

**К.Касен^{*1}, Ж.Н.Ниязбекова¹, Г.А.Ахметканова¹, Чжан Фэнся²,
А.Е.Нурлаби¹, А.А.Конабаева¹**

¹Казахский национальный аграрный исследовательский университет, город Алматы, Казахстан, kasen.kuanysheva@gmail.com*, zhannur.niyazbekova@gmail.com, gulnar.akhmetkanova@kaznaru.edu.kz, nurlabi-ainur@mail.ru, araiika-05.10@mail.ru

²ТОО Шандунг Янсинь Рунфэнг Аграрные Технологии, Шандунг. Китай, zfx2145999@126.com

ВЛИЯНИЕ НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ *ZANTHOXYLUM BUNGEANUM*

Аннотация

Zanthoxylum bungeanum Maxim, известный как "Хуадзю", — это растение, родом из Китая, ценящееся за свой ароматный вкус и лечебные свойства. Одним из главных факторов, ограничивающих его рост, является дефицит питательных веществ, и удобрение является основным способом решения этой проблемы. Однако эффекты от удобрения могут варьироваться в зависимости от таких факторов, как концентрация удобрений, время с момента применения и общие условия питания почвы. В этом исследовании был проанализирован эффект различных почвенных удобрений — азота (N), фосфора (P), калия (K), кальция (Ca) и специального комплексного удобрения для перца (HZ) — на морфологические параметры *Z. Bungeanum* в период с мая по август 2024 года. Результаты показали, что высота и диаметр растений значительно улучшились при использовании удобрений, при этом низкие концентрации удобрений оказали наиболее положительное влияние на ростовые параметры. Эти результаты подчеркивают важность оптимизации применения удобрений для улучшения роста и развития *Z. bungeanum*. Исследование создает основу для дальнейших работ, направленных на улучшение управления лесами и максимизацию потенциала этого ценного вида.

Ключевые слова: *Zanthoxylum bungeanum*, удобрение, нехватка питательных веществ, морфологические параметры, обработки удобрениями, защита леса.

МРНТИ 68.47.75

DOI <https://doi.org/10.37884/1-2025/36>

М.К. Кулишгашова, А.Д. Утебекова, Ж.Б.Адилбаева*

Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан, moldir060691@gmail.com, arunia190482@mail.ru, Zhanera78@mail.ru*

МИРОВОЙ ОПЫТ ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Аннотация

Леса играют ключевую роль в борьбе с глобальным потеплением, ведь они являются крупнейшим наземным резервуаром углерода. В них аккумулируются более половины углерода планеты и обеспечивают около 80% его обмена между наземными экосистемами и атмосферой. Наиболее эффективный способ сохранения углерода в лесах — это уменьшение масштабов вырубки и защита лесных массивов. И в этом немаловажное значение имеет создание и сохранение лесоохранных зон. В регулировании мирового стока углерода важное место занимает грамотная лесная политика каждого государства, имеющего лесные площади. В связи с этим очень важно изучение опыта зарубежных стран по сохранению пулов углерода в лесах, учитывая специфику законодательства, методы ведения лесного хозяйства и права собственности на лесные ресурсы. В этой статье рассматривается мировой опыт депонирования углерода в лесных экосистемах, с акцентом на Европу, СНГ и Северную

Америку. Анализ опыта управления лесным хозяйством зарубежных стран позволяет выработать эффективные подходы к развитию менеджмента в лесном секторе и обеспечению сохранения лесных экосистем как ключевых резервуаров углерода.

Ключевые слова: *депонирование углерода, углеродные пулы, лесные экосистемы, изменение климата, охраняемые природные территории, национальные парки, изменение климата*

Введение

Климат Земли на протяжении её эволюции неоднократно изменялся под воздействием естественных факторов. Однако сегодня эти процессы приобрели иной характер: ученые связывают современные климатические изменения с деятельностью человека, что делает их глобальной угрозой. Накопление углекислого газа и других парниковых газов в атмосфере происходит из-за сжигания ископаемого топлива, вырубки лесов, индустриализации и других антропогенных факторов. Эти газы образуют своеобразный тепловой щит, задерживая тепло в атмосфере и приводя к перегреву планеты, что нарушает естественные климатические циклы, угрожает экосистемам, теряется баланс углеродного круговорота планеты [1]. Анализ литературных источников показывает, что к концу прошлого столетия содержание углекислого газа в атмосфере увеличивалось со скоростью $1,8 \cdot 10^3$ мкг/м³ в год. Основным источником выбросов углерода является сжигание ископаемого топлива, которое ежегодно добавляет в атмосферу около 5 млн тонн углерода [2]. Сопоставимое количество углерода высвобождается вследствие вырубки лесов и деградации почв. Эта проблема вызывает обеспокоенность мирового сообщества, которое предпринимает меры для замедления антропогенных климатических изменений [4]. В последние десятилетия осознание значимости лесов в глобальном углеродном цикле усилилось. Фотосинтетическая активность наземной биоты считается основным естественным механизмом стабилизации газового состава атмосферы. Ежегодно около 125 гигатонн (Гт) углерода циркулирует между растительностью, почвой и атмосферой, при этом лесные экосистемы участвуют в этом процессе примерно на 80% [2, 4]. Уничтожение лесов способствует глобальному потеплению и рассматривается как одна из ключевых причин усиления парникового эффекта. Снижение выбросов углекислого газа за счет предотвращения обезлесения и деградации лесов, а также увеличение поглощения углерода путем лесовосстановления и устойчивого управления лесами подчеркивает важность лесных экосистем для поддержания жизни на планете [5]. Существуют три основные стратегии по увеличению углеродного баланса в лесах [2,6,8]: 1) *увеличение накопления углерода* – создание или расширение углеродных резервуаров. Это включает меры по лесоразведению, восстановлению лесов, повышению их продуктивности и развитию агролесоводства [2]; 2) *снижение выбросов углерода из существующих углеродных запасов* – сохранение биомассы и почвенного углерода, защита старовозрастных лесов, внедрение экологически щадящих методов лесозаготовки, совершенствование деревообработки и предотвращение лесных пожаров [2,8]; 3) *замещение углерода* – сокращение использования органического топлива за счет увеличения применения древесины в производстве долговечных конструкций и изделий (замещение энергоемких материалов, таких как сталь и бетон), а также использование отходов лесозаготовки (древесных опилок) для производства биотоплива вместо углеводородов (т.е. замена углерода). Все эти стратегии не исключают одна другую [2,7]. Множество инициатив по углеродопоглощению, углеродоудержанию и депонированию углерода получили свое развитие, включая проекты, выполняемые под руководством Рамочной конвенции по изменению климата (РКИК ООН) [2]. Большую роль в сохранении углеродных пулов играют особо охраняемые природные территории (ООПТ). Всемирный конгресс по особо охраняемым природным территориям (IUCN World Parks Congress), который проводится раз в 10-11 лет, показывает нам значимую роль заповедников и национальных парков в сохранении окружающей среды [9]. Их число неуклонно увеличивается по всему миру. Необходимо отметить, за годы независимости Казахстана

