

УДК 581.524.3

DOI 10.36305/0201-7997-2019-149-147-155

ВОССТАНОВЛЕНИЕ АГРОЭКОСИСТЕМ В РЕСПУБЛИКЕ ТЫВА

Анна Доржуевна Самбуу

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, г. Кызыл, 667007, Республика Тыва, г. Кызыл, ул. Интернациональная, 117/а,
e-mail: sambuu@mail.ru

Аннотация. До 1995 г. специальное изучение флоры и растительности агроэкосистем Тувы не проводилось. Исследованиям особенностей зарастания заброшенной пашни, видового состава растительности, продуктивности, стадий зацелинения и их длительности, перспектив их использования в качестве кормовых угодий посвящена данная работа. **Цель.** Определить основные тренды залежных экосистем в ходе сукцессии: изменение видового состава фитоценозов, набора доминантных видов, экологических групп растений, структуры растительного вещества и первичной продукции в разных эдафических условиях, но в одной климатической зоне. **Методы.** Для исследования каждой сукцессии были выбраны ключевые участки на исходной (контроль) и сукцессионной экосистемах, на которых изучали изменение видового состава сообществ, состава доминантов, запасов фитомассы и ее структуры. Исследования проводили в период 1997–2018 гг. **Результаты.** В условиях резко континентального климата Тувы развитие земледелия без орошения себя не оправдала. В 50–60 годы прошлого века были периоды массового освоения целинных земель. В начале 1990-х площади земель, обрабатываемых для возделывания сельхозкультур, стали резко сокращаться. **Заключение.** Показано, что залежная сукцессия протекает закономерно и синхронно. В аридных условиях Тувы начальная стадия сукцессии (0–4 года) – бурьян. Первая промежуточная стадия (4–7 лет) отмечается на всех залежах абсолютным доминированием пырея и появлением доминантов, характерных для определенного вида степей. Вторая промежуточная стадия (7–11 лет) отличается тем, что на всех залежах доминируют виды исходных коренных степей. Поздняя стадия (11–20 лет) – фаза становления терминальных сообществ с характерными для каждой ступени наборами видов, в том числе доминирующих.

Ключевые слова: агроэкосистема, степь, фитомасса, фитоценоз, демутация.

Введение

При исследовании восстановления залежных земель мы придерживаемся точки зрения Бигона с соавторами [1]: «вид присутствует в сообществе в том случае, если: 1. он способен достичь данного места; 2. условия и ресурсы данного места подходят; 3. он выдерживает конкуренцию и внедрения со стороны других видов. Следовательно, временная последовательность появления и исчезновения видов требует, чтобы сами условия, ресурсы и влияние других видов изменились во времени».

Особый вид сукцессии – восстановление изначальной экосистемы с помощью залежи. В нашей стране с 1990 по 2003 гг. произошло сокращение сельскохозяйственных угодий на 22,1 %. Общая площадь залежных земель в 2003 г. в стране составила 44 400 тыс. га. В Западной Сибири – 4 550 тыс га, а в Республике Тыва – 2 034 тыс. га, что соответствует 56,9 % бывшего в Туве до 1990 г. фонда сельскохозяйственных угодий [2]. На примере европейской луговой степи было показано, что залежная сукцессия одностороння, детерминирована, проходит определенные стадии и приводит к растительному сообществу, существовавшему до распашки целины [3–5].

Объекты и методы исследований

Республика Тыва (РТ) расположена в центре Азиатского материка между 50° и 54° с.ш. и 89° и 99° в.д. С запада на восток она простирается более чем на 700 км, с севера на юг в наиболее широкой части – на 380–450 км, в самой узкой – на 100 км, площадь составляет 168,6 тыс. км². С севера, запада и востока границы ее проходят по

водоразделам хребтов Западного и Восточного Саяна, Шапшальского и Чихачева и только на юге – по южным предгорьям Танну-Ола в пределах Котловины больших озер.

