменений и повышения концентрации парниковых газов в атмосфере оценка углеродного эффекта (депонирования углерода) рассматривается в аспекте устойчивого управления лесами.

Лесные экосистемы одновременно выполняют ресурсные (древесные и недревесные), водоохранные, водорегулирующие, почвозащитные, рекреационные функции, защищают склоны от эрозии и оползней, способствуют созданию благоприятного водного режима, являются местом обитания множества видов растений и животных, сохраняют почвенные разновидности и плодородный слой почвы, устойчивость ландшафтов. Устойчивость лесов во многом определяется их продуктивностью и биологическим разнообразием растений.

Леса Республики Татарстан представлены лиственными и хвойными фитоценозами различного состава и возраста, функционируют в различных почвенно-экологических условиях. В физико-географическом отношении Татарстан расположен в лесной и лесостепной зонах, что подразумевает необходимость разработки различных технологий воспроизводства лесов. Информация о лесоводственно-таксационных показателях лесных насаждений, определенные инструментальными методами, является основой для решения производственных задач.

Цель исследований – разработка алгоритма оценки аккумуляции углерода компонентами существующих и проектируемых эксплуатационных, защитных лесов, особо охраняемых природных территорий, выделения лесных экосистем с высокими значениями депонирования углерода, управление их углерододепонирующей функцией с учётом почвенных условий местности.

Направления исследований

Программа научных работ по оценке депонирования углерода существующими и проектируемыми лесами, созданию карбоновых стационаров в лесах Республики Татарстан включает следующие направления.

1. Актуализация цифровой лесной карты, периодическое обновление данных по лесоустроительным материалам лесничеств.

2. Формирование базы данных лесоводственно-таксационных показателей насаждений по природным районам и лесничествам с использованием геоинформационных систем.

3. Разработка структуры эталонных лесов региона по природным районам, элементам ре-

льефа, условиям увлажнения, с богатым флористическим составом, отвечающим углеорододепонирующим, хозяйственным, водоохранным и почвозащитным целям, организация карбоновых стационаров. Создание технологий воспроизводства и формирования лесных насаждений с учётом типа лесорастительных условий, создание моделей продуктивных лесов основных лесообразующих пород.

Благодаря лесным карбоновым стационарам в лесной и лесостепной зонах становится возможным учет углерода, депонированного лесными формациями. Это позволяет установить поправочные территориальные коэффициенты для расчетов углеродного баланса в экосистемах. На карбоновых стационарах проводятся мониторинговые наблюдения за аккумуляцией атмосферного углерода в компонентах лесных биогеоценозов в современных условиях изменения климата. Изучается углеродный баланс в основных типах лесных экосистем Республики Татарстан, способность различных видов древесных и кустарниковых растений по связыванию углерода при различном возрастном цикле, за определенные интервалы времени (10, 20, ... 50 лет). Биогеоценологические изыскания по природным районам позволяют определить достоверные показатели эмиссии и поглощения парниковых газов в пространственном аспекте. На основе периодических исследований в конкретных биогеоценозах выявляются коррелятивные связи наземных и аэрокосмических данных расчета углеродного баланса территорий.

4. Оценка пространственно-временной изменчивости эмиссии и поглощения парниковых газов лесными насаждениями на основе цифровизации динамических, сукцессионных процессов.

5. Создание интерактивной карты антропогенно-нарушенных, эродированных лесных земель с оценкой состояния почв и растительности.

6. Цифровое почвенное картирование лесных территорий с систематизацией и созданием базы данных свойств почв.

7. Разработка научных основ сохранения биологического разнообразия и повышения продуктивности, углерододепонирующей роли эксплуатационных и защитных лесных насаждений по природным районам.

Объекты и методы исследования

Объекты исследования – лесные экосистемы лесного фонда Республики Татарстан, защитные лесные насаждения, водоохранные леса и зеленые насаждения населенных пунктов в разрезе физико-географических районов республики: Предкамья, Восточного и Западного Закамья, Предволжья. Рассматриваются лесные биогеоценозы естественного и искусственного происхождения, характеризующиеся однородностью лесорастительных условий и одинаковым составом основных компонентов фитоценоза. Исследуются еловые, пихтовые, сосновые, лиственничные, дубовые, березовые, осиновые, липовые, кленовые, биогеоценозы с высокими значениями депонированного углерода.

