



УДК 581.524.84:631.559 (571.513)

DOI: 10.36718/1819-4036-2021-10-3-10

Наталья Васильевна Кутькина

Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии, руководитель группы агропочвоведения и землепользования, кандидат биологических наук, с. Зеленое, Усть-Абаканский р-н, Республика Хакасия, Россия

E-mail: cutcina19@mail.ru

Инна Германовна Еремина

Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии, старший научный сотрудник группы агропочвоведения и землепользования, кандидат биологических наук, с. Зеленое, Усть-Абаканский р-н, Республика Хакасия, Россия

E-mail: e.i.g.231720@yandex.ru

**ДЕМУТАЦИЯ И БИОПРОДУКТИВНОСТЬ ЗАЛЕЖИ
В УСЛОВИЯХ ХОЛМИСТО-СОПОЧНОЙ СТЕПИ ХАКАСИИ**

*Цель исследования: провести сравнительную оценку скорости восстановления растительного покрова 18-летней залежи и ее биопродуктивности по элементарным ландшафтным позициям пологого склона сопряженно с плодородием почвы. На всех позициях склона (трансэлювиальные – верхняя и средняя части и элювиально-аккумулятивная – нижняя) фитоценозы на черноземе южном прошли инициальную стадию демутации и находятся на переходных стадиях. На трансэлювиальных позициях, где потенциальное плодородие почвы низкое, а эффективное – низкое и среднее, сукцессионные процессы заторможены, находятся в корневищной стадии демутации (эдикатор *Bromopsis inermis* (Leyss) Helub – кострец безостый). На элювиально-аккумулятивной позиции, в более благоприятных гидротермических условиях ландшафта и плодородия почвы (потенциальное – среднее, эффективное – высокое), восстановительные процессы ускоряются, с выраженной тенденцией к вторичному зацелинению. Фитоценоз находится в третьей стадии демутации – корневищно-рыхлокустовой (доминант *Poa angustifolia* L. – мятлики узколистный) с внедрением дерновинных степных злаков: *Stipa capillata* L. – ковыля волосатика и *Festuca valesiaca* Gaudin – овсяницы валлисской. Залежные ценозы малопродуктивные, общая биопродуктивность варьирует от 10 до 13 т/га из них 2,3–3,4 т/га составила надземная масса и 6,6–10,4 т/га – подземная. Запасы мортмассы, слагаемые ветошью и корневыми остатками ниже запасов общей живой фитомассы в 1,8–2,0 раза – на трансэлювиальных позициях и в 1,3 – элювиально-аккумулятивной. У последней усиленная минерализация растительных остатков повышает плодородие почвы и как следствие – возрастают продуктивность и скорость демутационного восстановительного процесса. Однако больше всего источников гумуса в эродированной почве средней части склона, где при значительном дефиците влаги и питания растения развивают максимальное количество живых корней.*

Ключевые слова: залежь, позиция склона, демутация, плодородие почвы, фитомасса, мортмасса, биопродуктивность.

Natalya V. Kutkina

Research Institute of Agrarian Problems of Khakassia, Head of the Group of Agrosoil Science and Land Use, Candidate of Biological Sciences, Zelenoe, Ust-Abakansky District, Republic of Khakassia, Russia
E-mail: cutcina19@mail.ru

Inna G. Eremina

Research Institute of Agrarian Problems of Khakassia, Senior Researcher of the Group of Agrosoil Science and Land Use, Candidate of Biological Sciences, Zelenoe, Ust-Abakansky District, Republic of Khakassia, Russia
E-mail: e.i.g.231720@yandex.ru