Положение в центре Азиатского материка наложило отпечаток на особенности ее климата. Наиболее ярко выраженная его черта – резкая континентальность, холодная малоснежная зима, теплое лето, малое количество осадков и большая амплитуда абсолютных и суточных температур. В течение всего теплого периода господствуют западные и северо-западные ветры. В Туву воздушные массы приходят сильно обедненные влагой. В связи с этим подветренные склоны и котловины получают очень мало осадков (200–230 мм в год).

Природные условия в Туве изменяются даже на незначительных расстояниях, поэтому не выделяют территории, которые на всем своем протяжении были бы вполне однородными по всему комплексу природных составляющих. Такими элементарно однородными территориями могут быть только почвенно-геоботанические выделы.

Залежная сукцессия исследовалась на пяти залежных участках в Турено-Уюкской (рис. 1), Центрально-Тувинской и Убса-Нурской котловинах Тувы в течение двадцати лет. Посевы пшеницы, ранее возделываемой на полях, были прекращены в 1994 году. Полное описание видового состава сообществ с выделением доминантов проводилось на 4-й, 7-й, 11-й и 20-й годы сукцессии (1997, 2001, 2005, 2015 гг.).

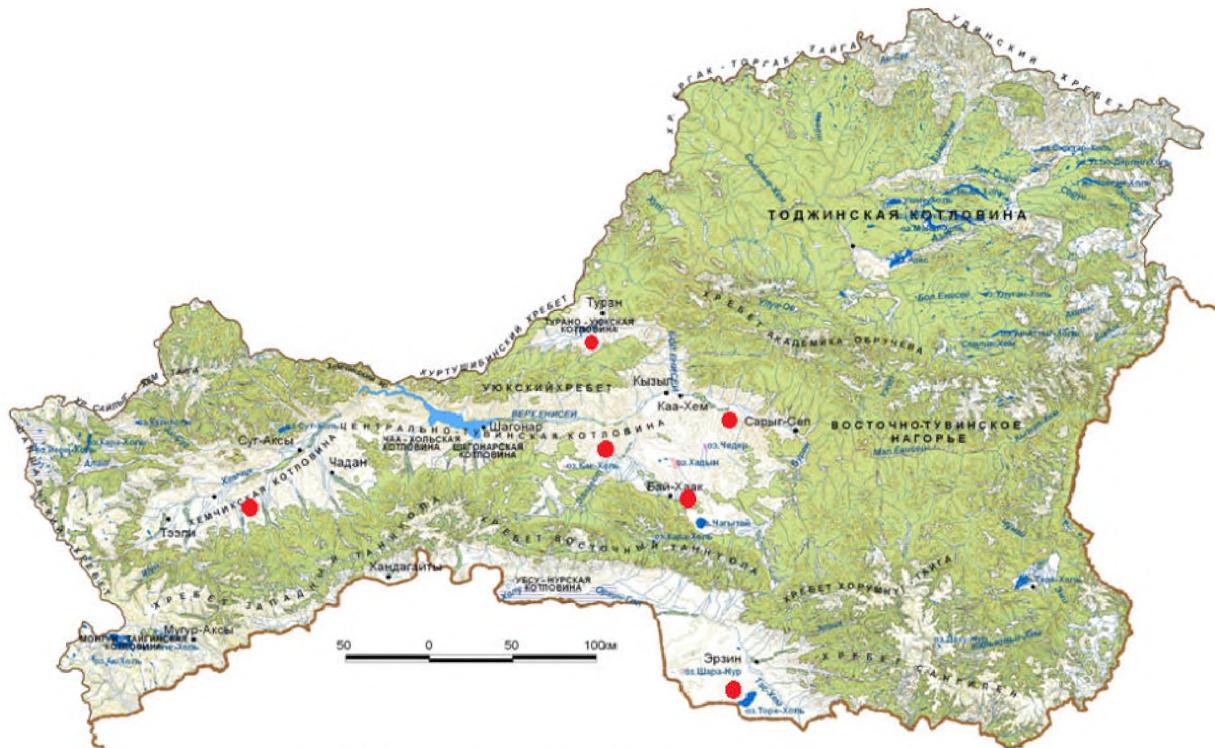


Рис. 1. Картосхема расположения ключевых участков
Fig. 1. Map of the location of key areas

Турено-Уюкская котловина получает наибольшее количество осадков – до 400 мм. Котловина входит в горную лесо-степную зону. К подгорной равнине приурочены луговые степи на обычновенных черноземах. Ключевой участок Сушь – первый член ряда: влажные местообитания → экстрасухие (табл. 1, рис. 2).

