

БИОЛОГИЯ BIOLOGY

УДК:630:332.362(575.2)(04)

Сураппаева В.М., Бекбосун у. Жолдош, Худайбергенова Б.М.,
Ражапбаев М.К., Кубатбеков Н.Б.

Научно-производственный центр леса им. П.А. Гана
Национальной академии наук Кыргызской Республики, Бишкек
e-mail: vsurappaeva@gmail.com

МИТИГАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕКТОРА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ДРУГИЕ ВИДЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ДОСТИЖЕНИИ УГЛЕРОДНОЙ
НЕЙТРАЛЬНОСТИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Аннотация. Изилдөө Кыргыз Республикасынын AFOLU/ЛХДВЗ секторунун 2050-жылга чейин көмүртек нейтралдуулугуна жетүүдөгү салымын баалайт. Базалык багыт катары инерциялык BAU сценарийи колдонулган; эсептөөлөр IPCC (2006-ж.) ыкмасы боюнча жүргүзүлгөн. Тарыхый мезгил — 1990–2017-жж., божомол — 2050-жылга чейин; анализге токой жерлери жана айдалган жерлердеги көп жылдык өсүмдүктөр киргизилген. Көрсөтүлгөндөй, AFOLU/ЛХДВЗ сектору жылына орточо 10–11 млн т CO₂-экв. табигый туруктуу сиңирип алууну камсыз кылат; 2017-ж. сиңирип алуу –10,367 млн т түзгөн, ал эми 2050-ж. –11,852 млн т болушу күтүлүүдө. 2050-ж. BAU сценарийинде бөлүп чыгуулар болжол менен 45 млн т түзөт, net-0 үчүн талап кылынган толук кыскартуу ≈33,4 млн т CO₂-экв. (–73,8 % BAU-2050 менен салыштырганда) деп бааланууда. NDC максаттары – 2030-ж. (–15,97 %/–43,62 % BAU-2030го салыштырмалуу) нейтралдуулукту камсыз кылбайт: калдык нетто-баланс болжол менен тигешелүүлүгүнө жараша 10,3 жана 3,2 млн т түзөт.

Сунушталган табигый чечимдер топтому — жыл сайын болжол менен 3,9 миң га токой калыбына келтирүү/токой отургузуу жана 2,9 миң га жаңы көп жылдык өсүмдүктөр — 2050-жылга чейин кошумча, жылына ~1,488 млн т CO₂-экв. сиңирип алууну камсыз кылат.

Негизги сөздөр: AFOLU, ЛХДВЗ, көмүртектин нейтралдуулугу, BAU, токой калыбына келтирүү, көп жылдык өсүмдүктөр, Кыргызстан.

Аннотация. Исследование оценивает вклад сектора AFOLU/ЛХДВЗ Кыргызской Республики в достижение углеродной нейтральности к 2050 г. В качестве базовой линии применён инерционный сценарий BAU; расчёты выполнены по методике IPCC (2006 г.). Исторический период — 1990–2017 гг., прогноз — до 2050 г.; в анализ включены лесные земли и многолетние насаждения на возделываемых землях.

Показано, что сектор AFOLU/ЛХДВЗ обеспечивает устойчивый природный сток порядка 10–11 млн т CO₂-экв./год; в 2017 г. поглощение составило –10,367 млн т, к 2050 г. ожидается –11,852 млн т. В 2050 г. при BAU- выбросы составят около 45 млн. т, требуемое валовое сокращение для net-0 оценивается в ≈33,4 млн т CO₂-экв. (–73,8 % к BAU-2050). Цели NDC - 2030г. (–15,97 %/–43,62 % к BAU-2030 г.) не обеспечивают нейтральность: остаточный нетто-баланс составляет примерно 10,3 и 3,2 млн. т соответственно.

Предложенный пакет природных решений — ежегодно ~3,9 тыс. га лесовосстановления/лесоразведения и ~2,9 тыс. га новых многолетних насаждений — формирует к 2050 г. дополнительное поглощение порядка ~1,488 млн. т/год.

Ключевые слова: AFOLU, ЛХДВЗ, углеродная нейтральность, BAU, лесовосстановление, многолетние насаждения, Кыргызстан.