FALLOW LANDS DEMUTATION AND BIOPRODUCTIVITY UNDER KHAKASS HILLY STEPPE CONDITIONS

The objective of the study is to carry out a comparative assessment of the rate of restoration of the vegetation cover of an 18-year-old fallow and its bioproductivity for elementary landscape positions of a gentle slope, coupled with soil fertility. At all slope positions (transeluvial – upper and middle parts and eluvial-accumulative – lower) phytocenoses on the southern chernozem have passed the initial stage of demutation and are in transitional stages. In transeluvial positions, where the potential soil fertility is low, and the effective soil fertility is low and medium, the succession processes are inhibited, they are in the rhizome stage of demutation (edificator *Bromopsis inermis* (Leyss) Helub – awnless rump). In the eluvial-accumulative position, in more favorable hydrothermal conditions of the landscape and soil fertility (potential – medium, effective – high), recovery processes are accelerated, with a pronounced tendency to secondary healing. The phytocenosis is in the third stage of demutation – rhizome-loose shrub (dominant *Poa angustifolia* L. – narrow-leaved bluegrass) with the introduction of sod steppe grasses: *Stipa capillata* L. – hair grass feather grass and *Festuca valesiaca* Gaudin – Walissian fescue. Fallow cenoses are unproductive, the total bioproductivity varies from 10 to 13 t/ha, of which 2.3–3.4 t/ha was aboveground mass and 6.6–10.4 t/ha – underground. The stocks of mortmass, composed of rags and root residues, are 1.8–2.0 times lower than the stocks of the total living phytomass at transeluvial positions and by 1.3 times at eluvial-accumulative ones. In the latter, the enhanced mineralization of plant residues increases soil fertility and, as a consequence, increases the productivity and speed of the demutational recovery process. However, most of the sources of humus are in the eroded soil of the middle part of the slope, where, with a significant deficit of moisture and nutrition, plants develop the maximum number of living roots.

Key words: fallow land, slope position, demutation, soil fertility, phytomass, mortmass, bioproductivity.

Введение. Вторичные смены растительности после перехода пашни в залежь изучены довольно хорошо, в том числе и в Хакасии. В классическом виде они представлены четырьмя стадиями: 1 – бурьянной (с господством 1–2-летних видов сорного разнотравья и полыней); 2 – корневищных злаков (*Bromopsis inermis* Leyss. Helub – козлец безостый, *Elytigia repens* L. – пырей ползучий, *Leums ramosus* Trin. Tzvel. – колосняк ветвистый-вострец и др.); 3 – рыхлокустовых злаков (*Phleum phleoides* L. Karst – тимopheевка степная – до 60-х годов XX века в Хакасии являлась монодоминантом) [1]. После массовой распашки целины в чистом виде стадия господства тимopheевки отмечалась крайне редко. Широкое распространение с этого времени получили корневищно-рыхлокустовые злаки: *Poa angustifolia* L. – мятлик узколистный, а по более увлажненным местам *Poa pratensis* L. – мятлик луговой. Завершают сукцессию вторичного зацелинения плотнодерновин-

ные злаки (*Stipa capillata* L. – ковыль волосатик, или тырса, *Stipa krylovii* Roshev – ковыль Крылова, *Festuca valesiaca* Gaudin – овсяница валисская-типчак и т.п.) [1–3]. В Хакасии в связи с увеличением площади пашни с 40–50 тыс. га в 30-е годы прошлого века до 650–700 тыс. га и более в годы массовой распашки целины продолжительность демутации залежи возросла с 10–12 лет до 30–35 лет и более по причине деградации почвы и уменьшения площади целинных земель [2–4]. Высокие темпы и сокращенный период восстановления залежной растительности в степях России в XIX, начале XX века подтверждаются другими авторами [5]. Время восстановления растительности и плодородия почв в залежной сукцессии значительно различается, более продолжительно восстановление плодородия на опустыненных землях, подвергнутых консервации, оно может длиться веками [6]. Этот процесс ступенчатый и зависит от многих причин: продуктивности растительно-

сти, физических и биологических условий в почве, поступления органического вещества (ОВ) в почву, интенсивности ее разложения и др. [7, 8]. Пространственно-временные изменения в постагрогенных почвах характеризуются одной и той же закономерностью – аккумуляцией большого количества ОВ в молодых залежах (бурьянная, бурьянно-корневищная стадии), в основном за счет ежегодного отмирания надземной фитомассы и образования значительного количества мортмассы на поверхности почвы, способствующих активному гумусообразованию именно на начальных стадиях зацелинения [9, 10]. В литературе имеются ограниченные экспериментальные данные по восстановлению залежных земель на разных экспозициях и элементарных ландшафтных позициях склонов, что весьма важно для выявления взаимовлияния растительности и почвы в условиях катены, а также рационального использования их в сельскохозяйственном производстве.