Центрально-Тувинская котловина протягивается в широтном направлении и включает в себя три котловины: Тувинскую, Улуг-Хемскую и Хемчикскую. Засушливость климата нарастает с востока на запад (см. рис. 1).

В Тувинской котловине в поясе среднегорья обычны настоящие степи на южных черноземах. Залежный участок Бай-Хаак расположен на черноземе южном (рис. 3). Низкогорье, т.е. дно котловины, представлено степями сухими и вторично опустыненными. На коренных террасах развиты каштановые среднемощные суглинистые почвы – участок Суг-Бажы (рис. 4).

Характеристика залежей

Таблица 1.

Table 1.

Resource Description

Название участка	Местоположение залежи	Исходная экосистема	Почва	Число видов на 100 м ²
Сушь	Турано-Уюкская котловина, подгорная равнина	Луговая степь	Обыкновенный чернозем	68
Бай-Хаак	Тувинская котловина, среднегорье	Настоящая степь	Южный чернозем	50
Суг-Бажы	Тувинская котловина, коренная терраса р. Кaa-Хем	Сухая степь	Каштановая среднемощная суглинистая	30-25
Эрги-Барлык	Хемчикская котловина, в долине среди мелкосопочника	Сухая степь	Каштановая мало-мощная с защебленной поверхностью	23
Ак-Чыраа	Юг Убса-Нурской котловины, выровненная поверхность	Опустыненная степь	Светло-каштановая маломощная супесчаная	28



Рис. 2. Участок луговой степи – Сушь
Fig. 2. A plot of meadow steppe – Sush'



Рис. 3. Участок настоящей степи – Бай-Хаак
Fig. 3. The plot of the true steppe – Bai-Haak



Рис. 4. Участок сухой степи – Суг-Бажы
Fig. 4. A plot of dry steppe - Sug-Bazhi



Рис. 5. Участок сухой степи – Эрги-Барлык
Fig. 5. A plot of dry steppe - Ergi-Barlyk



Рис. 6. Участок вторично-опустыненной степи – Ак-Чыраа
Fig. 6. The site of the secondary desertified steppe - Ak-Chyraa

Хемчикская котловина – наиболее аридная часть Центрально-Тувинской котловины. По данным метеостанции Тээли среднегодовое количество осадков не превышает 220 мм при среднеиюльской температуре 17,5°C. Почвы каштановые различного гранулометрического состава. В супесчаных разновидностях часто встречается поверхностная защебленность и резкое падение гумуса с глубиной. Залежь Эрги-Барлык приурочена к защебленной каштановой почве (рис. 5).

Убса-Нурская котловина наиболее аридизирована. Почвы здесь развиваются в условиях ярко выраженной сухости воздуха, низких температур в зимний период и длительной сезонной мерзлотности. Гумусовый горизонт почв имеет небольшую мощность и низкое содержание гумуса. Распределение гумуса по профилю зависит от гранулометрического состава. Особенно мало гумуса в маломощной супесчаной светло каштановой почве участка Ак-Чыраа, на юге Убса-Нурской котловины (рис. 6).

Соответственно гидротермическим и почвенным условиям набор экосистем включает степи от луговой, где число видов на 100 м² достигает 68, до опустыненной, где число видов в 2,5 раза ниже. Самое малое количество видов характерно для участка Эрги-Барлык, на почве которого из-за поверхностного защебления имеются голые пятна.

