

ИНВАЗИЙНЫЕ СУКЦЕССИИ КАК ИНДИКАТОР ОПУСТЫНИВАНИЯ СУХИХ СТЕПЕЙ НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ МОНГОЛИИ

© 2015 Бажа С.Н.¹, Гунин П.Д.¹, Данжалова Е.В.¹, Дробышев Ю.И.¹,
Казанцева Т.И.², Ариунболд Э.³, Мягмарсүрэн Д.⁴, Хадбаатар С.⁵,
Цэрэнханд Г.³

¹ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, monexp@mail.ru

² Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, bulgancum@gmail.com

³ Институт ботаники Академии наук Монголии, Улан-Батор, Монголия, gtseren@yahoo.com

⁴ Институт геоэкологии Академии наук Монголии, Улан-Батор, Монголия

⁵ Монгольский государственный университет образования, Улан-Батор, Монголия,
hadbaatar@mail.ru

Поступила в редакцию 16.06.2014

За последние десятилетия в результате резкого роста пастбищных нагрузок и длительного засушливого периода произошло упрощение структуры степных сообществ Центральной Монголии за счёт снижения видового разнообразия и обилия коренных доминантов этих степей – дерновинных злаков. В результате исследования было выявлено два типа внедрения инвазийных видов из различных ландшафтов: а) экстра- и интразональных и б) зональных. Первый тип сукцессий характеризуется очаговым распространением *Ephedra sinica* из экосистем низкогорных и мелкосопочных ландшафтов на окружающие их подгорные равнины. Второй тип в сухих степях связан с экспансией дерновинного лука *Allium polyrrhizum* из подзоны пустынных степей. Его распространение носит, в основном, фронтальный характер, и обусловлено ослаблением конкурентоспособности коренных видов злаковых сообществ в связи с их значительной дигрессией. Дополнительным фактором, обеспечивающим условия для внедрения, является эоловое подщелачивание верхних горизонтов зональных каштановых почв. Эколого-биологические особенности этих двух видов позволяют диагностировать вышеуказанные процессы как биологическое опустынивание. Широкий ареал *Ephedra sinica* и *Allium polyrrhizum* говорит о прогрессивной направленности данных типов сукцессий, в результате чего границы ареалов этих пустынно-степных видов достигли в настоящее время южной периферии бассейна Байкала. Описанные в статье процессы приводят к непригодности пастбищ для выпаса скота и ставят под угрозу ведение скотоводства в центральной части Монголии.

Ключевые слова: сукцессия, *Ephedra sinica*, *Allium polyrrhizum*, инвазийный вид, сухие степи, пастбищная дигрессия, опустынивание, Центральная Монголия.

Введение

По определению Е.М. Лавренко [Лавренко и др., 1991], к степям как к типу растительности относятся травяные сообщества северного умеренного пояса с господством дерновинных видов, в подавляющем большинстве крупно- и мелкодерновинных злаков из родов *Stipa*, *Festuca*, *Agropyron*, *Koeleria*,

Cleistogenes, *Helictotrichon*, реже осок (*Carex*) и луков (*Allium*), которые создают основу травостоя и формируют максимум фитомассы. Довольно значительно в степях представлено разнотравье, количество которого в видовом и продукционном отношении уменьшается при движении с севера на юг. Кроме того, различиями в механическом составе почвообра-

зующих пород обусловлены в степях чётко выраженные синузии полукустарничков (*Artemisia*) и кустарников (*Spiraea*, *Caragana* и др.).