Abstract. The study assesses the contribution of the AFOLU (LULUCF) sector of the Kyrgyz Republic to achieving carbon neutrality by 2050. An inertial business-as-usual (BAU) scenario is used as the baseline; calculations follow IPCC 2006 guidelines. The historical period is 1990–2017, with projections to 2050; the analysis covers forest land and perennial crops on cropland.

AFOLU sector provides a persistent natural sink of about 10–11 Mt CO₂-eq yr⁻¹; removals were –10.367 Mt in 2017 and are expected to reach –11.852 Mt by 2050. With BAU-2050 = 45.269 Mt, the gross reduction required for net-zero is ≈33.4 Mt CO₂-eq (–73.8% relative to BAU-2050). The 2030 NDC targets (–15.97%/ –43.62% vs BAU-2030) do not deliver neutrality: the residual net balance is about 10.3 and 3.2 Mt, respectively.

The proposed nature-based package—~3.9 thousand ha yr⁻¹ of afforestation/reforestation and ~2.9 thousand ha yr⁻¹ of new perennial plantings—would add ~1.488 Mt CO₂-eq yr⁻¹ of removals by 2050, covering ≈65% of the required increase (~1.49 Mt yr⁻¹).

Keywords: AFOLU, LULUCF, carbon neutrality, BAU, afforestation/reforestation, perennial crops, Kyrgyzstan.

Введение

Кыргызская Республика, как и мировое сообщество, признаёт, что изменение климата является глобальной и одной из самых серьёзных угроз для устойчивого развития. Будучи особенно уязвимой к климатическим рискам (таяние ледников, изменение водного режима, рост частоты и интенсивности стихийных бедствий), страна активно развивает климатическую политику [8,9,10,12].

Кыргызская Республика является Стороной Рамочной конвенции ООН об изменении климата и в 2019 г. ратифицировала Парижское соглашение, цель которого — «активизировать осуществление» РКИК ООН, в частности удержать рост глобальной средней температуры «намного ниже» 2°C и «прилагать усилия» для ограничения роста до 1,5°C [5]. По данным национального мониторинга климата, за последние ~40 лет средняя температура воздуха в республике повысилась примерно на 1,12 °C, что приближает локальный тренд к пороговому значению 1,5 °C и указывает на усиление климатических рисков [1,5,11].

В целях реализации Парижского соглашения Кыргызская Республика приняла стратегический документ — Национально определяемый вклад (ОНУВ), закрепляющий митигационные цели по ограничению выбросов парниковых газов: сокращение к 2030 г. на 15,97 % по сценарию «бизнес как обычно» (BAU); при наличии международной поддержки — на 43,62 % от BAU [4]. Дополнительно утверждена Концепция достижения углеродной нейтральности, к 2050 г. планируется баланс между выбросами и поглощениями ПГ на уровне порядка 12,0 млн т CO₂-экв. [2].

Актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью определения

роли сектора «Лесное хозяйство и другие виды землепользования» (далее AFOLU/ЛХДВЗ) в достижении митигационных целей климатической политики Кыргызской Республики. Цель исследования — оценить потенциал сектора AFOLU/ЛХДВЗ в поглощении парниковых газов и спрогнозировать его вклад до 2050 г.

Задачи исследования:

1. Оценить динамику поглощения CO₂ сектором AFOLU/ЛХДВЗ в 1990–2017 гг.
2. Спрогнозировать увеличение стока углерода в секторе AFOLU/ЛХДВЗ до 2050 г.
3. Определить приоритетные митигационные мероприятия в секторе AFOLU/ЛХДВЗ на период до 2050 г.

Материалы и методы

Согласно Руководствам МГЭИК (IPCC, 2006) сектор AFOLU/ЛХДВЗ классифицируется на шесть категорий землепользования: лесные земли (Forest Land), возделываемые земли (Cropland), пастбища (Grassland), водно-болотные угодья (Wetlands), застроенные земли (Settlements) и прочие земли (Other Land) [6]. В настоящем исследовании рассматривали сектор AFOLU/ЛХДВЗ Кыргызской Республики в части двух категорий — лесные земли и многолетние культуры на возделываемых землях. [6,18,19].