Цель исследования. Сравнительная оценка скорости восстановления растительного покрова 18-летней залежи и ее биопродуктивности по элементарным агроландшафтными позициям пологого склона сопряженно с плодородием почвы.

Материалы и методы. Исследуемая территория по почвенно-географическому районированию относится к Боградскому холмисто-сопочному степному району левобережной части Минусинской котловины, расположенному в приенсейской полосе [11]. Рельеф агроландшафтов представлен покатыми склонами северо-восточной экспозиции и пологими – юго-восточной и южной. Географические координаты местоположения: 54°40'514" северной широты и 90°42'371" восточной долготы. Климат резко континентальный (коэффициент континентальности составляет 212, годовой коэффициент увлажнения – 0,77) [12]. Подрайон умеренно-прохладный, недостаточно увлажненный. Сумма активных суточных температур выше 10 °С в среднем составляет 1700 °С. Объектом исследования послужил массив залежи площадью 1000 га, расположенный на длинном (2500 м) пологом склоне (уклон 1,5°) юго-восточной экспозиции. Изменение рельефа по склону плавное. Пашня подверглась консервации в 1995 г. и с 2008 по 2013 г. на ней проводилось сенокосение. Залежь находится в землепользовании крестьянско-фермерского хозяйства «Андряновский», развивающего животноводство мясного направления и в дальнейшем нацеленного на вовлечение залежи в севооборот. Полевые

изыскания были выполнены в августе 2013 г. (18-летняя залежь). Материалы не были опубликованы в научной литературе, а были выполнены в виде отчета по хозяйственной работе. Планировалось проведение мониторинга через 5 лет, однако весной 2018 г. нижнюю и верхнюю части склона фермер распахал.

Восстановительные сукцессии растительности и плодородия почв рассматривали на разных частях склона. Выбор линии геоморфологического профиля производился так, чтобы профиль пересек наиболее типичные формы рельефа и отразил разнообразие растительного и почвенного покрова ландшафтных позиций. На склоне по методике [13, 14] выделены элементарные ландшафты: трансэлювиальная (ТЭ¹ – верхняя и ТЭ² – средняя части склона) и элювиально-аккумулятивная (ЭА – нижняя часть склона). На позициях склона с помощью GPS фиксировались координаты и высота над уровнем моря. Площадь элементарных ландшафтов составила: 220 га – на ТЭ¹, 250 – на ТЭ² и 530 га – на ЭА. В центре каждого участка на площади 100 м² проводилось описание видового состава сообщества. Определяли проективное покрытие и встречаемость видов растений. Надземную массу фитоценозов учитывали на площадках 0,5х0,5 м в 10-кратной повторности, в том числе и содержание ветоши.

Методом сопряженного анализа количественных параметров (обилия и фитоценотической значимости видов с жизненными формами) определяли место и роль в восстановительной сукцессии. Учет массы корней проводили методом почвенного монолита [15]. Монолиты отбирали с площадок размером 0,25х0,25 м из генетических горизонтов (Адерн, А, АВ, Вса), с последующей отмывкой корней на ситах с отверстиями 3; 2 и 1 мм. Запасы фитомассы и мортмассы измеряли в т/га сухого вещества. При изучении структуры почвенного покрова проводилось описание морфологического строения профиля почв. На каждой позиции закладывали по три разреза с прикопками, отбирали образцы на анализ. Результаты исследования почв опубликованы в [16]. Почвы развиты на элювиально-делювиальных красноцветных супесчаных почвообразующих породах, залегающих на небольшой глубине (68–120 см). В структуре почвенного покрова на ТЭ¹ и ТЭ² доминируют черноземы южные маломощные, среднегумусированные, среднесуглинистые, слабодegradированные в комплексе с черноземами южными карбонатными легкосуглинистыми, среднеде-