Ниже приводится краткое описание сукцессии на исследованных участках, каждый из которых является членом ряда север-юг от луговой степи на черноземе обыкновенном до вторично-опустыненной степи на светло-каштановой почве. Одновременно описывалась растительность зональных степей – терминальной стадии сукцессии.

Результаты и их обсуждение

При зарастании залежи проходят несколько стадий сукцессии, которые мы подразделяем на начальную (0–4 года), первую промежуточную (4–7 лет), вторую промежуточную (7–11 лет), позднюю (11–17 лет) и продвинутую (20 лет). Вероятно, конечная стадия длится более десяти лет. Каждая из этих стадий характеризуется четкими изменениями травостоя по всем исследованным параметрам.

Видовой состав фитоценозов залежей характеризовался показателем сходства (коэффициент Жаккара) (табл. 2).

В нашем случае показатель сходства характеризует приближение видового состава фитоценоза залежи к терминальной стадии – степи. Средний показатель закономерно возрастает от первой промежуточной стадии к конечной с 0,28 до 0,76 (при идентичном видовом составе коэффициент Жаккара равен 1). Повышение величины коэффициента Жаккара указывает на то, что с возрастом стадии сходство видового состава фитоценозов залежи и соответствующей степи увеличивается. Разные экосистемы приближаются к терминальной стадии с близкими, но все-таки отличающимися

скоростями. Введем коэффициент разброса $C = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{\bar{X}}$, где X_{\max} , X_{\min} , \bar{X} – максимальная, минимальная и средняя величина показателя сходства для разных залежей одной стадии сукцессии. Коэффициент C максимален для второй промежуточной стадии, когда бурьянистые и сорные виды исчезли в разной степени, а степные виды только появляются. Коэффициент сходства повышается, а величина C снижается на поздней стадии сукцессии, где степные виды составляют большинство. На конечной стадии сукцессии коэффициент сходства вновь повышается, но при этом повышается и коэффициент разброса. Практически все виды коренной степи уже присутствуют в травостое 20-летней залежи, что и приводит к повышению среднего показателя сходства до 0,80.

Таблица 2.
Показатель сходства (коэффициент Жаккара) видового состава сообществ на разных стадиях залежной сукцессии

Table 2.

The similarity index (Jacquard coefficient) of the species composition of communities at different stages of fallow succession

Залежь, название местности, тип экосистемы	Стадии сукцессии			
	4–7 лет	7–11 лет	11–17 лет	20 лет – коренная
Луговая степь Сушь	0,26	0,28	0,66	0,80
Настоящая степь Бай-Хаак	0,30	0,33	0,63	0,89
Сухая степь Суг-Бажы	0,30	0,51	0,65	0,80
Сухая степь Эрги-Барлык	0,33	0,32	0,69	0,72
Вторично опустыненная степь Ак-Чыра	0,21	0,38	0,75	0,79

Расположение изученных травяных экосистем в плоскости первых двух канонических переменных: все изученные экосистемы четко разделяются на 3 группы: 1) начальная стадия восстановительной сукцессии (4–7 лет), 2) следующая за ней стадия (11–20 лет) и 3) ненарушенная экосистема. При этом начальные стадии сукцессии четко отделяются от остальных по первой канонической переменной, а ненарушенные экосистемы – по второй, при этом проявляя удивительную схожесть с 4-летней стадией (рис. 7).

По величине стандартизованных коэффициентов для переменных (т.е. видов растений, входящих в каноническую переменную), можно судить о вкладе соответствующего вида в различие фитоценозов коренных степей и в различие сукцессионных стадий (табл. 3).

Фитоценозы всех залежей не только закономерно движутся к видовому составу своей терминальной стадии – коренной степи, но это движение происходит быстро и почти с одинаковой скоростью для всех исследованных вариантов.

Следующий анализ касался изменения жизненных форм травянистых растений [6]. Во внимание принималось около 80 % общей фитомассы. Если доля видов определенной жизненной формы была более 15 %, она входила в название соответствующей стадии. Учитывались три жизненные формы трав: стержнекорневая, корневищная, дерновинная.