В рамках разработки мероприятий по уменьшению эмиссии и повышения поглощения парниковых газов лесными экосистемами в РФ проводятся биогеоценологические исследования растительности и почв лесных экосистем с использованием данных наземного обследования территорий, космических снимков, геоинформационных систем и методов математического моделирования. Изучаются природные явления и результаты техногенной деятельности человека, оказывающие воздействие на формирование растительности и почв, углеродный баланс и устойчивость лесных экосистем.

В нижних ярусах фитоценоза изучают подрост и подлесок путем закладки учётных площадок размером 10 м^2. Подрост подразделяют на группы высот (мелкий – до 0.5 м, средний – 0.6–1.5 м, крупный – более 1.5 м) и категории состояния (благонадежный, сомнительный, неблагонадежный, сухой). Видовой состав сосудистых растений с оценкой обилия, степень покрытия поверхности почвы описывают по шкале Друде и количественно устанавливают видовое богатство и видовую насыщенность растений.

Описание рельефа местности, обследование почвенного покрова в полевых условиях, лабораторные анализы образцов почв и подстилок проводятся по общепринятым методикам. Закладывают полные почвенные разрезы, запасы подстилок определяют методом шаблонов с учетом парцеллярной структуры древостоев (Карпачевский, 1977) и разеделением на типы (муль, модер или мор). Исследуют морфологические, физические, физико-химические и биохимические свойства почв. При обработке экпериментальных данных используют методы математической статистики, корреляционный анализ между почвенными показателями и продуктивностью древостоев.

Этапы исследования

Подготовительный этап. Систематизируются литературные, картографические, лесоустроительные материалы по состоянию растительного и почвенного покрова эксплуатационных и защитных лесов; изучаются современные тенденции

Таблица. Эталонные лесные экосистемы Республики Татарстан
Table. Reference forest ecosystems of the Republic of Tatarstan