В соответствии с Лесным кодексом Кыргызской Республики и Руководствам МГЭИК (2006), лес — это древесно-кустарниковая растительность, произрастающая на всех категориях земельного фонда с пороговыми критериями: минимальная площадь 0,2 га, минимальная ширина 25 м, минимальная сомкнутость крон 10 %, минимальная полнота 0,1, минимальная высота насаждения 1,9 м (для кустарников — 0,5 м) [3,6]. В расчёты сектора AFOLU/ЛХДВЗ включены только

те леса, которые соответствуют указанным национальным пороговым критериям, а также многолетние культуры, определённые понятийным аппаратом национального законодательства Кыргызской Республики и Руководству МГЭИК (2006). К многолетним культурам относятся фруктовые сады, виноградники, плантации и защитные лесные насаждения [6,18,19].

Базовый период расчётов поглощения парниковых газов сектором AFOLU/ЛХДВЗ: 1990–2017 гг.; прогнозный горизонт — до 2050 г. Все оценки приведены в CO₂-экв. и выполнены по методике МГЭИК (2006г.) [6].

Использованные данные:

карты землепользования и их изменений (дистанционное зондирование Landsat/Sentinel, кадастровые материалы);

Национальная инвентаризация лесов и лесоустроительные материалы (площади, запас, прирост);

Форма 22 учёта земельного фонда (раздел по многолетним насаждениям);

Отчётность МЧС КР и Лесной службы по пожарам и вредителям.

Результаты и обсуждение

По данным национального кадастра парниковых газов, наибольший митигационный вклад обеспечивают две категории: 3.B.1 — лесные земли и 3.B.2 — возделываемые земли (многолетние насаждения) [7]. На рисунке 1 показаны годовые объёмы поглощения CO₂ по этим категориям за 1990–2017 гг. (знак «–» обозначает поглощение) [7,16].

Как видно из диаграммы, основную долю поглощения обеспечивает категория лесные земли — порядка –7 490 тыс. т CO₂-экв./год в среднем за период. Существенный и относительно стабильный вклад вносит также категория многолетних насаждений — около –3 469 тыс. т CO₂-экв./год [7]. Это подчёркивает значимость не только естественных и искусственно созданных лесов, но и многолетних культур (фруктовые сады, виноградники, плантации, защитные лесные насаждения) для достижения климатических целей Кыргызской Республики.

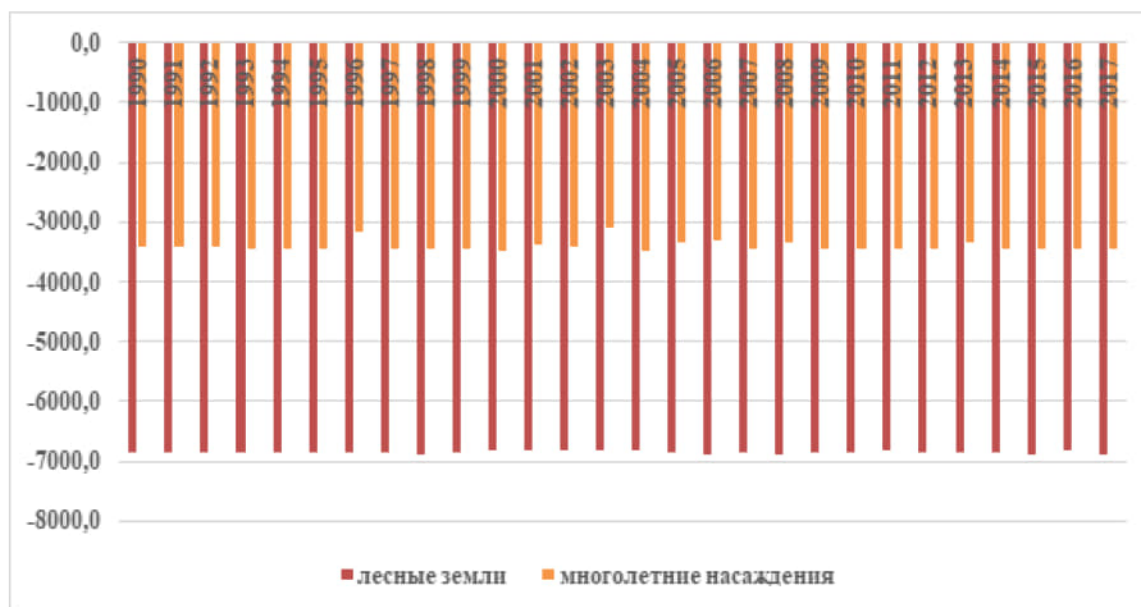


Рисунок 1. Годовые объёмы чистого поглощения CO₂ (тыс. т CO₂-экв./год) по категориям [4].