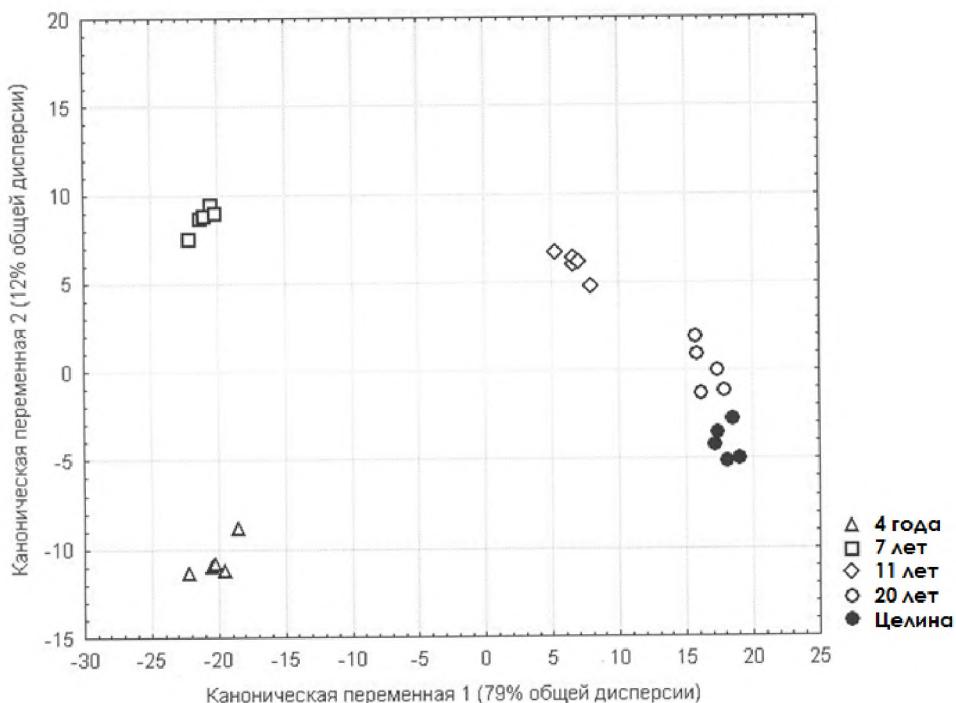


Рис. 7. Влияние длительности сукцессии на растительные сообщества
Fig. 7. Effect of succession duration on plant communities

Таблица 3.

Стандартизованные коэффициенты для переменных, включенных в функцию дискриминации разных стадий сукцессии (жирным шрифтом выделены три самые большие значения модуля в столбце)

Table 3.

Standardized coefficients for variables included in the discrimination function of different stages of succession (bold letters indicate the three largest module values in the column)

	Каноническая	Каноническая переменная 2
<i>Agropyron cristatum</i>	-0,96	-0,03
<i>Atriplex fera</i>	-0,57	0,26
<i>Artemisia anethifolia</i>	-0,52	0,75
<i>Astragalus dahurica</i>	0,01	0,89
<i>Astragalus melilotoides</i>	-0,30	-0,34
<i>Artemisia obtusiloba</i>	-0,37	-1,73
<i>Artemisia vulgaris</i>	-2,13	0,81
<i>Axyris sphaerosperma</i>	2,54	-0,27
<i>Axyris amaranthoides</i>	2,01	-0,53
<i>Artemisia scoparia</i>	-1,40	-0,44
<i>Artemisia commutata</i>	-0,30	-1,01
<i>Achnatherum splendens</i>	0,16	-0,81
<i>Achillea millefolium</i>	-0,66	-0,64

Превалирование тех или иных жизненных форм различно для залежей с разными терминальными стадиями. Травостой залежи Сушь проходит три различных фазы: от стержнекорневой к корневищной и от корневищной к дерновинной. Фитоценоз залежи Сосновка длительное время слагается стержнекорневыми и корневищными растениями и лишь на поздней стадии сукцессии к корневищным видам добавляются дерновинные. На залежи Суг-Бажы корневищные виды играют главную