площадь особо охраняемых природных территорий увеличилась за счет расширения существующих и создания новых ООПТ с 869 тыс. га до 30,9 млн. га [10].

Состояние и опыт зарубежных стран

Европа

Европейские страны активно занимаются консервацией углерода в своих лесных резервуарах. В частности, страны, входящие в Европейский Союз, реализуют несколько крупных программ, направленных на сохранение и восстановление лесов как углеродных депозитов. Одним из примеров является проект «LULUCF» (Land Use, Land-Use Change and Forestry), который охватывает изменения в использовании земель и способствует снижению выбросов углерода благодаря устойчивому лесному хозяйству.

Кратко леса Европы можно описать следующим образом [2]. Сегодня леса занимают 4,06 млрд га – то есть 31% суши, из них 25% всех лесных массивов приходятся на Европу, включая Россию. На одного жителя приходится 0,52 га леса. На большей части территории Европы для заготовки древесины доступно от 80 до 90% лесов, а в Восточной Европе – около 40%. За последние 30 лет площадь лесов в Европе увеличилась на 9%, темп увеличения площади лесов стал замедляться. Увеличение происходит в основном благодаря созданию новых лесов и естественному возобновлению лесов на землях, вышедших из сельскохозяйственного использования. Если исключить Российскую Федерацию, то в Европе только 5% лесов является естественными, а 8% относится к искусственным. Запас древесины в лесах продолжает увеличиваться [14], на протяжении 20 лет (2000-е – 2020-е годы) средний запас древесины в лесах Европы на 1 гектар достиг значения 169 м³. Темп роста запасов древесины выше, чем темп роста площади лесов, а это означает, что происходит увеличение прироста древесины на единице площади леса. Как правило, это результат интенсификации лесопользования – грамотного ухода за лесом. В некоторых европейских странах получают с одного гектара пригодного для рубок леса древесины в 17 раз больше, по сравнению с Казахстаном. Количество углерода в лесной биомассе огромно и продолжает увеличиваться. Значительная роль лесов в аккумуляции углерода подтверждается многими данными [2,6]. В среднем в европейских странах, включая Россию, леса поглощают 12-15% от всех выбросов углекислого газа, производимых в этих странах. Это важный элемент в стратегии по борьбе с изменением климата, поскольку леса действуют как естественные углеродные «депозитарии», помогая уменьшить концентрацию углекислого газа в атмосфере. Эти данные могут варьироваться в зависимости от состояния лесных экосистем, уровня вырубки, восстановления лесов и климатических условий в отдельных странах, но в целом леса остаются важным инструментом для смягчения последствий изменения климата. Большое количество углерода находится в лесной подстилке и почве, однако о биомассе этих компонентов нет достоверных данных. 98% европейских лесов находятся под охраной государства в соответствии с планами лесопользования или аналогичными им документами. Почти на всю территорию лесов Европы разработаны планы долгосрочного управления [10,14]. Экологическое право ЕС основано на ряде законопроектов, учитывающих поддержание Концепции устойчивого развития [11,14].

Охраняемые леса играют ключевую роль в поддержании углеродного баланса [2], поэтому международные и национальные экологические политики активно способствуют расширению сети охраняемых природных территорий (ООПТ). В результате, в последние годы площадь ООПТ в Европе увеличивается примерно на 0,5 млн.га ежегодно [2,14]. Наибольшее количество таких территорий сосредоточено в Германии, Швеции, Австрии, Испании, Италии, Великобритании и Швейцарии. Самые обширные площади охраняемых природных зон находятся в Германии, Норвегии, Франции, Великобритании, Испании, Швеции, Польше, Австрии, Италии и Финляндии. А среди стран с самой высокой долей ООПТ относительно общей площади особенно выделяются Дания, Норвегия, Австрия, Германия, Словакия и Великобритания [2,11,14]. Общая занимаемая площадь лесов в Финляндии около 75% территории страны, а заповедные территории в Финляндии, благодаря соответствующей государственной политике и поддержке программ по охране лесов, за последние 30 лет