Наиболее распространённым подзональным типом степей в Монголии являются сухие дерновиннозлаковые степи на каштановых почвах, образующие широкую полосу на равнинах в центральной и восточной её частях и занимающие почти 35% от всей площади степей, или 15% от площади страны [Ecosystems of Mongolia, 2005]. В составе дерновинных злаков здесь преобладают *Stipa krylovii*, *Cleistogenes squarrosa*, *Agropyron cristatum*, *Koeleria cristata*, реже *Poa botryoides* и *Stipa grandis* [Сухие степи..., 1984; Лавренко и др., 1991]. Сухие степи характеризуются сравнительно ограниченным участием луков и разнотравья (*Allium anisopodium*, *A. bidentatum*, *A. tenuissimum*, *Potentilla acaulis*, *Sibbaldianthe adpressa*). Эдифика-торную роль в сухих степях довольно часто играют ксерофитные кустарники *Caragana* (*C. microphylla*, *C. stenophylla* и *C. pygmaea*), распространение которых связано с повышенной щебнистостью почвенного субстрата или опесчаненностью поверхностных горизонтов почв [Юнатов, 1950]. Кроме того, сухие степи характеризуются примесью полукустарничков (*Artemisia frigida*, *A. adamsii* и *Kochia prostrata*). Для них также свойственно наличие летне-осенних однолетников – родов *Chenopodium*, *Artemisia*, *Dontostemon*, *Chamaerhodos*, которые сильно разрастаются во влажные годы [Сухие степи..., 1984].

Признаки пастбищной дигрессии в Монголии отмечались ещё в середине прошлого века. В исследованиях, проведённых в 1950–1960-х гг., А.А. Юнатов [1950], Ю.М. Мирошниченко [1964; 2004] и О. Чогний [1988] отмечали полукустарничек *Artemisia frigida*, как вид, усиленно разрастающийся при выпасе и имеющий

большую устойчивость к пастбищному режиму. Кроме того, к положительно реагирующим на выпас видам авторы относят *Leymus chinensis*, *Carex duriuscula*, *Thermopsis lanceolata*, *Artemisia changaica*, *Potentilla acaulis*, *Schizonepeta multifida*. Ц. Даважамц [1954], проводивший исследования степей в Убурхангайском аймаке, также указывал на возрастание участия *Carex duriuscula* и *Artemisia frigida*, а также *Kochia prostrata* и *Allium anisopodium* при усилении выпаса. Исследования, выполненные в 1970-х гг. на стационаре сомона Баян-Унджул, также выявили караганово-злаково-холоднопопынные пастбища как подверженный чрезмерному выпасу вариант в дигрессионном ряду караганово-злаковых пастбищ. Отличительной особенностью дигрессивного варианта разнотравно-злаковых пастбищ является обилие *Carex duriuscula* и *Cleistogenes squarrosa*, что позволило сделать вывод о формировании на участках с режимом неумеренного выпаса змеёвково-осоково-холоднопопынных сообществ [Сухие степи..., 1984].

Усилившаяся за последние 20 лет пастбищная нагрузка, обусловленная переходом Монголии к рыночной экономике и ростом численности скотоводческих хозяйств и поголовья скота в 2–3 раза [Гунин и др., 2009; Ариунболд, 2014], способствует интенсификации процессов дигрессии растительных сообществ и деградации экосистем в целом. Так, исследования, проведённые вдоль Трансмонгольской железной дороги, показали, что среди растительных сообществ степей стали преобладать участки с сильно и очень сильно нарушенным растительным покровом [Микляева и др., 2004; Микляева, Факхире, 2004]. При сравнении участков, находящихся в зоне отчуждения железной дороги более 50 лет, с их ландшафтно-экологическими аналогами в режиме выпаса, была выявлена положительная реакция на выпас у кустарников рода *Caragana*, а также у полукустарничков

рода *Artemisia* (*A. adamsii*, *A. frigida*); среди других видов активную роль в сукцессиях на пастбищах играют корневищные растения *Carex duriuscula*, *Leymus chinensis* и *Potentilla acaulis*.