Из рисунка 1 видно, что вклад 3.B.1 доминирует, отражает роль лесов как основного природного поглотителя углерода.

3.B.2 формирует ощутимый дополнительный сток, который может быть усилен через расширение агролесоводства и уход за

садами/защитными насаждениями. Межгодовая изменчивость по обеим категориям невысока, что указывает на относительную устойчивость стока при текущих практиках управления, однако экстремальные события (пожары, вспышки вредителей) остаются ключевым риском [17].

Сектор AFOLU/ЛХДВЗ играет ключевую роль в обеспечении природного поглощения парниковых газов и выступает главным компенсирующим механизмом национального баланса. По данным последних инвентаризаций, сектор AFOLU/ЛХДВЗ остаётся единственным устойчивым поглотителем ПГ,

тогда как в остальных секторах экономики преобладают стабильные положительные (эмиссионные) потоки.

На рисунке 2 показано распределение совокупных выбросов по секторам экономики в 1990–2020 гг. Наибольший вклад в эмиссии формирует энергетика, далее следуют сельское хозяйство и промышленные процессы и использование продукции (ППИП), вклад сектора отходов меньше, но позитивный. На этом фоне сектор AFOLU/ЛХДВЗ на протяжении последних двух десятилетий обеспечивает устойчивое чистое поглощение порядка 10–11 млн т CO₂-экв. в год, что существенно снижает общий национальный баланс [7].

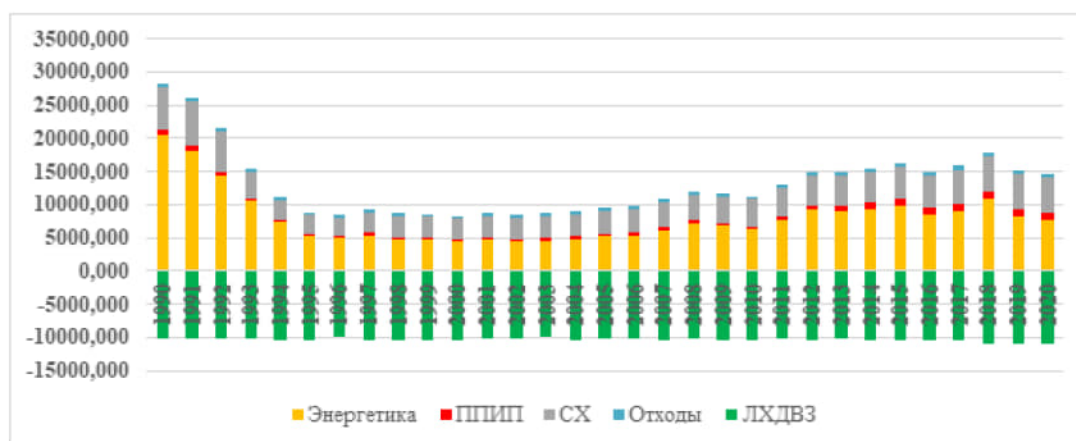


Рисунок 2. Структура выбросов и поглощений ПГ по секторам экономики Кыргызской Республики, 1990–2020 гг. [4]

По оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), промедление с мерами приведёт к нарастанию негативных последствий глобального потепления во всех сферах жизни. Изменение климата в значительной степени обусловлено антропогенными выбросами парниковых газов, поэтому необходимы быстрые и глубокие сокращения этих выбросов наряду с усилением природных поглощений. [18,19].

С этой целью Кыргызская Республика утвердила Концепцию достижения углеродной нейтральности, согласно которой к 2050 году планируется выйти на баланс между остаточными выбросами и их удалением из атмосферы [2]. Речь идёт не о полном отсутствии эмиссий, а о таком уровне, при котором объём поглощений компенсирует

неизбежные остаточные выбросы других секторов. Результаты расчетов достижения углеродной нейтральности представлены на графике (рис.3).