увеличились почти в три раза, на март 2020 года в стране действует 19 заповедников. Система национальных парков Швеции управляется Шведским агентством по охране окружающей среды (швед. Naturvårdsverket) и по состоянию на 2020 год в Швеции насчитывается 30 национальных парков, общая площадь которых составляет 743 238 гектаров (ежегодное поглощение углерода: 50 млн тонн CO₂ (около 8% от всех выбросов страны)). [5, 6,7,14]. В Австрии для защиты ценных лесных ландшафтов, а также редких видов флоры и фауны создано более 60 заповедников, охватывающих свыше 600 тыс. га, и организовано три природных парка [2,14]. В Норвегии общая площадь участков, охраняемых согласно природоохранному законодательству, составляет 17,5% лесов [2,14]. Кроме того, рассматривая международные инициативы по предотвращению вырубki лесов в развивающихся странах как наиболее быстрый и экономически эффективный способ борьбы с глобальным потеплением, Норвегия инвестирует в сохранение лесов в этих государствах больше средств, чем любая другая страна мира [2]. В Германии наиболее распространены так называемые народные парки. Примерами их могут служить Тевтобургский Лес в северо-западной части страны, Гессенский Шпессарт и Франконский Лес – в средней, Швабско-Франконский Лес – в южной части. Первый национальный парк – Баварский Лес, открытый 7 октября 1970 года на территории современного района Фрайунг-Графенау. В настоящее время 37,4% территории Германии отнесены к охраняемым территориям, что значительно превышает показатель ЕС в 26,4%. Стратегия ЕС по сохранению биоразнообразия поставила цель достичь 30% охвата охраняемых территорий на уровне ЕС к 2030 году. С охватом 45,38% морских вод Германия превосходит показатель ЕС в 12,1% (ежегодное поглощение углерода: около 30 млн тонн CO₂ (примерно 5% от всех выбросов страны)) [2,9,13]. В соответствии с законом 1949 г. о создании национальных парков в Великобритании охраняются территории 15 национальных парков площадью свыше 1,6 млн га. Во Франции организовано 11 национальных парка и множество мелких лесных заповедников и заказников. В последние годы Франция значительно увеличила свои усилия по использованию лесов для депонирования углерода, включая восстановление пострадавших от лесных пожаров территорий и внедрение новых методов лесоводства (углеродный запас: около 2,3 млрд тонн углерода, ежегодное поглощение углерода: около 35 млн тонн CO₂ (около 6% от всех выбросов страны)). Франция активно развивает стратегию, направленную на увеличение углеродных запасов в лесах, включая восстановление экосистем и улучшение управления лесными ресурсами. Для охраны ценных лесных ландшафтов в Нидерландах существуют 21 национальных парков и 20 заповедников. В Швейцарии свыше 60% лесов страны объявлены охранными и служат для защиты от неблагоприятных климатических воздействий, лавин, оползней и эрозии. В этих лесах запрещены сплошные рубки. Следует отметить, что исторически ряд природоохранных территорий Европы расположен на пересечении границ двух и более государств. Всего трансграничных ООПТ в регионе насчитывается более 40. В частности, на границе Германии и Чехии находится Баварский Лес / Шумава, Татринский национальный парк – в Карпатах, на границе Польши и Словакии, Родопы – на границе Болгарии и Греции, Дельта Дуная – на границе Румынии и Украины, Беловежская пушта – на границе Польши и Белоруссии [2,7,9]. Ряд ООПТ находится на границе России, Беларуси и Украины. Такие природные территории требуют межгосударственных согласованных действий по осуществлению природоохранных мер. Важным фактором, способствующим стоку углерода, являются лесоразведение и лесовосстановление. В Ирландии, Дании, Бельгии, Нидерландах лесоводы предпочитают искусственный метод лесовозобновления, который дает возможность создать новые насаждения из деревьев лучшего качества. В Ирландии искусственные лесные насаждения стали создавать с 1904 г., в настоящее время их общая площадь составляет 269 тыс. га. По оценкам системы мониторинга National Forest Inventory, площадь лесов Ирландии на 2022 год составила 11,5% от территории всей страны. Правительство Ирландии планирует высаживать по 22 млн деревьев каждый год и довести их количество до 440 млн к 2040 году, это поспособствует увеличению площади лесного покрова страны и смягчить последствия изменения климата. Почти половина лесов Бельгии –