Лесные экосистемы Forest ecosystems	Состав/возраст (лет) древостоя Composition/ age (years) of the forest stand	$H_{ср}$, м / $H_{ср}$, m M, м³/га/ M, m³/ha *	Тип подстилки Floor type	Почва Soil	Мощность почвы, см** Soil thickness, cm*
Хвойные					
Ельник липово-пролесниковый	10Е+Лп 65	23.8 302.6	Муль-модер	Серая лесная среднесуглинистая	15 8
Ельник липово-пролесниковый	10Е 66	25.5 277.6	Модер	Серая лесная среднесуглинистая	14 7
Ельник липово-пролесниковый	6Е4П+С 58	24.1 315.4	Муль-модер	Темно-серая лесная среднесуглинистая	27 9
Ельник липово-разнотравный	4Е1П3Б2Лп 70	24.2 450.0	Модер	Серая лесная среднесуглинистая	9 11
Ельник липово-снытьевый	8Е2Лп+Б 49	24.5 450.6	Муль-модер	Светло-серая лесная среднесуглинистая	7 13
Пихтарник липово-снытьевый	10П+Е 68	23.3 349.8	Муль-модер	Серая лесная среднесуглинистая	9 18
Сосняк липово-разнотравный	10С 47	19.0 328.8	Модер	Темно-серая лесная среднесуглинистая	37 20
Сосняк липово-разнотравный	10С 53	25.2 296.1	Модер	Темно-серая лесная среднесуглинистая	15 14
Сосняк липово-разнотравный	10С+Е 55	25.8 327.0	Модер	Бурая лесная связно-песчаная	14 25
Сосняк рябиново-разнотравный	10С 60	24.3 398.1	Модер	Коричнево-бурая лесная тяжелосуглинистая	18 14
Сосняк кленово-разнотравный	10С+Б 80	25.6 440.2	Модер	Коричнево-бурая лесная тяжелосуглинистая	19 16
Сосняк рябиново-разнотравный	10С +Б 55	22.8 359.9	Модер	Серая лесная тяжелосуглинистая	22 11
Лиственничник рябиново-чистотеловый	10Л 48	21.5 240.9	Муль-модер	Коричнево-бурая лесная тяжелосуглинистая	17 16
Лиственничник рябиново-разнотравный	7Л3С 53	22.7 407.0	Муль-модер	Коричнево-бурая лесная среднесуглинистая	14 13
Лиственничник рябиново-разнотравный	9Л1С 54	23.0 426.5	Муль-модер	Коричнево-бурая лесная среднесуглинистая	20 15
Лиственные					
Дубняк кленово-разнотравный	7Д3Лп+Ос,В 85	23.6 303.8	Муль	Светло-серая лесная среднесуглинистая	13 12
Дубняк лещиново-разнотравный	6Д4Лп+Ос 76	24.5 328.5	Муль	Рендзина типичная тяжелосуглинистая	31 24
Дубняк кленово-разнотравный	8Д2Лп+Кл 61	21.5 265.6	Муль	Рендзина выщелоченная тяжелосуглинистая	24 14
Дубняк кленово-снытьевый	8Д2В 65	18.2 318.5	Муль	Коричнево-бурая лесная тяжелосуглинистая	23 15
Липняк кленово-разнотравный	10Лп+Д 80	26.1 376.0	Муль	Серая лесная тяжелосуглинистая	16 13
Липняк кленово-разнотравный	10Лп+Д 90	27.3 428.1	Муль	Светло-серая лесная среднесуглинистая	11 12
Липняк кленово-разнотравный	8Лп2Д+Кл 55	19.7 211.6	Муль	Рендзина типичная тяжелосуглинистая	33 18
Липняк лещиново-снытьевый	7Лп3Кл 64	24.4 304.3	Муль	Серая лесная среднесуглинистая	17 10
Березняк кленово-разнотравный	10Б 45	21.1 275.3	Муль	Коричнево-темно-бурая лесная тяжелосуглинистая	31 16
Березняк кленово-разнотравный	10Б+В 60	24.8 328.5	Муль-модер	Коричнево-темно-бурая лесная тяжелосуглинистая	26 19
Березняк кленово-злаковый	10Б 44	20.1 189.2	Муль	Рендзина типичная тяжелосуглинистая	32 33
Березняк разнотравный	10Б 45	20.7 228.3	Муль	Коричнево-бурая лесная тяжелосуглинистая	25 21
Березняк липово-разнотравный	10Б 40	26.2 464.7	Муль	Чернозём выщелоченный среднесуглинистый	39 11
Кленовник разнотравный	9Кл1Лп+Д 46	16.5 142.1	Муль-модер	Темно-серая лесная тяжелосуглинистая	21 18

* Нср – средняя высота преобладающей породы; М – общий запас сырорастущего древостоя; ** – для горизонтов А1 и АВ (А1А2, АС)
* Нср – average height of dominant breed; M – total stock of damp-growing forest stand; ** – for horizons A1 and AB (A1A2, AC)

создания лесных культур, лесомелиоративных, водоохранных лесов, аэрокосмические снимки, структура естественных и искусственных лесов по лесоустроительным материалам, технологии проведения лесокультурных работ, рубок ухода в лесных насаждениях; оцениваются площади и завершенность системы защитных и водоохранных лесов, общая лесистость, облесенность пашни, прибрежных территорий рек и озер по космическим снимкам.

Полевой этап. Проводятся лесоводственные, таксационные, геоботанические исследования в эксплуатационных, защитных, водоохранных лесах Волги, Камы и малых рек, включая особо охраняемые природные территории; устанавливаются объемы мертвой древесины по типам леса и группам возраста; определяется структура, типология, лесоводственно-таксационные показатели, санитарное состояние, зараженность болезнями и энтомовредителями лесных насаждений, оценивается биологическое разнообразие; выделяются эталонные лесные биогеоценозы для закладки пробных площадей (табл.); выполняется картографирование почв, определяется тип лесорастительных условий, степень развития эрозионных, оползневых процессов, выделяются участки для лесовосстановления, лесоразведения, проведения почвозащитных мелиоративных работ.