градируемыми до 25–30 %. Для ЭА позиции характерны сочетания черноземов южных среднеспелых, среднегумусированных, среднесуглинистых, с черноземами южными солончаковыми. Недостаточность атмосферного увлажнения и резкая континентальность климата проявляются в ослабленном гумусонакоплении, уменьшенной мощности гумусового профиля (28–40 см) и повышенном горизонте карбонатных выделений (29,7–38,5 см). При этом трансформация органических остатков и их гумификация сопровождаются существенным обогащением гумусовых веществ азотом, и этот процесс идет в направлении его накопления сверху вниз по склону: (С:N) средняя – на ТЭ¹ и высокая – на ТЭ² и ЭА позициях. В нижней позиции обеспеченность подвижным фосфором – повышенная, калием – высокая, а на транслювиальных соответственно низкая и повышенная. Глубже 20 см содержание их падает до очень низких показателей.

Результаты и их обсуждение. В приенисейской полосе Хакасии подтип южных черноземов формируется под настоящими крупно-

дерновинными ковыльными, овсецовыми, а также мятликовыми степями [17]. Растительный покров исследуемой 18-летней залежи представлен корневищной и короткорневищно-рыхлокустовой стадиями демуляции. Корневищная стадия сформирована ковыльно-кострецовым фитоценозом (Ф1) и разнотравно-кострецовым (Ф2), корневищно-рыхлокустовая – типчаково-ковыльно-мятликовым (Ф3). Видовая насыщенность фитоценозов слабая (23 вида), и вниз по склону количество видов убывает. Роль вида в сообществе характеризуется коэффициентом фитоценотической значимости (КФЗ), представляющим произведение среднего проективного покрытия на встречаемость [18]. Чем выше его значение, тем более значим соответствующий вид. Основными эдификаторами, то есть средообразующими растениями на залежи, являются многолетние злаки (табл.1). Наиболее значимым фитоценотическим видом в сообществе на ТЭ¹ и ТЭ² позициях является кострец безостый (КФЗ – 540 и 528), а на ЭА – мятлик узколистный (КФЗ – 1429).

Таблица 1

Оценка роли вида в фитоценозах 18-летней залежи на разных позициях пологого склона юго-восточной экспозиции

Вид растений и ботанические группы в фитоценозах	Среднее проективное покрытие, %	Встречаемость, %	КФЗ
Ковыльно-кострецовый фитоценоз (ТЭ¹)			
Злаки: кострец безостый	41,5	13	539,5
пырей ползучий	12,0	7	84,0
ковыль волосатик	18,0	7	126,0
типчак валисский	0,5	2	1,0
Разнотравье	10,3	6	61,8
В т. ч. сорное	7,8	5	39,0
Разнотравно-кострецовый (ТЭ²)			
Злаки: кострец безостый	24,0	22	528,0
пырей ползучий	10,0	7	70,0
ковыль волосатик	7,5	9	67,5
типчак валисский	1,5	2	3,0
Разнотравье	22,0	7	154,0
В т. ч. сорное	16,0	4	64,0
Типчаково-ковыльно-мятликовый (ЭА)			
Злаки: мятлик узколистный	39,7	36	1429,2
ковыль волосатик	24,0	12	288,0
типчак валисский	24,0	12	288,0
Разнотравье	6,3	2	12,6
В т. ч. сорное	1,5	1	1,5