искусственного происхождения. В Голландии искусственные насаждения характеризуются относительно низкой продуктивностью, что связано с бедностью почв, на которых они произрастают. Однако принимаются меры к повышению этого показателя путем более правильного подбора лесных культур и улучшения почвенного плодородия [2,5]. По мере роста внимания мировой общественности к вопросам экологии, лесная политика европейских стран направлена на усиление правового регулирования в области охраны природы и организации рекреационного лесопользования со стороны государства [2,10]. Во всех странах Западной Европы действует законодательство в области охраны лесных территорий, причем природоохранная деятельность регулируется как внутренними законами страны, так и Европейского Союза. По степени строгости законов особо выделяются Швеция, Норвегия и Финляндия. Более мягкое законодательство в Дании, Нидерландах и ФРГ, а также во Франции, Великобритании, Италии, Бельгии, Люксембурге, Ирландии [2,10]. Во Франции, Германии, Швеции и других странах эти вопросы отражены не только в лесном, но и в природоохранном законодательствах [2,7,10]. Во Франции деятельность особо охраняемых территорий регулируется за коном об охране природы (1976 г.), законом о национальных парках (1960 г.) и дополнениями к нему [2,10]. В Швейцарии для сохранения наиболее примечательных и ценных ландшафтов 1 июля 1966 г. принят Закон «Об охране природы и культурного наследия». Здесь действует целый свод законодательных актов, регулирующих ведение лесного хозяйства, охрану природной и окружающей среды. Швейцария является одним из первых членов Climate and Clean Air Coalition (CCAC) [16]. Швейцарское федеральное управление по охране окружающей среды ежегодно проводит инвентаризацию метана. Швейцария имеет «Климатическая цель 2050 г.» по нулевым чистым выбросам. Швейцария давно взяла на себя обязательство активизировать действия по защите климата и чистому воздуху на международном уровне [16]. В Германии, кроме федерального лесного закона о защите природы (1974 г.) и об охране природы (1976 г.), действует ряд законов федеральных земель. В 2024 году Министром окружающей среды Германии Штеффи Лемке был принят Закон о ренатурализации предусматривает облесение территорий, не занятых лесом, а также возвращение болот и рек к их естественному состоянию. Данный закон является частью зеленого курса, в рамках которого ЕС поставил перед собой цель достичь углеродной нейтральности к 2050 году, оно направлено на смягчение последствий изменения климата и стихийных бедствий. В Финляндии устойчивость лесного хозяйства обеспечивается за счет национальных программ в лесной отрасли [2] и законодательных норм, действующих с 1923 года, которые запрещают уничтожение частных лесов. Если после вырубki не проведены мероприятия по восстановлению леса, лесопользование временно приостанавливается, а затраты на восстановление взыскиваются с владельца в обязательном порядке [2,10]. В то же время государство поддерживает владельцев лесов, которые обеспечивают непрерывное воспроизводство древесины, ухаживают за лесами, способствуют их биологическому разнообразию и заботятся об их здоровье, предоставляя им финансовую помощь и кредиты. В Норвегии действующее лесное законодательство было принято в 1965 году и с тех пор неоднократно обновлялось [2]. Основные его задачи — развитие лесной промышленности, восстановление и охрана лесного фонда, а также сохранение экологических функций лесов. Требования Лесного кодекса обязательны для всех владельцев лесных участков. Несмотря на принцип свободы лесовладельцев, закон предусматривает их ответственность за поддержание экологического благополучия, строительство и содержание дорог, а также управление особо ценными лесами. Осуществляется обширная программа лесовозобновления с целью расширения площади продуктивных лесов в малонаселенных районах [2, 11]. Важным аспектом является регулирование лесного хозяйства на территориях ООПТ и их использование для рекреационных целей. В других странах существует как государственная, так и частная собственность на леса, что требует законодательного закрепления типа и степени интенсивности лесохозяйственных мероприятий на охраняемых территориях. Также устанавливаются обязанности владельцев лесов по благоустройству лесных ООПТ. В случае невыполнения земельными пользователями требований законодательства, к ним применяются

соответствующие меры воздействия. Охрана лесов на частных территориях, а также присвоение частным лесным угодьям статуса природных парков или заповедников, зачастую является обязательным, при этом государство стимулирует владельцев выплатами компенсации за ущерб [2]. Такая практика существует, например, в Финляндии, Швеции и Франции. Во Франции, если лесовладелец не соглашается на перевод своих лесов в категорию защитных с условием возмещения убытков, государство имеет право выкупить такие участки или экспроприировать их. В Австрии владельцы лесов могут самостоятельно инициировать перевод своих земель в категорию защитного или рекреационного леса, а также временно ограничить их использование в рекреационных целях. В некоторых случаях для подтверждения своего решения им необходимо обратиться в соответствующие лесохозяйственные органы, которые проверяют законность наложенных ограничений и дают разрешение на перевод лесов в статус охраняемых территорий на определенный или бессрочный срок. Для многих собственников, несмотря на ограничения в лесопользовании и требования по восстановлению лесных массивов, статус охраняемой территории может быть выгодным, так как предоставляет возможность получать финансирование из федерального фонда на проведение мероприятий по защите лесов [7,8,9]. В Германии для владений площадью свыше 100 га существует перевод части территории частного леса в категорию защитного, заповедного или рекреационного, чтобы обеспечить ведение лесного хозяйства на долгосрочной основе, но только с согласием лесовладельца [12]. Независимо от того, что в большинстве стран важнейшей функцией лесов считается обеспечение промышленности древесными ресурсами, на территориях, объявленных ООПТ, не допускается коммерческая эксплуатация лесов. В защитных лесах Швейцарии запрещена любая деятельность, рубки и корчевка пней могут проводиться только по специальному разрешению. Леса большинства европейских стран доступны для отдыха населения. В Швеции существует устойчивое понимание не только у ученых и экологов, но и всего населения, что создание ООПТ – важный инструмент сохранения углеродного баланса, экосистем и природы в целом. Здесь популярен лозунг, обращенный к населению, использующему рекреационные свойства леса: «Не мешать и не разрушать» (Don't disturb, don't destroy) [14]. В большинстве стран пристальное внимание уделяется пропагандистской работе, направленной на понимание обществом важной природоохранной роли лесов и экологическое образование частных лесовладельцев и лесозаготовителей. Нужно отметить, что в 2024 году в Европейской экономической комиссии, на сессии Комитета по лесам и лесной отрасли был доклад о прогрессе «Цифровые и “зеленые” преобразования в интересах устойчивого развития в регионе ЕЭК», приведя в этой связи в качестве примеров: постоянное обновление платформы INForest, разработку новой платформы данных и знаний о лесах, которая начнет функционировать в ближайшее время. Это даст возможность не только расширению знаний о лесах, но и сбор данных на общеевропейском уровне и быстрой оценке лесных ресурсов [16].