В последнее десятилетие (2004–2014 гг.), в связи с продолжающимся значительным увеличением антропогенной нагрузки на фоне участвовавших засух, наблюдается трансформация растительного покрова в экосистемах сухих степей. Под трансформацией мы понимаем такое состояние растительного сообщества, при котором участие коренных эдификаторов становится незначительным или происходит их полное выпадение из состава фитоценоза [Бажа и др., 2008; Vazha et al., 2012]. Немаловажным признаком этого процесса в подзоне сухих степей является инвазия в растительные сообщества и расширение обитания таких пустынно-степных видов, как гармала чернушкообразная (*Peganum nigellastrum*), ковыль опьяняющий (*Stipa inebrians*), эфедра китайская (*Ephedra sinica*) и лук многокорневой (*Allium polyrrhizum*) [Gunin et al., 2013]. Согласно классификации инвазийных растений по степени их агрессивности и особенностям распространения, рассматриваемые виды могут быть отнесены к «трансформерам» [Richardson et al., 2000], отличительной особенностью которых служит активное внедрение в естественные и полустепные сообщества, ведущее к изменению облика экосистем и нарушению сложившихся фитоценологических связей. Эти виды начинают играть роль эдификаторов и доминантов, образуют одновидовые заросли и (или) препятствуют возобновлению нативной флоры [Акатов, Акатова, 2010; Нотов и др., 2010]. Исследования, проведённые в сообществах сухих степей Центральной Монголии, показали, что в настоящее время на больших пространствах сформировались сообщества с доминированием *Ephedra sinica* и *Allium*

polyrrhizum, что диктует необходимость более детального рассмотрения эколого-биологических особенностей этих двух видов и выявления причин их распространения.

Материалы и методы

Состояние сухих степей изучалось в южной части Центрального и северной части Среднегобийского аймаков. Рельеф на исследуемых территориях представлен полого-волнистыми и холмисто-увалистыми равнинами и низкогорными массивами. Климат резко континентальный с холодной зимой (средняя температура января $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$), тёплым летом (средняя температура июля $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$), небольшим количеством осадков (165–280 мм в год), максимум которых приходится на вторую половину июля – август, и частым повторением засух, наблюдающихся в течение 2–3 лет из 10 [Береснева, 1984]. Согласно ботанико-географическому районированию Е.М. Лавренко [1970], изученные нами степи относятся к Среднехалхаской подпровинции Монгольской провинции степей Евразии. В последнем районировании, предложенном Р.В. Камелиным [2010], исследуемый регион относится к Халхаскому округу Дариганго-Восточно-Монгольской переходной территории.

Полевые исследования проводились в период максимального развития травостоя (середина июля – середина августа) 2008–2013 гг. В сообществах выполняли подробные геоботанические описания на участках площадью 100 м^2 . Фитоценологические показатели (численность, проективное покрытие и надземная фитомасса травянистых растений) определяли на площадках размером 1 м^2 в трёх-пяти повторностях. У инвазийных видов проведено изучение биоморфометрических показателей: высота и диаметр кроны у *Ephedra sinica* и диаметр дерновин, количество вегетативных и генеративных побегов, их высота у *Allium polyrrhizum*

на трансектах 10×1 м. Подземная фитомасса определялась до глубины 1 м у *Ephedra sinica* и до глубины 30 см у *Allium polyrrhizum* на площадках 1 м². Проведена оценка жизненного состояния корневых эдификаторов этих степей – дерновинных злаков *Stipa krylovii*, *S. gobica*, *Cleistogenes squarrosa* и *Allium polyrrhizum*. Кроме того, на основе анатомических исследований был произведён учёт покоящихся дерновин злаков и лука многокорневого и определено соотношение мёртвых и живых корешков по специальной методике [Еникеев и др., 1995; Барыкина и др., 2000]. Всего было исследовано 27 464 анатомических среза из 145 дерновин *Stipa krylovii*, *S. gobica*, *Cleistogenes squarrosa* и *Allium polyrrhizum*, что позволило выявить количество отмерших особей в популяциях исследуемых видов.