Кроме костреца в фитоценозах первых двух позиций заметно участие пырея ползучего. Отличия в фитоценозах этих стадий обусловлены появлением тырсы на ТЭ¹ (КФЗ – 126), инвазией мятлика узколистного и значительным обилием сорного разнотравья на ТЭ². Из разнотравья на верхних позициях преобладают корнеотпрысковые, стержнекорневые сорные растения: *Linaria vulgaris* Mill – лянника обыкновенная, *Cynoglossum officinale* L. – чернокорень лекарственный, *Lappula squarrosa* (Retz.) Dumort – липучка оттопыренная, *Fallopia convolvulus* (L.) A. Love – горец вьюнковый и др., а также степные многолетние травы и полыни. На ЭА позиции заметное развитие получили эдификаторы степных сообществ – ковыль волосатик и типчак валисский. Участие в данном фитоценозе сорного разнотравья минимальное. Таким образом, в более благоприятных гидротермических условиях ландшафта и плодородия почвы (потенциальное – среднее, запас гумуса в слое 0–20 см составил 113,9±8,2 т/га, V=14,5 % (критерий

оценки – гумус), эффективное – высокое [16]), восстановительные процессы ускоряются с выраженной тенденцией к вторичному зацелинению. Пространственный ряд фитоценозов характеризуется направленной необратимой сменной эдификаторов: от костреца на верхней позиции к кострецу с мятликом узколистным в средней и мятлику узколистному с ковылем волосатиком и типчаком валисским в нижней. Исследуемый ряд в основных чертах соответствует залежным сукцессиям степных зональных сообществ.

Фитомасса по профилю склона изменяется в зависимости не только от количества видов, но и от жизненного состояния эдификаторов и доминантов. Считается, что наиболее ценной в хозяйственном отношении является стадия доминирования корневищных злаков, дающих наибольшую кормовую массу. Однако на 18-летней залежи запас сена был максимальным в Ф.3 на нижней позиции склона и минимальный в Ф.2 – на средней (табл. 2).

Таблица 2

Биопродуктивность 18-летней залежи по разным позициям пологого склона юго-восточной экспозиции, т/га сухого вещества

Биомасса вещества	Ф.1(верхняя ТЭ ¹)	Ф.2 (средняя ТЭ ²)	Ф.3 (нижняя ЭА)
Надземная n=10	3,4±9,0 V*=33,4	2,3±4,5 V=25,1	3,1±5,3 V=21,4
Из них: сено	1,9±8,9 V=58,1	1,3±4,3 V=42,5	2,3±5,0 V=27,9
ветошь	1,5±2,8 V=24,5	1,0±2,1 V=26,2	0,8±3,3 V=48,4
Подземная в гумусовом слое	6,7 (66 %)	10,4 (82 %)	6,6 (68 %)
Из них: живые корни	4,6	7,2	3,2
мортмасса	2,1	3,2	3,4
Отношение надземная масса : подземная	0,51	0,22	0,47
Всего возможных источников гумуса	10,1 (100 %)	12,7 (100 %)	9,7 (100 %)

*V – коэффициент вариации, %.

Согласно десятибалльной шкале Н.И. Базилевич и Л.Е. Родина [19], такие ценозы характеризуются как малопродуктивные. Неоднородность почв по плодородию и эродированности обусловила пространственную пестроту продуктивности фитомассы трав и высокую вариабельность, особенно на транзитных позициях склона (V=58 и 42 %). В составе травостоя залежи наибольшая масса у злаков и ветоши. По-видимому, на эродированной почве транзитных позиций, где потенциальное плодородие низкое (запас гумуса в слое 0–20 см составил 75,1±13,0 т/га, V=38,7 %

– в верхней и 97,2±14,2 т/га, V=29,2 % – средней частях склона) (критерий оценки – гумус), эффективное – низкое и среднее [16], растительность длительное время находилась в инициальной стадии, о чем свидетельствуют неразложившиеся остатки на поверхности почвы крупных стеблей однолетних растений.