Камеральный этап. Вычисляются таксационные показатели, фитомасса сырорастущего древостоя и мертвой древесины; оценивается биологическое разнообразие экосистем, их зараженность болезнями и вредителями, санитарное состояние лесов, выполнение ими целевого назначения; определяются запасы углерода в компонентах фитоценоза и почвах; разрабатываются цифровые почвенные карты по лесничествам; разрабатываются модели продуктивности лесных земель.

Рекомендации лесному хозяйству и природопользованию

При комплексном изучении лесных экосистем научной продукцией являются:

1. Рекомендации по повышению биологического разнообразия, устойчивости и продуктивности лесных насаждений государственного лесного фонда. С целью оптимизации состояния природных ландшафтов, повышения пула углерода в лесных биогеоценозах перспективно увеличение лесистости до 25% от общей площади земель (при существующем 17.5%). Сохранение разнообразия и увеличение площади водоохранных лесных насаждений по берегам рек, защитных лесов на эрозионных землях позволит повысить лесистость ландшафтов региона.

2. Рекомендации по увеличению площади защитных лесов на эродированных землях до оптимального значения показателя облесённости пашни (5-7%), прибрежных территориях, снижению эрозионных, оползневых процессов, увеличению разнообразия и устойчивости лесомелиоративных насаждений. Функционирование системы защитных лесов на эрозионно-опасных участках обеспечит экологический каркас в природных ландшафтах, повысит поглощение парниковых газов лесными биогеоценозами.

Исследования состояния водоохранных зон рек наземными и дистанционными методами свидетельствуют о незавершенности региональной системы защитных лесов. В лесомелиоративных мероприятиях нуждается от 25 до 62% прибрежных территорий Волги и Камы, от 14 до 25% прибрежной территории р. Свияга, более 35-45% береговых зон малых рек Республики Татарстан.

3. Региональные конверсионные коэффициенты (т С $м^{-3}$) для расчета запаса углерода в мертвой древесине по объемному запасу древесины лесного насаждения; средние значения запаса углерода подстилки (т С га-1) по типам леса и группам возраста преобладающих древесных пород; средние послойные (0-20, 0-30, 0-50, 0-100 см) запасы углерода в основных типах почв (т С $га^{-1}$); средние значения запасов углерода в почвах (т С $га^{-1}$) для не покрытых лесом земель по природным районам; средние величины запасов углерода в различных пулах защитных лесных насаждений по видам и группам возраста. Корректировка системы расчетов и оценки объемов поглощения и эмиссии парниковых газов лесными экосистемами региона.

4. Показатели оценки депонирования углерода существующими и проектируемыми лесами водораздельных территорий по природным районам и лесничествам, с дифференциацией по породному составу и возрастной структуре, ежегодной абсорбции углерода лесными насаждениями. Запас углерода (т С/га) вычисляется для лесных насаждений по породам и возрастным группам: молодняки I и II класса возраста, средневозрастные, приспевающие, спелые и перестойные. Устанавливаются показатели накопления органического углерода в основных типах лесных биогеоценозов, в пулах лесных экосистем.

5. Количественная оценка объемов поглощения парниковых газов существующими и проектируемыми защитными лесами на эродированных землях по природным районам и видам (склоновые, приовражные, прибалочные, овражно-балочные, полезащитные, придорожные, водоохранные).

6. Количественная оценка секвестрационного потенциала существующими и проектируемыми

водоохранными лесами в береговой зоне рек Волги, Камы и малых рек в пределах Республики Татарстан, объемов поглощения парниковых газов зелеными насаждениями населенных пунктов.