Северная Америка и Канада

Северная Америка и Канада обладает огромными лесными массивами, которые играют важнейшую роль в экосистемах планеты, поддерживая биологическое разнообразие, регулируя водные ресурсы и, что немаловажно, поглощая углерод из атмосферы. Леса этих регионов не только служат важным ресурсом для местной экономики, но и оказывают ключевое влияние на глобальный климат. Важность сохранения лесов в этих странах становится особенно очевидной на фоне глобальных изменений климата, в которых леса играют роль как углеродных «резервуаров», так и регуляторов уровня углекислого газа в атмосфере. Северная Америка, включая Канаду, обладает одной из крупнейших лесных территорий в мире. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO), леса покрывают около 35% земельных площадей США и более 39% площади Канады. Канадские леса, в особенности, занимают 347 миллионов гектаров, что составляет около 10% мировых лесных ресурсов. В свою очередь, США обладают около 304 миллионами гектаров лесов, что составляет около 30% их территорий [11]. Охраняемые природные территории США составляют 63 национальных парка, которые охраняются Законом о

национальных парках (1916 г.), а также несколько ООПТ других категорий [19]. Все провинции и территории Канады имеют собственную политику и собственные планы развития системы ООПТ [11,19]. Это помогает избавиться от излишней унификации и дает возможность полнее учитывать природные и социальные особенности регионов, потребности их населения. Система охраняемых природных территорий Канады регулируется законом «О национальных парках Канады» и играют важную роль в экономике страны: обеспечивают 64 тыс. рабочих мест, приносят в бюджет страны 2,9 млрд \$ трудовых доходов и 337 млн \$ налоговыми поступлениями [19]. Северная Америка и Канада активно разрабатывают и внедряют законодательные инициативы, направленные на охрану природы и лесных экосистем. В США экологические инициативы также поддерживаются на законодательном уровне. Один из наиболее важных законов — Закон о национальной лесной политике (National Forest Management Act - 1976), который регулирует деятельность на национальных лесах и направлен на обеспечение устойчивого лесоводства. Кроме того, в США активно разрабатываются программы по восстановлению лесов и сохранению углеродных резервуаров, такие как Система мониторинга углерода на лесах (Forest Carbon Monitoring System) [11]. Леса Северной Америки являются важнейшими углеродными резервуарами. По данным исследований, проведенных Агентством по охране окружающей среды США (EPA) и другими международными научными учреждениями, канадские леса содержат около 20 миллиардов тонн углерода, а ежегодное поглощение углерода составляет примерно 200 миллионов тонн. Леса США, в свою очередь, вносят в атмосферу около 15% всех углеродных выбросов страны, при этом сами они поглощают значительные объемы углерода — около 1,2 миллиарда тонн углекислого газа в год. Однако в последние десятилетия наблюдается тенденция к снижению поглощения углерода. Это связано с рядом факторов, таких как увеличение частоты лесных пожаров, насекомых-вредителей (например, жука-короеда), а также вырубка лесов для сельскохозяйственных нужд и урбанизации. Лесные пожары, которые становятся более интенсивными и продолжительными из-за изменения климата, высвобождают в атмосферу огромные объемы углерода, что значительно сокращает способность лесов поглощать углекислый газ. В обеих странах наблюдается растущий интерес к интеграции природных решений для борьбы с изменением климата. Это включает в себя инициативы по восстановлению деградированных лесных экосистем, созданию природных парков и заповедников, а также проектам по углеродному кредитованию и стимулированию компаний и землевладельцев к сохранению углеродных резервуаров. В рамках борьбы с изменением климата и контроля за выбросами парниковых газов в США действуют несколько нормативных актов и программ, направленных на отслеживание и снижение выбросов углекислого газа, в том числе от лесных пожаров. Агентство по охране окружающей среды США (EPA) и Калифорнийский совет по качеству окружающей среды (CARB, 1967 г.) проводят регулярную оценку выбросов CO₂ и других газов, связанных с лесными пожарами. В частности, в рамках Системы отчетности об углеродных выбросах (California Greenhouse Gas Inventory) учитываются данные о выбросах от лесных пожаров, а также разрабатываются методики по расчету этих выбросов в зависимости от интенсивности и масштабов пожара. В рамках углеродных проектов компании и организации, занимающиеся восстановлением лесов, могут получать углеродные кредиты, которые компенсируют выбросы CO₂, произошедшие в результате пожаров [11,18,19].