Биологическая продуктивность фитоценозов складывается из ОВ надземной и подземной частей, что определяет в итоге плодородие почвы. Основным источником гумуса у черноземов южных являются корневые остатки, на их долю

приходится от 66 до 82 % общего запаса биомассы. При анализе вертикального распределения корней в глубину установлено, что растения основную часть корневой системы закладывают в гумусовом горизонте от 7 до 10 т/га (Ад – 4,6–7,5 т/га; А – 1,4–1,8; АВ – 0,5–1,0 т/га). В иллювиально-карбонатном горизонте (слой 32–67 см – на ТЭ¹, ТЭ² и 40–68 см – на ЭА) их запас значительно уменьшается (0,7 т/га – Ф.1; 0,8 – Ф.2 и 0,6 т/га – Ф.3). Запас подземной массы в сообществах определяется соотношением процессов нарастания, отмирания и разложения корней в почве. Известно, что запас живых подземных органов от суммарного запаса живых и мертвых в луговых, настоящих и сухих степях Средней Сибири составляет 40–45 % [20, с. 167]. В нашем случае это соотношение составило 69 % в корневищной стадии и 48 % – в корневищно-рыхлокустовой, то есть последняя приближается к климакскому состоянию степной растительности (см. табл. 2).

Общий запас мортмассы, слагаемый ветвью и корневыми остатками, ниже запаса общей живой фитомассы в 1,8–2,0 раза – в корневищной стадии и в 1,3 раза – в корневищно-рыхлокустовой. На средней позиции склона (при неблагоприятных условиях почвенной среды) зеленая фитомасса самая низкая, при этом растения развивают максимальное количество живых корней, усиливающих поверхность поглощения влаги и питания (см. табл. 2). По литературным данным известно, что при снижении абсолютных значений зеленой части растений прослеживается еще большая доля в структуре фитомассы подземных органов [20, с. 172]. Суммируя надземную и подземную массы ОВ, общая биопродуктивность, производимая травянистыми сообществами, выразится величинами 10–13 т/га (см. табл. 2). Таким образом, больше всего источников гумуса аккумулируется в эродированной почве на ТЭ² позиции, что приводит к восстановлению плодородия почвы, но более длительному, чем на ТЭ¹ и ЭА позициях пологого склона, что должно учитываться при вовлечении залежи в севооборот.

Выводы. В условиях холмисто-сопочной степи Хакасии изменения в сукцессионных сообществах, находящихся на одном временном промежутке вторичного зацеplинения, определяются гидротермическим режимом ландшафтных позиций склона и плодородием эродированных почв. На всех элементарных позициях пологого склона 18-летней залежи фитоценозы прошли

инициальную стадию демутиации (бурьяна) и находятся на переходных стадиях. На трансэлювиальных позициях, где потенциальное плодородие почвы низкое, эффективное – низкое и среднее, сукцессионные процессы заторможены и находятся в корневищной стадии демутиации. В благоприятных гидротермических условиях ЭА позиции усиленная минерализация растительных остатков повышает плодородие почвы и, как следствие, возрастает продуктивность и скорость восстановительного процесса. Пространственный ряд фитоценозов характеризуется направленной необратимой сменой эдификаторов от более влаголюбивых к засухоустойчивым: от костреца на верхней позиции к кострецу с мятликом узколистым в средней и мятлику узколистному с ковылем волосатиком и типчаком валлиским в нижней. Залежные ценозы малопродуктивные (1,9–1,3 т/га – в стадии корневищных злаков и 2,3 т/га – корневищно-рыхлокустовых). Общая биопродуктивность варьирует от 10 до 13 т/га, из них 2,3–3,4 т/га составила надземная масса и 6,6–10,4 т/га – подземная. Больше всего источников гумуса аккумулируется в наиболее эродированной почве, средней части склона, где при значительном дефиците влаги и питания растения развивают максимальное количество живых корней. Таким образом, в сельскохозяйственный оборот можно вовлекать только нижнюю, восстановившуюся часть склона, а транзитные части оставить под естественные кормовые угодья.