7. Количественная оценка депонирования углерода лесными экосистемами в нефтедобывающих районах Закамья. Производство добычи нефти сопровождается деградацией компонентов природных систем, потерей лесных фитоценозов и плодородного слоя почв с гумусовыми веществами, ростом эмиссии парниковых газов. Разработка современных технологий воспроизводства углерододепонирующих лесов на территориях нефтедобычи, биологическая рекультивации деградированных, не покрытых лесом земель (начальная стадия лесоразведения) позволяет восстановить плодородие почв, аккумулировать атмосферный углерод.

8. Показатели аккумуляции углерода в основных типах лесных почв, биогеогоризонте A_0 лесов по возрастным группам преобладающих пород, землями не покрытых лесом (проектируемых участков) региона.

Сравнительная оценка запасов углерода подстилки (т С га-1) лесных насаждений преобладающих древесных пород зоны южной тайги и более южных климатических зон в пределах Среднего Поволжья показывает, что различия средних значений запасов углерода подстилки лесных экосистем между лабораторными данными и справочными показателями (Методические …, 2017) достигает до 25-29%, а в сосновых и еловых биогеоценозах могут достигать 100% и более. Запасы углерода в почвах определяются с учетом площадей, занимаемых лесными насаждениями основных лесообразующих пород по группам возраста (Методические …, 2017). При этом не учитывается характер структуры почвенного покрова лесов конкретного лесничества, что приводит к значительным потерям в оценках запасов почвенного углерода. Для достоверной оценки углеродного потенциала необходимо использовать данные почвенного картирования, по границам выделов, с учётом сопряженности почв и лесной растительности.

9. Цифровая почвенная карта лесов Республики Татарстан, базы данных разновидностей и показателей почв, лесорастительная и кадастровая оценка лесных земель. Оценка плодородия лесных почв как основы сохранения биологического разнообразия и воспроизводства продуктивных лесов (Газизуллин, Сабиров, 1997, Ульданова, Сабиров, 2020).

10. Система мониторинга изменения суммарного объема поглощения парниковых газов и накопления углерода лесами, формирование интерактивных карт по углеродному эффекту в результате выполнения проектов по лесовосстановлению и лесоразведению с применением ГИС-технологий. Корректировка системы расчетов и оценки объемов поглощения и эмиссии парниковых газов лесными биогеоценозами региона, определяется углеродный баланс лесов (Замолодчиков, 2011, Замолодчиков, Коровин, Гитарский, 2007; Курбанов, 2002).

Разрабатываются практические рекомендации лесному хозяйству по повышению углерододепонирующей функции лесных экосистем региона.

1. С целью обеспечения лесокультурного производства качественными семенами проводится инвентаризация лесосеменной базы основных лесообразующих пород Республики Татарстан: плюсовых насаждений, лесосеменных плантаций, постоянных лесосеменных участков.

2. Для сохранения биологического разнообразия растений и почв, повышения ресурсного потенциала существующих лесов водораздельных территорий, защитных лесов в водоохранных зонах рек и озер следует своевременно и качественно выполнить лесоводственные работы с современными машинами и технологиями по уходу. Последовательная замена перестойных насаждений молодым поколением, развитие жизнеспособного подроста и подлеска повышает защитные свойства фитоценозов. Прибрежные растительные сообщества малых рек часто представлены зарослями клена ясенелистного, ивы, которые, целесообразно, с учетом условий местопроизрастания, заменить насаждениями основных лесообразующих пород региона (Ульданова, Сабиров, 2016).

Возрастающая техногенная и рекреационная нагрузки оказывают негативное влияние на растительные и земельные ресурсы. Вследствие вытаптывания, механического повреждения происходит деградация почвенного и растительного покровов, уничтожение плодородного слоя, снижение биологического разнообразия. Повышение лесистости региона и пула углерода в лесных биогеоценозах перспективно путем увеличения площади водоохранных лесных насаждений по берегам рек, водорегулирующих фитоценозов на склоновых землях.