На рисунке 3 отображены по годам (2017–2050 гг.) три ключевые величины национального углеродного баланса [7]:

Валовые выбросы (пурпурные столбцы) — прогноз по сценарию BAU, тыс. т CO₂-экв.

Поглощение сектора AFOLU/ЛХДВЗ (зелёные столбцы) — отрицательные потоки, формируемые лесными землями и многолетними насаждениями.

Δ для нейтральности (чёрные столбцы) — необходимое валовое сокращение выбросов для достижения net-0 в соответствующем году:

Красная горизонтальная линия («траектория нейтральности») показывает допу-

стимый уровень валовых выбросов, равный величине поглощений.

Валовые выбросы по отраслям оцениваются по инерционному сценарию BAU (Business as Usual) как базовой линии при неизменности политики. Поглощения сектора AFOLU/ЛХДВЗ заданы по инвентаризационным рядам.

Далее для каждого года t вычисляется требуемое валовое сокращение для достижения net-

$$\Delta_t = \max(E_{BAU,t} - |R_{AFOLU,t}|),$$

где — валовые выбросы BAU, — модуль природного стока. Таким образом, нейтральность — это отклонение от BAU, эквивалентное, либо сопоставимое усиление поглощений.

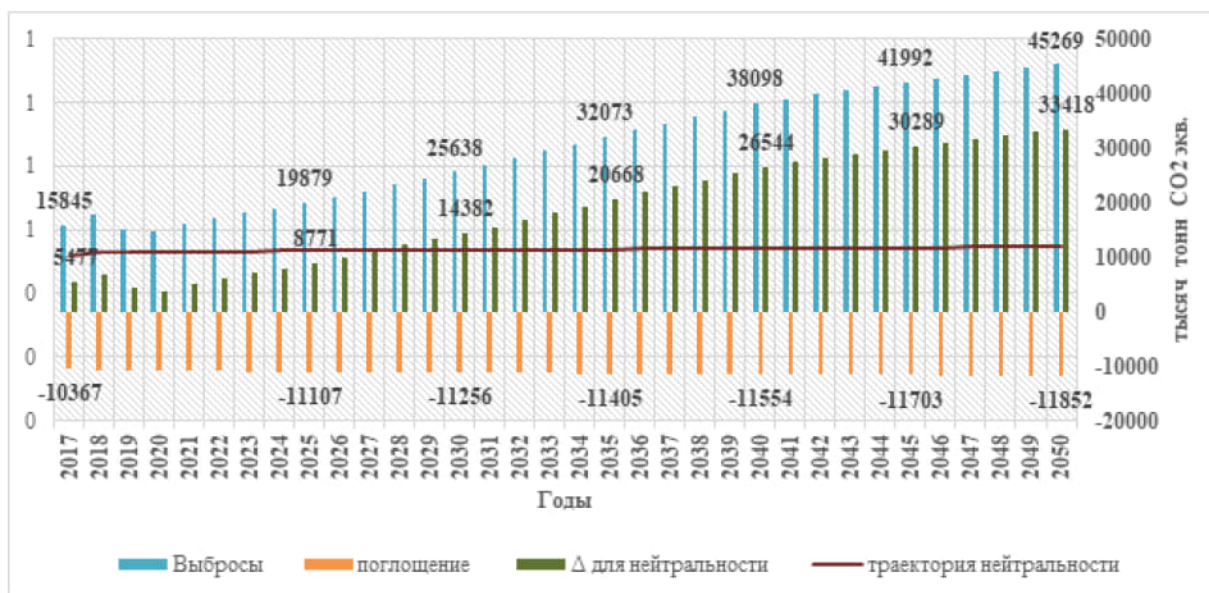


Рисунок 3. Прогноз достижения углеродной нейтральности Кыргызской Республики к 2050 г. [20].

Из рисунка 3 видно следующее:

1. Цель 2030 г. (ОНУВ): Сокращение валовых эмиссий на 15,97 % (без поддержки) даёт $\approx 4,1$ млн т; при 43,62 % (с поддержкой) — $\approx 11,2$ млн т. Оба варианта не обеспечивают net-0 в 2030 г., поскольку остаточные эмиссии после учёта поглощений составляют $\sim 10,3$ и $3,2$ млн т CO_2 -экв. соответственно. Для нейтральности в 2030 г. потребуется $\approx 14,4$ млн т валовых сокращений либо эквивалентное усиление поглощений.