Список источников

1. Черепнин Л.М. Естественные кормовые ресурсы Хакасии и перспективы их использования // Труды Южно-Енисейской экспедиции СОПС АН СССР. М.: АН СССР, 1954. Вып. 2. С. 116–128.
2. Зайченко О.А., Хакимзянова Ф.И. Особенности и темпы восстановления залежной растительности в степях Южно-Минусинской котловины // Аридные экосистемы. 1999. Т. 5. № 10. С. 65–70.
3. Кандалова Г.Т. Восстановление и использование растительности залежей юга Средней Сибири в современных условиях // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 6. С. 51–53.
4. Ревердатто В.В., Голубинцева В.П. Сорная растительность орошаемых и неоро-

- шаемых полей и залежей южносибирских степей. М.; Л.: Сельхозгиз, 1930. 78 с.
5. Тишков А.А. Сукцессии степной растительности // Степи Северной Евразии: мат-лы VI симп. Оренбург: ИПК «Газпромпечатъ» ООО «Оренбурггазпромсервис», 2012. С. 716–719.
 6. Кандалова Г.Т., Кутькина Н.В. Восстановление растительного покрова и плодородия опустыненных земель Сибири, подвергнутых стихийной консервации // Опустынивание земель и борьба с ним: мат-лы междунар. науч. конф. Абакан: ООО «Фирма «Март», 2007. С. 127–134.
 7. Дзыбов Д.С., Лапенко Н.Г. Зональные и вторичные бородачевые степи Ставрополя. Ставрополь: ГУПСК «Ставр. краевая типография», 2003. 224 с.
 8. Post W.M., Kwon K.C. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. URL: <https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/programs/CSEQ/terrestrial/postkwon2000/postkwon2000.html> (дата обращения: 15.06.2019).
 9. Орловский Н.В. Изучение естественных залежей на Уральской зональной зерновой опытной станции // Исследование почв Сибири и Казахстана. Новосибирск: Наука, 1979. С. 19–70.
 10. Кутькина Н.В., Еремина И.Г. Восстановление плодородия каштановых почв в условиях залежи // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 4. С. 9–11.
 11. Градобоев Н.Д. Природные условия и почвенный покров левобережной части Минусинской впадины // Почвы Минусинской впадины. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 183 с.
 12. Кутькина Н.В., Еремина И.Г. Биоклиматический потенциал залежных земель Хакасии // Аграрная наука. 2018. № 11-12. С. 66–69.
 13. Мордкович В.Г., Шатохина Н.Г., Тютлянова А.А. Степные катены. Новосибирск: Наука, 1985. 115 с.
 14. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов. Смоленск: Ойкумена, 2002. 288 с.
 15. Красильников П.К. Методика полевого изучения подземных частей растений. Л.: Наука, Ленинград. отд-ние, 1983. 207 с.
 16. Кутькина Н.В. Восстановление залежных земель в условиях степной катены Хакасии // Научная жизнь. 2019. Т. 14. Вып. 10. С. 1584–1596.
 17. Растительный покров Хакасии / отв ред. А.В. Куминова. Новосибирск: Наука, 1976. 423 с.
 18. Уфимцева М.Д. Индикаторная роль растительности при экологических исследованиях. URL: <http://www.eco.nw.ru/lib/data/10/07/020710.htm> (дата обращения: 18.11.2019).
 19. Базилевич Н.И., Родин Л.Е. Типы биологического круговорота зольных элементов и азота в основных зонах Северного полушария // Генезис, классификация и картография почв СССР: докл. к VIII междунар. конгр. Почвоведов. М.: Наука, 1964. С. 134–146.
 20. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. 293 с.