Защитные функции лесных насаждений во многом определяются их продуктивностью. На правобережье р. Волга высокой продуктивностью обладают лесные культуры сосны и лиственницы (древостои Iа-I класса бонитета), липовые и березовые фитоценозы (I-II класс бонитета), изредка встречаются березняки Iа класса. Относительно меньшая производительность присуща дубня-

кам и кленовникам: доминируют древостои II и III классов бонитета. Экстремальные погодные условия, возрастающая антропогенная нагрузка на лесные экосистемы часто отражаются на снижении производительности древостоев. В лесных культурах дуба черешчатого и березы повислой количество здоровых деревьев местами снизилось до 52–64%. Испытывают угнетение еловые и сосновые фитоценозы Предкамья. Своевременно проведенные рубки ухода, лесозащитные мероприятия улучшают санитарное состояние древостоев. Создание лесных культур на основе достижений селекции и биотехнологий, применения интродуцентов с учетом условий местопроизрастния способствует формированию здоровых лесных сообществ.

3. Формирование высокопроизводительных лесных насаждений при выращивании в благоприятных условиях, эффективном использовании почвенного плодородия. Ведение лесного хозяйства осуществляется на почвенно-типологической основе, с оптимизацией породного состава насаждений региона в зависимости от лесорастительных условий их произрастания. Устанавливается схема почвенно-типологических групп на основании анализа почвенно-грунтовых условий, состава индикаторной растительности, особенностей рельефа и характера почвообразующих пород. По результатам обследования составляется карта почвенно-типологических групп масштаба 1:25000, где для каждой группы определена целевая порода.

С лесоводственных позиций необходимо: в Предволжье – восстановление коренных широколиственных лесов с участием дуба черешчатого, липы мелколистной, клена остролистного; в Предкамье – формирование хвойных формаций из ели европейской, пихты сибирской, сосны обыкновенной, лиственницы сибирской; в Закамье, с низкой лесистостью прибрежных территорий (местами до 12–15%), следует выращивать смешанные лесные насаждения из хвойных и лиственных пород. Успешное проведение лесовосстановительных работ, защита лесных культур от вредителей и болезней обеспечивается использованием в производстве новой техники и технологий, химических средств. В лесничествах следует развивать питомники с широким ассортиментом древесных и кустарниковых пород, на основе лесосеменного районирования растений. Современные технологии создания лесных культур, формирования устойчивых фитоценозов на основе результатов опытно-производственных объектов и с учётом почвенных факторов местности, реконструкции имеющихся лесов увеличивают депонирование органических соединений.

5. Создание проектов и технологий формирования устойчивых защитных лесов (лесоразведение) на эродированных, склоновых землях, овражно-балочных системах, по берегам малых рек, увеличение площади защитных лесов. Перспективна оптимизация защитного лесоразведения крупномерными саженцами, воспроизводство устойчивых лесомелиоративных насаждений на нарушенных почвах. Создаются лесомелиоративные насаждения путем посадки деревьев хвойных и лиственных пород, посева желудей дуба черешчатого (Родин, Родин, Рысин, 2002; Сабиров и др., 2009).

6. Разработка проектов мелиоративных работ по защите почвенного покрова от эрозии, снижению эродированности земель для формирования благоприятной гидрологической ситуации на водосборной территории рек. Высокой потенциальной эрозионной опасностью, определяемой площадью земель с крутизной склонов >3°, характеризуются до 71–92% прибрежной территории р. Волги, до 15-22% – р. Свияга.

Повышение лесистости региона и пула углерода в лесных биогеоценозах перспективно путем увеличения площади водоохранных лесных насаждений по берегам рек Волги, Камы и малых рек в пределах Республики Татарстан. Разрабатываются проекты и технологии формирования продуктивных водоохранных лесов с высокими значениями депонирования углерода в береговой зоне рек (на покрытых и непокрытых лесом территориях) с учётом почвенных условий местности. Воспроизводство водоохранных лесов с древостоями высокого класса бонитета, развитым кустарниковым ярусом повысит поглощение парниковых газов прибрежными экосистемами, позволит рационально использовать эродированные земли.

8. Стабильное функционирование водоохранных лесов сохраняет плодородие почв и уникальные почвенные разновидности, способствует рациональному использованию плодородия почв. Почвы с различным комплексом лесорастительных свойств в лесной и лесостепной зонах являются основой воспроизводства производительных лесов, сохранения разнообразия растительных сообществ и животного мира. Лесная подстилка и насыщенные гумусовыми веществами почвы становятся пулом аккумуляции углерода прибрежных территорий.