СНГ (Восточная Европа)

Страны СНГ, расположенные в Восточной Европе, отличаются по размерам лесного фонда, что определяет их различный потенциал депонирования углерода. В Беларуси площадь особо охраняемых природных территорий и защитных лесных участков составляет около 1861,7 тыс. га, что эквивалентно 8,9% от общей территории страны. В Украине водоохранные, защитные, санитарно-гигиенические, почвозащитные, противооползневые и оздоровительные леса, а также заповедники, национальные парки и другие специализированные леса занимают 10,4 млн га, что составляет 17,2% её территории [2, 20]. В Молдове лесной фонд охватывает 462,7 тыс. га, что соответствует 13,7% территории страны, при этом 84% этих лесов находятся

в государственной собственности. Площадь охраняемых лесных территорий в Молдове составляет почти 17,1% от общего лесного фонда. Лесную политику европейских стран СНГ регулируют соответствующие нормативно-правовые акты. В Беларуси законодательными актами, регулирующими правовые вопросы использования и охраны лесов и растительного мира, являются: Лесной кодекс РБ от 24 декабря 2015 г. № 332-З; Закон Республики Беларусь от 14.06.2003 № 205-З «О растительном мире»; Закон Республики Беларусь от 15 ноября 2018 г. № 150-З «Об особо охраняемых природных территориях» [6]. А также в Республике действует комплекс мероприятий и разных проектов по совершенствованию работы лесного хозяйства, улучшения экологии и т.д. [6]. Основным документом Украины, который регулирует лесное законодательство страны, является Лесной кодекс, принятый 21 января 1994 года (с последними изменениями). Лесной кодекс регулирует правовой статус лесов, а также определяет основные обязанности как для государственных, так и для частных владельцев лесных угодий. 26 октября 2022 года было зарегистрировано Государственное специализированное хозяйственное предприятие «Леса Украины», которые активно работают над сохранением и спасением лесов Украины. В 2023 году они запустили программу спасения лесов FOREST RECOVERY с западными партнерами. Продуктивность лесов и их потенциал в рассматриваемых странах значительно различаются. С точки зрения снижения концентрации углекислого газа в атмосфере в условиях климатических изменений, в Беларуси наблюдается устойчивая тенденция к увеличению лесистости, росту продуктивности лесных экосистем и их природного потенциала [2, 20]. В настоящее время углеродный баланс Беларуси составляет 31,4 млн т CO₂ в год в пользу поглощения атмосферного углерода. По различным оценкам, лесные экосистемы страны ежегодно депонируют от 10 до 23 млн т CO₂. В перспективе вполне вероятно замедление роста древесных запасов и общей фитомассы в лесах Беларуси по нескольким причинам [2, 20]. Украина, несмотря на меньшую площадь лесов, имеет значительный углеродный потенциал, особенно в Карпатах. Здесь леса поглощают около 10–15 млн тонн CO₂ ежегодно. Молдова имеет ограниченный вклад в депонирование углерода из-за малой площади лесов, однако внедрение программ лесовосстановления может увеличить поглощение углерода.

Выводы

Леса, являясь крупнейшим наземным резервуаром углерода, играют ключевую роль в борьбе с глобальным потеплением. Они обеспечивают примерно 80% углеродного обмена между наземными экосистемами и атмосферой. Однако обезлесение остается третьим по значимости фактором увеличения концентрации парниковых газов, уступая лишь сжиганию угля и нефти. В развитых странах Евразии и Северной Америки, где расположены значительные площади лесов, наблюдаются важные изменения: снизились темпы роста населения, стабилизировались формы землепользования и распространились технологии устойчивого менеджмента лесом. Эти факторы уменьшили нагрузку на бореальные и умеренные леса, способствуя надежной консервации углерода в их экосистемах.

Зарубежный опыт, накопленный в области консервации углерода в лесных резервуарах, демонстрирует, что самым эффективным способом удержания углерода является сохранение существующих лесов и сокращение вырубок. В действующих лесах увеличение запасов углерода возможно за счет улучшенных методов управления и активного лесовосстановления. Особое значение имеет создание лесоохранных зон и сохранение старовозрастных лесов, которые являются особенно ценными углеродными резервуарами.

Площадь охраняемых лесов в мире постоянно увеличивается благодаря международным и национальным усилиям по сохранению лесных экосистем. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), на 2020 год общая площадь охраняемых лесов в мире составляет 726 миллионов гектаров, что составляет примерно 18% всех лесных территорий планеты.

Эти охраняемые территории включают в себя национальные парки, природные резервы и другие формы защиты, которые направлены на сохранение биоразнообразия, предотвращение вырубки и восстановление лесных экосистем. Темпы прироста охраняемых

лесов варьируются, но в среднем они увеличиваются на 0,5–1 миллион гектаров ежегодно, в зависимости от региона и степени выполнения экологических программ. Анализ лесного законодательства зарубежных стран показывает, что экономическая ответственность за сохранение лесных экосистем, как крупнейших резервуаров углерода, закреплена на уровне всех участников лесных отношений. Эти охраняемые леса играют важную роль в депонировании углерода, адаптации к изменениям климата и сохранении экосистемной устойчивости.