Результаты и обсуждение

Эфедрa китайская –
Ephedra sinica Stapf

Вечнозелёный приземистый кустарничек и наиболее широко распространённый вид семейства хвойниковые (*Ephedraceae*), отмеченный в 13 из 16 ботанико-географических районов Монголии [Губанов, 1996]. А.А. Юнатов [1954], характеризуя географическое распространение этого вида, отмечал, что он тяготеет преимущественно к степным и пустынно-степным ландшафтам. По данным В.И. Грубова [1982], вид встречается по скалистым и каменистым склонам гор и сопок, по бортам и щебнистым днищам сайров, на полужакреплённых песках. По данным исследований 1970–1980-х гг., он неоднократно встречался в растительных сообществах горных экосистем Гобийского и Монгольского Алтая, Гобийского Тянь-Шаня, южного макросклона Хангая, в мелкосопочниках пустынно-степной зоны Северной, Алашаньской и Восточной Гоби [Юнатов, 1954; 1974;

Волкова, 1976; Карамышева, Банзрагч, 1976; Банзрагч и др., 1978; Грубов, 1982; Дарийма, Ульзийхутаг, 1984; Степи Восточного Хангая, 1986], реже в сухих степях Средней Халхи. Авторы отмечали, что доленое участие эфедры в сообществах горных экосистем составляет не более 1%, где этот вид очень редко выступает как доминант.

Однако в дальнейшем было обнаружено внедрение и экспансия *Ephedra sinica* из горных экосистем в сухостепные сообщества межгорных долин, в том числе на равнины Центральной Монголии [Гунин и др., 1993; 2012]. Так, значительная экспансия хвойника китайского отмечена в сомонах Гурван-Тэс Южно-Гобийского аймака, Баян-Унджул и Баян-Цаган Центрального аймака и Эрдэнэ-Далай и Гурван-Сайхан Среднегобийского аймака.

Проведённые на территории стационара в сомоне Баян-Унджул в 1970–1980-х гг. исследования не выявили сообществ из *Ephedra sinica*, а отдельные скопления особей этого вида характерны-звались редкой встречаемостью и были характерны только для отдельных местообитаний в песчаных массивах, на каменистых склонах средневысотных гор и петрофитных выбросах поселений грызунов [Дашням, 1974; Сухие степи..., 1984]. В 2007–2008 гг. впервые установлены прогрессирующие сукцессии с эдификаторной ролью *E. sinica* для пастбищных экосистем сомона Баян-Унджул [Казанцева и др., 2008]. Исследования показали, что вид внедряется как в экосистемы низкогорных массивов и каменистых склонов мелкосопочников, так и в экосистемы равнин (табл. 1).

Так, на северо-востоке сомона в средней части пологого склона низкого мелкосопочника обнаружено эфедровое с синузией однолетников сообщество, где проективное покрытие *E. sinica* составило 12% (26 парциальных кустов на 1 м²) (участок 13). Сообщество отличалось низкими показателями

видовой насыщенности и обилия многолетних трав. С меньшими значениями фитоценологических показателей (4%, 10–11 парциальных кустов на 1 м²) кустарничек отмечен на пологих склонах гор, расположенных в западной части сомона, в луково-осоково-злаково-эфедровом с караганой сообществе (участок 17) и в ложбине стока в злаково-эфедровом с синузией однолетников сообществе (участок 20). Участие многолетних видов в этих ценозах составило 7–12%. В южной части сомона на холмистой, слабо наклонной равнине в злаково-эфедровом с синузией однолетников сообществе (участок 27) изучаемый кустарничек формировал 7% проективного покрытия (15 парциальных кустов на 1 м²). На приподнятой, наклонной, сильно расчленённой равнине в центральной части сомона *E. sinica* отмечена в злаково-эфедровом с караганами и синузией однолетников сообществе (участок 14), где на 1 м² произрастало, в среднем, 13.5 парциального куста с проективным покрытием 5%. Проективное покрытие многолетних видов в этих сообществах составило 5–9.5%. В хорошо разработанных ложбинах стока формируются эфедровые с синузией однолетников сообщества (участок 18), где обилие эфедры возрастает до 25% покрытия (72 парциальных куста на 1 м²). В западной части этой равнины в сильно деградированном эфедровом с караганой (*Caragana pygmaea*) и синузией однолетников сообществе (участок 26) кустарничек формировал также 25% (69 парциальных кустов на 1 м²). С таким же проективным покрытием, но меньшим количеством парциальных кустов на 1 м² (29) эфедра отмечена в луково (*Allium. polyrrhizum*)-эфедровом с синузией однолетников сообществе на севере сомона (участок 25). Проективное покрытие луков там составило 11%. Картографирование состояния степных экосистем в сомоне Баян-Унджул показало, что к