2. Цель 2050 г. (нейтральность). При прогнозном стоке сектора AFOLU/ЛХДВЗ $\sim 11,9$ млн т CO_2 -экв. необходимо сократить валовые выбросы до сопоставимого уровня. Это эквивалентно снижению BAU примерно на 33,4 млн т, т.е. порядка $-73,8\%$ от BAU-2050 г.

Таким образом, существуют две группы рычагов:

1. Декарбонизация валовых эмиссий (энергетика, сельское хозяйство, ППИП, отходы) — основная нагрузка;

2. Нарастивание природного стока в сектор AFOLU/ЛХДВЗ (масштабное лесовосстановление, лесоразведение, создание защитных лесных насаждений и агролесоводство). Повышение стока, например, до 13–14 млн т к 2050 г. снизит требуемое валовое сокращение и долю от BAU на несколько процентных пунктов.

Исходя из вышеуказанного, представленная динамика демонстрирует, что без ускоренных мер по сокращению валовых эмиссий и одновременного усиления природных поглощений достижение углеродной нейтральности к 2050 г. потребует очень глубокого (порядка трех четвертей от BAU) снижения выбросов. Оптимальная траектория — комбинированная: глубокая декарбонизация экономики + масштабирование природных решений в сектор AFOLU/ЛХДВЗ.

Рекомендации по наращиванию стока в секторе AFOLU/ЛХДВЗ

Сектор AFOLU/ЛХДВЗ является ключевым природным поглотителем парниковых газов и главным компенсирующим механизмом на пути к углеродной нейтральности. По данным инвентаризации, в 2017 г. поглощение сектора составляло около –10,367 млн т CO₂-экв. (рис. 3) [7]. Для достижения нейтральности к 2050 г. целесообразно довести сток до –11,852 млн т CO₂-экв., то есть увеличить ежегодное поглощение примерно на 1,485 млн т CO₂-экв.

Для этого предлагаются два взаимодополняющих приоритета:

Приоритет 1. Увеличение лесопокрытой площади за счёт лесовосстановления/лесоразведения.

Задача 1.1. Выращивание посадочного материала (питомники, генетика, контроль качества).

Задача 1.2. Посадка лесных культур (планирование, техника).

Задача 1.3. Уход за культурами (агротехника, дополнение, защита от пожаров и вредителей).

Задача 1.4. Перевод культур в покрытую лесом землю (по национальным критериям).

Приоритет 2. Увеличение площади многолетних насаждений.

Задача 2.1. Садоводство (плодовые сады, виноградники, плантации древесных пород).

Задача 2.2. Защитные лесные насаждения (агролесополосы, лесомелиоративные насаждения и др.).

Предполагается ежегодное введение ≈3,9 тыс. га лесных культур и ≈2,9 тыс. га многолетних насаждений. Это даёт к 2050 г. суммарно ~131,3 тыс. га новых лесов и ~97,8 тыс. га многолетников.

Ожидаемые результаты по вышеуказанным приоритетам представлены в таблице 1 (поглощение — в тыс. т CO₂-экв./год).

Таблица 1

Ожидаемые результаты сектора AFOLU/ЛХДВЗ

Приоритеты	2030 г.	2035 г.	2040 г.	2045 г.	2050 г.
1. Увеличение лесопокрытой площади Кыргызской Республики за счет лесовосстановления/лесоразведения:					
• поглощение CO ₂ -экв., тыс. т	-335,4	-456,3	-577,2	-698,1	-814,1
• площадь лесов, тыс. га	54,1	73,6	93,1	112,6	131,3
2. Увеличение многолетних насаждений за счет создания новых плодовых садов, плантаций древесных пород, парков и др.:					
• поглощение CO ₂ -экв., тыс. т	-280,1	-380,2	-480,24	-580,3	-674,8
• площадь многолетних насаждений, тыс. га	40,6	55,1	69,6	84,1	97,8

Из таблицы 1 видно, что прирост стока в леса от –335,4 (2030 г.) до –814,1 тыс. т (2050 г.); площади: 54,1 → 131,3 тыс. га. Прирост стока в многолетние насаждения от –280,1 до –674,8; площади: 40,6 → 97,8 тыс. га.