9. Схемы проведения лесопосадочных работ на эродированных землях по зонам деятельности лесничеств и природным районам для повышения поглощения парниковых газов лес-

ными, лесоомелиоративными насаждениями для формирования благоприятной экологической ситуации.

Список литературы

1. Верхунов П.М., Черных В.Л. Таксация леса. Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2007. 396 с.

2. Газизуллин А.Х. Сабиров А.Т. Буроземообразование и псевдооподзоливание в почвах лесов Среднего Поволжья и Предуралья. Йошкар–Ола: МарГТУ, 1997. 204 с.

3. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2022 году. Казань, 2023. 396 с.

4. Замолодчиков Д.Г. Системы оценки и прогноза запасов углерода в лесных экосистемах // Устойчивое лесопользование 2011. №4. С. 15–22.

5. Замолодчиков Д.Г., Коровин Г.Н., Гитарский М.Л. Бюджет углерода управляемых лесов Российской Федерации // Лесоведение. 2007. №6. С. 23–34.

6. Карпачевский Л.О. Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. М.: Изд-во МГУ, 1977. 312 с.

7. Курбанов Э.А. Бюджет углерода сосновых экосистем Волго–Вятского района. Йошкар–Ола: МарГТУ, 2002. 298 с.

8. Методические указания по количественному определению объема поглощения парниквых газов. Утв. распоряжением Минприроды России от 30.06.2017 №20-р.

9. Родин А.Р., Родин С.А., Рысин С.Л. Лесомелиорация ландшафтов. М.: МГУЛ, 2002. 126 с.

10. Сабиров, А.Т., Галиуллин И.Р., Хузиев Р.Ф., Глушко, С.Г. Рекомендации по созданию защитных лесных насаждений в агроландшафтах Предкамья Республики Татарстан. Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2009. 38 с.

11. Ульданова Р.А., Сабиров А.Т. Почвенно–экологические условия произрастания лесной растительности правобережья реки Волги // Российский журнал прикладной экологии. 2020. №4. С. 26–35. doi: 10.24411/2411-7374-2020-10031.

12. Ульданова Р.А., Сабиров А.Т. Роль прибрежных лесных экосистем Предволжья в сохранении разнообразия растений и почв // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т. 18, №2. С. 520–524.

References

1. Verhunov P.M., Chernyh V.L. Taksaciya lesa [Forest taxation]. Joshkar-Ola: Marijskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2007. 396 p.

2. Gazizullin A.H. Sabirov A.T. Burozemoobrazovanie i psevdoopodzolivanie v pochvah lesov Srednego Povolzh'ya i Predural'ya [Brown soil formation and pseudopodzolization in forest soils of the Middle Volga and Cis-Ural regions]. Joshkar–Ola: MarGTU, 1997. 204 p.

3. Gosudarstvennyj doklad o sostoyanii prirodnyh resursov i ob ohrane okruzhayushchej sredy Respubliki Tatarstan v 2022 godu [State report on the state of natural resources and environmental protection of the Republic of Tatarstan in 2022]. Kazan', 2023. 396 p.

4. Zamolodchikov D.G. Sistemy ocenki i prognoza zapasov ugleroda v lesnyh ekosistemah [Systems for assessing and forecasting carbon stocks in forest ecosystems] // Ustojchivoe lesopol'zovanie [Sustainable forest management]. 2011. No 4. P. 15–22.

5. Zamolodchikov D.G., Korovin G.N., Gitarskij M.L. Byudzhet ugleroda upravlyaemyh lesov Rossijskoj Federacii [Variety of soil cover in forest biogeocenosis] // Lesovedenie [Forestry]. 2007. No 6. P. 23–34.

6. Karpachevskij L.O. Pestrota pochvennogo pokrova v lesnom biogeocenoze [Variety of soil cover in forest biogeocenosis]. Moscow: Moscow state university, 1977. 312 p.