роль на промежуточной стадии сукцессии. С 20-го года в травостое доминируют дерновинные формы. На сухой щебнистой почве участка Эрги-Барлык дерновинные и корневищные виды имеют почти равные доли на 11-ой промежуточной и поздней стадиях сукцессии. На участке опустыненной степи Ак-Чыраа, где терминальной стадией является вторично опустыненная степь, фитоценоз включает дерновинные виды уже с первой промежуточной стадии. На поздней стадии сукцессии дерновинные виды доминируют.

Следует отметить, что жизненные формы растений, которые доминируют в терминальном сообществе, появляются уже на ранних стадиях сукцессии.

Итак, сукцессия проявляется через постоянное изменение видового состава фитоценозов. Появляются новые виды, часть из появившихся видов выпадает, но часть сохраняется в травостое. Виды, появившиеся, затем сохранившиеся и создающие фитоценоз терминальной стадии, являются ведущими видами залежной сукцессии. Закономерности изменения видового состава фитоценозов качественно подобны для всех изученных залежей.

На всех участках число появившихся видов на первой промежуточной стадии сукцессии превышает сумму выпавших и сохранившихся видов. На второй промежуточной стадии появляются различия между луговыми и настоящими степями с одной стороны и сухими степями с другой. В первой паре залежей число появившихся видов превышает число выпавших, на всех остальных залежах число выпавших видов или превышает число появившихся или почти равно последним.

I-ая промежуточная фаза – это период максимального появления видов, а вторая промежуточная фаза – период максимального выпадения видов также на всех участках. Число сохранившихся видов нарастает в течение сукцессии и поздняя фаза – время максимального накопления видов.

Только на поздней стадии сукцессии появляются некоторые виды, которые являются участниками травостоя коренных степей. Их количество составляет обычно около 25–30 % от числа видов конечной стадии сукцессии. Среди поздно появляющихся видов два – *Caragana pygmaea* и *Helictotrichon altaicum* – зарегистрированы на всех шести участках; *Dianthus versicolor* и *Festuca valesiaca* – на четырех. Причины, почему эти виды, такие разные по морфологии, количеству и качеству семян, появляются только на поздней стадии сукцессии в большинстве залежных фитоценозов остаются невыясненными.

В течение конечной фазы сукцессии число видов в фитоценозе может увеличиваться еще на 20–25 % (в луговых и настоящих степях) или оставаться практически неизменным (в пределах годовых флюктуаций) в сухих степях. Таким образом, временем наибольших изменений в видовом составе травостоя является промежуточная стадия сукцессии, которая длится всего 7–8 лет.

Выводы

Проведя анализ развития фитоценозов на пяти залежах, чьи терминальные стадии составляют ряд от луговой до вторично опустыненной степи, мы отвечаем: «Залежная сукцессия протекает закономерно и направленно к своему терминальному состоянию».

Утверждение основано на следующих доказательствах:

1. Видовой состав фитоценоза залежи на поздней стадии сукцессии (20 лет) очень близок к видовому составу терминального сообщества. Показатель сходства видового состава этих объектов (коэффициент Жаккара) равен в среднем 0,76. Сукцессионный процесс направлен в сторону терминального сообщества.

2. Сукцессия протекает закономерно. На всех залежах появление новых видов максимально на первой промежуточной стадии сукцессии (4–7 лет), выпадение видов из травостоя максимально на второй промежуточной стадии (7–11 лет).

3. Видовой состав, близкий к терминальному сообществу, формируется раньше, чем структура доминирования. Однако на поздней стадии сукцессии все доминанты представлены степными видами и более половины из них доминируют в коренных соответствующих степях.

Благодарности

Исследования выполнены при поддержке РФФИ № 19-29-05208 мк.