Выводы

Сектор AFOLU/ЛХДВЗ — главный природный поглотитель ПГ. В 1990–2017 гг. сектор обеспечивал устойчивый сток порядка 10–11 млн т CO₂-экв./год, причём основной вклад дают категории 3.В.1 (лесные земли) и 3.В.2 (многолетние насаждения) [7].

Нейтральность к 2050 г. требует глубокого отклонения от BAU. При прогнозе BAU-2050 = 45,269 млн т и ожидаемом стоке AFOLU = 11,852 млн т необходимое валовое

сокращение составляет $\Delta \approx 33,4$ млн т CO₂-экв. или –73,8 % к BAU-2050 (net=0).

Цели ОНУВ-2030 — это промежуточная ступень, не нейтральность [4]:

без поддержки (–15,97 %): требуемое валовое сокращение $\approx 4,09$ млн т, оставшийся нетто-баланс $\approx 10,29$ млн т;

с поддержкой (–43,62 %): $\approx 11,18$ млн т, нетто $\approx 3,20$ млн т. Для net=0 уже в 2030 г. потребовалось бы $\approx 14,38$ млн т валовых сокращений (или эквивалентное усиление стока).

Наращивание природного стока — обязательная часть решения. Для выхода на –11,852 млн т в 2050 г. прирост стока относительно 2017 г. должен составить $\approx 1,485$ млн т/год. Предложенный пакет (ежегодно $\approx 3,9$ тыс. га лесовосстановления/лесоразведения и $\approx 2,9$ тыс. га новых многолетников) даёт к 2050 г. $\approx 1,488$ млн т/год.

Список использованной литературы:

1. Ежегодный бюллетень «Мониторинг состояния и изменения климата Кыргызской Республики». Бишкек, 2023.
2. Концепция достижения углеродной нейтральности в Кыргызской Республике, утвержденная постановлением Кабинета Министров КР № 397 от 03.07.2025.
3. Лесной кодекс Кыргызской Республики. Бишкек, 2019.
4. Национально определяемый вклад (ОНУВ) Кыргызской Республики, версия 2.0, 2021.
5. Парижское соглашение к РКИК ООН, 2015.
6. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. МГЭИК, 2006. Том 4.
7. Четвёртое национальное сообщение Кыргызской Республики по изменению климата. Бишкек: МПРЭТН КР, 2023. – 248 с. Доступно на английском языке: <https://unfccc.int/documents/624856>
8. Asian Development Bank. Climate Risk Country Profile: Kyrgyz Republic. Manila: ADB, 2021. – 32 p.
9. Sadyrov, S. et al. High-resolution assessment of climate change impacts on water resources in mountainous Central Asia. *Journal of Environmental Management*, 2025. DOI: 10.1016/j.jenvman.2025.120808.
10. Kaliyeva, K., Punys, P., Zhaparkulova, Y. The Impact of Climate Change on Hydrological Regime of the Transboundary River Shu Basin. *Water*, 2021, 13(20): 2800. DOI: 10.3390/w13202800.
11. Azarov, A. et al. Climate Change and Its Impact on Natural Resources and Rural Livelihoods: Gendered Perspectives from Naryn, Kyrgyzstan. *Climate*, 2025, 13(3): 57. DOI: 10.3390/cli13030057.
12. United Nations Development Programme (UNDP). Climate Change Adaptation in the Kyrgyz Republic. Bishkek, 2019.
13. UNECE/FAO. State of Forests of the Caucasus and Central Asia. Geneva: United Nations, 2019. DOI: 10.18356/920969f1-en.
14. FAO. Global Forest Resources Assessment 2020. Rome: FAO, 2020. DOI: 10.4060/ca8753en.
15. World Bank. Climate Change Knowledge Portal – Kyrgyzstan Country Profile. Washington, DC: World Bank, 2022.
16. National Statistical Committee of the Kyrgyz Republic. Environmental Protection and Sustainable Development Indicators. Bishkek, 2022.

17. Ministry of Emergency Situations of the Kyrgyz Republic. Report on Natural Disasters and Climate Risks, 2022.
18. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I. Cambridge University Press, 2021.
19. IPCC. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III. Cambridge University Press, 2022.
20. FAO & UNDP. Forest and Land Use in the Kyrgyz Republic: Pathways to Carbon Neutrality. Bishkek, 2023.