References

1. Cherepnin L.M. Estestvaennye kormovye resursy Hakasii i perspektivy ih ispol'zovaniya // Trudy Yuzhno-Enisejskoj `ekspedicii SOPS AN SSSR. M.: AN SSSR, 1954. Vyp. 2. S. 116–128.
2. Zajchenko O.A., Hakimzyanova F.I. Osobnosti i tempy vosstanovleniya zalezhoj rastitel'nosti v stepyah Yuzhno-Minusinskoj kotloviny // Aridnye `ekosistemy. 1999. T. 5. № 10. S. 65–70.
3. Kandalova G.T. Vosstanovlenie i ispol'zovanie rastitel'nosti zalezhej yuga Srednej Sibiri v sovremennyh usloviyah // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2011. № 6. S. 51–53.
4. Reverdatto V.V., Golubinceva V.P. Sornaya rastitel'nost' oroshaemyh i neoroshaemyh polej i zalezhej yuzhnosibirskih stepej. M.; L.: Sel'hozgiz, 1930. 78 s.
5. Tishkov A.A. Sukcessii stepnoj rastitel'nosti // Stepj Severnoj Evrazii: mat-ly VI simp. Orenburg: IPK «Gazprompechatъ» ООО «Orenburggazpromservisъ», 2012. S. 716–719.
6. Kandalova G.T., Kut'kina N.V. Vosstanovlenie rastitel'nogo pokrova i plodorodiya opustynennyh zemel' Sibiri, podvergnutyh stihijnoj konservacii // Opustynivanie zemel' i bor'ba s nim:

- mat-ly mezhdunar. nauch. konf. Abakan: OOO «Firma «Mart», 2007. S. 127–134.
7. Dzybov D.S., Lapenko N.G. Zonal'nye i vtorichnye borodachevye stepi Stavropol'ya. Stavropol': GUPSK «Stavr. kraevaya tipografiya», 2003. 224 s.
 8. Post W.M., Kwon K.C. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. URL: <https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/programs/CSEQ/terrestrial/postkwon2000/postkwon2000.html> (data obrascheniya: 15.06.2019).
 9. Orlovskij N.V. Izuchenie estestvennyh zalezhej na Ural'skoj zonal'noj zernovoj opytnoj stancii // Issledovanie pochv Sibiri i Kazahstana. Novosibirsk: Nauka, 1979. S. 19–70.
 10. Kut'kina N.V., Eremina I.G. Vosstanovlenie plodorodiya kashtanovyh pochv v usloviyah zalezhi // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2011. № 4. S. 9–11.
 11. Gradoboev N.D. Prirodnye usloviya i pochvennyj pokrov levoberezhnoj chasti Minusinskoj vpadiny // Pochvy Minusinskoj vpadiny. M.: Izd-vo AN SSSR, 1954. 183 s.
 12. Kut'kina N.V., Eremina I.G. Bioklimaticheskij potencial zaleznyh zemel' Hakasii // Agrarnaya nauka. 2018. № 11-12. S. 66–69.
 13. Mordkovich V.G., Shatohina N.G., Titlyanova A.A. Stepnye kateny. Novosibirsk: Nauka, 1985. 115 s.
 14. Glazovskaya M.A. Geohimicheskie osnovy tipologii i metodiki issledovaniya prirodnyh landshaftov. Smolensk: Ojkumena, 2002. 288 s.
 15. Krasil'nikov P.K. Metodika polevogo izucheniya podzemnyh chastej rastenij. L.: Nauka, Leningrad. otd-nie, 1983. 207 s.
 16. Kut'kina N.V. Vosstanovlenie zaleznyh zemel' v usloviyah stepnoj kateny Haka-sii // Nauchnaya zhizn'. 2019. T. 14. Vyp. 10. S. 1584–1596.
 17. Rastitel'nyj pokrov Hakasii / otv red. A.V. Kuminova. Novosibirsk: Nauka, 1976. 423 s.
 18. Ufimceva M.D. Indikatornaya rol' rastitel'nosti pri `ekologicheskikh issledovaniyah. URL: <http://www.eco.nw.ru/lib/data/10/07/020710.htm> (data obrascheniya: 18.11.2019).
 19. Bazilevich N.I., Rodin L.E. Tipy biologicheskogo krugovorota zol'nyh `elementov i azota v osnovnyh zonah Severnogo polushariya // Genezis, klassifikaciya i kartografiya pochv SSSR: dokl. k VIII mezhdunar. kongr. pochvedov. M.: Nauka, 1964. S. 134–146.
 20. Bazilevich N.I. Biologicheskaya produktivnost' `ekosistem Severnoj Evrazii. M.: Nauka, 1993. 293 s.