Acknowledgements

The reported study was funded by RFBR according to the research project № 19-29-05208-mk.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяция и сообщества. М.: Мир, 1989. Т. 2. 477 с.
2. Люри Д.И., Горячин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX в. и постагрогенное восстановление растительности и почв». М.: ГЕОС, 2010. 415 с.
3. Комаров Н.Ф. Распашка степей и демутация травостоя и залежей. Смена растительности залежей, как эндодинамический процесс // Этапы и факторы эволюции растительного покрова черноземных степей. М.: Гос. изд-во географической литературы, 1951. С. 256–275.
4. Тишков А.А. Географические особенности первичных и вторичных сукцессий. Общие проблемы биоценологии. М.: Наука, 1986. С. 61–63.
5. Филатова Т.Д., Золотухин Н.И., Золотухина И.Б., Собакинских В.Д. Сравнительное изучение растительности целинных степей и залежных участков Центрально-Черноземного заповедника // Изучение и охрана природы лесостепи. Тула. Мин. прир. рес. РФ. 2002. С. 43–47.
6. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высшая школа, 1962. 375 с.

REFERENCES

1. Bigon M., Harper J., Townsend K. *Ecology. Individuals, populations and communities*. Moscow: Mir, 1989. 2: 477 p. [In Russian]
2. Lurie D.I., Goryachin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. *Dynamics of agricultural lands of Russia in the XX century and postagrogenic restoration of vegetation and soils*. Moscow: GEOS, 2010. 415 p. [In Russian]
3. Komarov N.F. Plowing steppes and demutation of grass and deposits. Change of vegetation of deposits as endodynamic process. *Stages and factors of evolution of vegetation cover of Chernozem steppes*. Moscow: State publishing house of geographical literature, 1951: 256–275. [In Russian]
4. Tishkov A.A. Geographical features of primary and secondary successions. *General problems of biocenology*. Moscow: Nauka, 1986: 61–63. [In Russian]
5. Filatova T.D., Zolotukhin N.I., Zolotukhina I.B., Sobakinskikh V.D. Comparative study of vegetation of virgin steppes and fallow areas of the Central Chernozem reserve. Tula: Natural resources Ministry of the Russian Federation, 2002: 43–47. [In Russian]

6. Serebryakov I.G. *Ecological morphology of plants. Life forms of angiosperms and conifers.* Moscow: Vysshaya shkola, 1962. 375 p. [In Russian]

Sambuu A.D. Restoration of agroecosystems in the Republic of Tyva // Works of the State Nikit. Botan. Gard. 2019. Vol. 149. P. 147-155.

Abstract. Until 1995, a special study of the flora and vegetation of Tuva agroecosystems was not carried out. This work is devoted to the research of features of overgrowth of abandoned arable land, species composition of vegetation, productivity, stages of healing and their duration, prospects of their use as forage lands. **Purpose.** To determine the main trends of fallow ecosystems in the course of succession: changes in the species composition of phytocenoses, a set of dominant species, ecological groups of plants, the structure of plant matter and primary products in different edaphic conditions, but in the same climatic zone. **Methods.** For the study of each succession, key sites on the initial (control) and successional ecosystems were selected, where changes in the species composition of communities, the composition of dominants, phytomass stocks and its structure were studied. The studies were conducted in the period 1997–2018. **Results.** In the sharply continental climate of Tuva, the development of agriculture without irrigation has not justified itself. In the 50-60 years of the last century there were periods of mass development of virgin lands. In the early 1990s, the area of land cultivated for cultivation began to decline sharply. It is shown that the fallow succession proceeds naturally and synchronously. **Summary.** In arid conditions of Tuva, the initial stage of succession (0–4 years) is weeds. The first intermediate stage (4–7 years) is marked on all deposits by the absolute dominance of wheatgrass and the appearance of dominants characteristic of a certain type of steppes. The second intermediate stage (7–11 years) is characterized in that all deposits are dominated by species of the original indigenous steppes. The late stage (11–20 years) is the phase of formation of terminal communities with characteristic sets of species for each steppe, including the dominant ones.

Key words: *agroecosystems; steppe; phytomass; phytozenose; demutation*