Список литературы

1. Bolatova Z., Engindeniz S. The Economics of Climate Change in Agriculture: A Review on Kazakhstan and Turkey. Sustainable Food Chains and Ecosystems, Springer Nature Switzerland AG, Switzerland: Cham. – 2020. С.1-15
2. Т.С. Королева, Е.А. Шунькина - Обзор мирового опыта консервации углерода в существующих лесных резервуарах– Труды Санкт-Петербургского НИИЛХ, 2014 - с.22-39
3. Глобальное потепление связано с деятельностью человека и происходит с беспрецедентной скоростью //Электрон.дан.// Режим доступа: <https://news.un.org/ru/story/2021/08/1407862>
4. Доклад Всемирного фонда дикой природы (WWF) «Живые леса» // Устойчивое лесопользование. – 2012. – № 3 (32). – с. 18-35.
5. Лысенко С.А., Логинов В.Ф., Бондаренко Ю.А. - Баланс углерода в наземных экосистемах Беларуси и его устойчивость к изменению климата – Журнал Природопользование № 2, 2021 – с. 5-15
6. Smith, J. Forest Carbon and Local Livelihoods: assessment of opportunities and policy recommendation /J. Smith, S.J. Scherr // Centre for International Forestry Research. – 2002
7. Бондаренко Л.В., Маслова О.В., Белкина А.В., Сухарева К.В. - Глобальное изменение климата и его последствия – Вестник РЭУ №2 (98), 2018 г. - <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2018-2-84-93>
8. Bass, S. Rural livelihoods and carbon management IIED Natural Resources Issues / S. Bass, O. Dubais, P. Moura-Costa et al. // International Institute for Environment and Development. – London., 2000
9. Climate Change //Электрон.дан.// Режим доступа: <https://research.fs.usda.gov/climatechange>
10. Площадь особо охраняемых природных территорий увеличилась до 30,9 млн га в Казахстане - Режим доступа: <https://primeminister.kz/ru/news/>
11. Полная энциклопедия. Справочник для школьников и студентов. Леса Западной Европы. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.polnaja-jenciklopedija.ru/geografiya/lesa-zapadnoy-evropy.html>.
12. Полная энциклопедия. Справочник для школьников и студентов. Леса США. – Электрон.дан. – Режим доступа: <http://www.polnaja-jenciklopedija.ru/geografiya/lesa-ssha.Ahtml>.
13. Finnish Forest Research Institute (METLA). – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://eustafor.eu/organization/finnish-forest-research-institute-metla/>
14. National Parks in Sweden. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.sverigesnationalparker.se/en/>
15. Глобальная оценка лесных ресурсов 2020 года - Основной отчет/ФАО. 2021. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f6a97a9c-3ac1-4869-a834-90546f1e9c8d/content>
16. Доклад о работе восьмидесятой второй сессии Комитета по лесам и лесной отрасли Европейской экономической комиссии - <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/g24/214/50/pdf/g2421450.pdf>
17. Швейцария - Climate and Clean Air Coalition (CCAC) <https://www.ccacoalition.org/ru/partners/switzerland#:~:text=>
18. Как работает многоуровневое лесопользование в США -

<https://forestcomplex.ru/forestry/mnogourovnevnoe-lesoupravlenie-v-ssha/>

19. Беякова М.Ю. Покровская Ю.А. - Опыт развития национальных природных парков Канады и США и возможности его применения к объектам ООПТ России - <http://edri.ru/article/04-12-20#:~:text>

20. Коротков В.Н. - Основные концепции и методы восстановления природных лесов Восточной Европы – ЖУРНАЛ Journal of Ecosystem Ecology , 2017

21. Ж.Б. Болатова, Ж.С. Булхайрова – Климаттың өзгеруінің Қазақстандағы дәнді-бұршақ дақылдар өндірісінің экономикалық тиімділігіне әсері және келешектегі перспективалары // Ізденістер, нәтижелер 2023, (4 (100), С. 286–294. Электронный ресурс: <https://doi.org/10.37884/4-2023/31>

References

1. Bolatova Z., Engindeniz S. The Economics of Climate Change in Agriculture: A Review on Kazakhstan and Turkey. Sustainable Food Chains and Ecosystems, Springer Nature Switzerland AG, Switzerland: Cham. – 2020. S.1-15

2. T.S. Koroleva, E.A. SHun'kina - Obzor mirovogo opyta konservacii ugleroda v sushchestvuyushchih lesnyh rezervuarah– Trudy Sankt-Peterburgskogo NIILH, 2014 - s.22-39

3. Global'noe poteplenie svyazano s deyatel'nost'yu cheloveka i proiskhodit s besprecedentnoj skorost'yu //Elektron.dan.// Rezhim dostupa: <https://news.un.org/ru/story/2021/08/1407862>

4. Doklad Vsemirnogo fonda dikoj prirody (WWF) «ZHivye lesa» // Ustojchivoe lesopol'zovanie. – 2012. – № 3 (32). – s. 18-35.

5. Lysenko S.A., Loginov V.F., Bondarenko YU.A. - Balans ugleroda v nazemnyh ekosistemah Belarusi i ego ustojchivost' k izmeneniyu klimata – ZHurnal Prirodopol'zovanie № 2, 2021 – s. 5-15

6. Smith, J. Forest Carbon and Local Livelihoods: assessment of opportunities and policy recommendation /J. Smith, S.J. Scherr // Centre for International Forestry Research. – 2002

7. Bondarenko L.V., Maslova O.V., Belkina A.V., Suhareva K.V. - Global'noe izmenenie klimata i ego posledstviya – Vestnik REU №2 (98), 2018 g. - <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2018-2-84-93>

8. Bass, S. Rural livelihoods and carbon management IIED Natural Resources Issues / S. Bass, O. Dubais, P. Moura-Costa et al. // International Institute for Environment and Development. – London., 2000

9. Climate Change //Elektron.dan.// Rezhim dostupa: <https://research.fs.usda.gov/climatechange>

10. Ploshchad' osobo ohranyaemyh prirodnih territorij uvelichilas' do 30,9 mln ga v Kazahstane - Rezhim dostupa: <https://primeminister.kz/ru/news/>

11. Polnaya enciklopediya. Spravochnik dlya shkol'nikov i studentov. Lesa Zapadnoj Evropy. – Elektron. dan. – Rezhim dostupa: <http://www.polnaja-jenciklopedija.ru/geografiya/lesa-zapadnoy-evropy.html>.

12. Polnaya enciklopediya. Spravochnik dlya shkol'nikov i studentov. Lesa SSHA. – Elektron.dan. – Rezhim dostupa: <http://www.polnaja-jenciklopedija.ru/geografiya/lesa-ssha.Ahtml>.