7. Kurbanov E.A. Byudzhet ugleroda sosnovyh ekosistem Volgo–Vyatskogo rajonaost [Carbon budget of pine ecosystems in the Volga-Vyatka region]. Joshkar–Ola, 2002. 300 p.

8. Metodicheskie ukazaniya po kolichestvennomu opredeleniyu ob"ema pogloshcheniya parnikvyh gazov [Guidelines for quantifying the volume of greenhouse gas absorption]. Order of the Russian Ministry of Natural Resources dated 30.06.2017 №20-r.

9. Rodin A.R., Rodin S.A., Rysin S.L. Lesomelioraciya landshaftov [Forest reclamation of landscapes]. Moscow, 2002. 126 p.

10. Sabirov, A.T., Galiullin I.R., Huziev R.F., Glushko, S.G. Rekomendacii po sozdaniyu zashchitnyh lesnyh nasazhdenij v agrolandshaftah Predkam'ya Respubliki Tatarstan [Recommendations for the creation of protective forest plantations in agricultural landscapes of the Predkamie region of the Republic of Tatarstan]. Kazan': Kazan GAU, 2009. 38 p.

11. Ul'danova R.A., Sabirov A.T. Pochvenno–ekologicheskie usloviya proizrastaniya lesnoj rastitel'nosti pravoberezh'ya reki Volgi [Soil and ecological conditions for the growth of forest vegetation on the right bank of the Volga River] // Rossijskij zhurnal prikladnoj ekologii [Russian journal of applied ecology]. 2020. No 4. P. 26–35. doi: 10.24411/2411-7374-2020-10031.

12. Ul'danova R.A., Sabirov A.T. Rol' pribrezhnyh lesnyh ekosistem Predvolzh'ya v sohranenii raznoobraziya rastenij i pochv [The role of coastal forest ecosystems of the Volga region in preserving the diversity of plants and soils] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2016. Vol. 18, No 2. P. 520–524.

Sabirov A.T., Shagidullin R.R., Uldanova R.A. **Carbon accumulation research program in forest ecosystems**.

The program for studying the accumulation of atmospheric carbon in forest ecosystems of the Republic of Tatarstan is presented. The directions, methods and stages of scientific research when carrying out work to assess carbon sequestration by components of forest biogeocenoses and the creation of forest carbon stations were described. The components of scientific production when studying the absorption of greenhouse gases by forests were identified. Recommendations for forestry and environmental management have been developed, aimed to increasing the carbon sequestration function of forest ecosystems in the region.

Keywords: forest ecosystems; soil; forest floor; carbon accumulation; research program and methods; recommendations for production.

Раскрытие информации о конфликте интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / Disclosure of conflict of interest information: The author claims no conflict of interest

Информация о статье / Information about the article
Поступила в редакцию / Entered the editorial office: 15.09.2023
Одобрено рецензентами / Approved by reviewers: 02.10.2023
Принята к публикации / Accepted for publication: 25.10.2023

Сведения об авторах
Сабиров Айрат Тагирзянович, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 420087, Россия, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: tasat@list.ru.
Шагидуллин Рифгат Роальдович, доктор химических наук, директор, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 420087, Россия, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: Shagidullin_@mail.ru.
Ульданова Раиля Анасовна, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора, Детский эколого-биологический центр Нижнекамского муниципального района Республики Татарстан, 423570, Россия, г. Нижнекамск, пр. Шинников, 59, E-mail: railya.uldanova@mail.ru.

Information about the autors
Airat T. Sabirov, D.Sc. in Biology, Senior Researcher, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daurskaya st., Kazan, 420087, Russia, E-mail: tasat@list.ru.
Rifgat R. Shagidullin, D.Sci. in Chemistry, Director, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daurskaya st., Kazan, 420087, Russia, E-mail: Shagidullin_@mail.ru.
Railya A. Uldanova, Ph.D. in Agriculture, Deputy Director, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 56, Shinnikov av., Nizhnekamsk, 423570, Russia, E-mail: railya.uldanova@mail.ru.

CC BY NC