13. Finnish Forest Research Institute (METLA). – Elektron. dan. – Rezhim dostupa: <https://eustafor.eu/organization/finnish-forest-research-institute-metla/>

14. National Parks in Sweden. – Elektron. dan. – Rezhim dostupa: <https://www.sverigesnationalparker.se/en/>

15. Global'naya ocenka lesnyh resursov 2020 goda - Osnovnoj otchet/FAO. 2021. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f6a97a9c-3ac1-4869-a834-90546f1e9c8d/content>

16. Doklad o rabote vosem'desyat vtoroj sessii Komiteta po lesam i lesnoj otrasli Evropejskoj ekonomicheskoy komissii - <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/g24/214/50/pdf/g2421450.pdf>

17. SHvejcaria - Climate and Clean Air Coalition (CCAC) <https://www.ccacoalition.org/ru/partners/switzerland#:~:text>

18. Kak rabotaet mnogourovnevnoe lesoupravlenie v SSHA - <https://forestcomplex.ru/forestry/mnogourovnevnoe-lesoupravlenie-v-ssha/>
19. Belyakova M.YU. Pokrovskaya YU.A. - Opyt razvitiya nacional'nyh prirodnih parkov Kanady i SSHA i vozmozhnosti ego primeneniya k ob"ektam OOPT Rossii - <http://edri.ru/article/04-12-20#:~:text>
20. Korotkov V.N. - Osnovnye koncepcii i metody vosstanovleniya prirodnih lesov Vostochnoj Evropy – ZHURNAL Journal of Ecosystem Ecology , 2017
21. ZH.B. Bolatova, ZH.S. Bulhairova – Klimattyң өзgeruінің Qazakstandaғы dәndi-bырshak daqyldar өndirisінің ekonomikalық tiimdiligine әseri zhәne keleshekтегі perspektivalary // Izdenister, nәtizheler 2023, (4 (100), S. 286–294. Elektronnyj resurs: <https://doi.org/10.37884/4-2023/31>

М.К. Кулшигашова*, А.Д. Утебекова, Ж.Б. Адилбаева

*Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан,
moldir060691@gmail.com*, arunia190482@mail.ru , Zhanera78@mail.ru*

КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУІ ЖАҒДАЙЫНДА ОРМАН ЭКОЖҮЙЕЛЕРІНДЕ КӨМІРТЕКТІ ЖИНАҚТАУДЫҢ ӘЛЕМДІК ТӘЖІРИБЕСІ

Аңдатпа

Ормандар жаһандық жылынумен күресуде маңызды рөл атқарады, өйткені олар жердегі ең үлкен көміртегі резервуары болып табылады. Оларда жердегі көміртектің жартысынан көбі бар және жердегі экожүйелер мен атмосфера арасындағы барлық алмасудың шамамен 80% - ы орманға байланысты. Орманды пайдалануда көміртекті сақтаудың ең тиімді жолы- ормандарды сақтау және кесу санын азайту. Бұл ретте орман қорғау аймақтарын құру мен сақтаудың маңызы зор. Әлемдік көміртегі ағынын реттеуде орман алқаптары бар әр мемлекеттің сауатты орман саясаты маңызды орын алады. Осыған байланысты заңнаманың ерекшеліктерін, орман шаруашылығы принциптерін, орманға меншік құқығын және т. б. ескере отырып, шет елдердің ормандардағы көміртегі бассейндерін сақтау тәжірибесін зерттеу өте маңызды. Бұл мақалада Еуропа, ТМД және Солтүстік Америкаға назар аудара отырып, орман экожүйелерінде көміртекті сақтаудың әлемдік тәжірибесі қарастырылады. Шет елдердің орман шаруашылығын басқару тәжірибесін талдау орман секторында менеджментті дамытудың және орман экожүйелерін көміртектің негізгі резервуарлары ретінде сақтауды қамтамасыз етудің тиімді тәсілдерін жасауға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: көміртекті жинақтау, көміртекті пулы, орман экожүйелері, климаттың өзгеруі, қорғалатын табиғи аумақтар, ұлттық саябақтар, климаттың өзгеруі

М.К. Kulshigashova*, A.D. Utebekova, Zh.B. Adilbaeva

*Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan,
moldir060691@gmail.com*, arunia190482@mail.ru , Zhanera78@mail.ru*

WORLD EXPERIENCE OF CARBON SEQUESTRATION IN FOREST ECOSYSTEMS UNDER CLIMATE CHANGE

Abstract

Forests have a vital role in the fight against global warming because they are the largest terrestrial reservoir of carbon. They contain more than half of the Earth's carbon and are responsible for about 80% of the total exchange between terrestrial ecosystems and the atmosphere. The most effective way to retain carbon in forest management is to preserve forests and reduce the amount of logging. And in this, the creation and preservation of forest protection zones is of no small importance. In regulating the global carbon sink, an important place is occupied by a competent forest policy of each state that has forest areas. In this regard, it is very important to study the experience of foreign countries in preserving carbon pools in forests, taking into account the specifics of legislation, principles of forest management, property rights to forests, etc. This article examines global experience in carbon sequestration in forest ecosystems, with a focus on Europe, the CIS and North America. Analysis of the forest management experience of foreign countries allows us to develop

effective approaches to the development of management in the forest sector and to ensure the conservation of forest ecosystems as key carbon reservoirs.

Keywords: carbon sequestration, carbon pools, forest ecosystems, climate change, protected areas, national parks, climate change