настоящему времени эфедра входит в состав сообществ, занимающих уже более 1/3 площади сомона [Гунин и др., 2012]. При этом следует отметить, что ареал *E. sinica* на территории сомона имеет мозаичный характер, а отдельные скопления этого вида, представляющие зачастую монодоминантные сообщества, зарегистрированы на территории других сомонах, расположенных с востока, юга и юго-запада от сомона Баян-Унджул.

С восточной стороны от сомона Баян-Унджул эфедровые сообщества были обнаружены на пологоувалистых равнинах сомона Баян-Цаган Центрального аймака, в которых общая надземная фитомасса благодаря хорошему развитию однолетников в 2008 г. достигала 70 г/м², а доля эфедры в её структуре превышала 30% (участок 11). С южной стороны эфедровые сообщества, приуроченные к делювиальным шлейфам гранитных массивов и полого-увалистым равнинам, также отмечены в ряде сомонах Среднегобийского аймака (Гоби-Угтал, Эрдэнэдалай), где обнаружены местообитания с максимальными значениями проективного покрытия и надземной фитомассы. Так, в сомоне Гоби-Угтал в северной части гранитного массива Их-Газрын-Чулуу на полого-наклонном делювиальном шлейфе с каштановыми намытыми почвами (точка МГ-IV) на участках рефугиумов со сгущениями эфедры проективное покрытие травостоя и надземная фитомасса возрастали в 4 раза и составляли соответственно 20.3% и 134.5 г/м². Более 90% фитомассы принадлежало эфедре. Около 9% общей массы формировали одно-, двулетние виды (*Artemisia pectinata*, *A. scoparia*, *Chenopodium aristatum*, *Dracocephalum foetidum*, *Salsola collina*). Из многолетних видов в сообществе представлены житняк *Agropyron cristatum* и *Eurodium stephanianum*. Однако их участие по фитомассе невелико (менее 1%) (табл. 2).

Таблица 2. Фитоценоотические показатели эфедровых сообществ в Среднегобийском аймаке (2009 г.)

Жизненная форма, вид	МГ-IV Гоби-Угтал N 45°47'05.1" E 107°15'16.1" h=1440 м				ЭД-I-1 Эрдэнэдалай N 46°25'45.7" E 105°18'52.2" h=1521 м			
	фон		сгущение		фон		сгущение	
	а*	б**	а	б	а	б	а	б
Кустарники								
<i>Caragana stenophylla</i>					0.1	+		
Кустарнички								
<i>Ephedra sinica</i>	1.3	7.7	16.7	121.2	3.0	10.9	26.0	131.4
Травы многолетние								
злаки								
<i>Agropyron cristatum</i>			0.1	0.1				
<i>Stipa krylovii</i>					1.8	1.8	1.0	0.8
луки								
<i>Allium anisopodium</i>					+	+		
осоки								
<i>Carex duriuscula</i>					0.1	+		
разнотравье								
<i>Erodium stephanianum</i>			0.8	1.2				
Травы одно-, двулетние								
<i>Artemisia pectinata</i>	1.0	3.3	1.2	2.8				
<i>A. scoparia</i>	2.5	20.4	1.0	8.8				
<i>Chenopodium aristatum</i>			0.4	0.3				
<i>Dracocephalum foetidum</i>			0.1	0.1				
<i>Salsola collina</i>			+	+				
Итого	4.8	31.4	20.3	134.5	7.5	12.7	27.0	132.2

а* – проективное покрытие (%), б** – надземная фитомасса (г/м²)

На фоновом участке растительность представлена эфедровым с синузией однолетников сообществом. Проективное покрытие травостоя составило около 5%, общая надземная фитомасса – 31.4 г/м² (табл. 2). Более 20% фитомассы формировала *Ephedra sinica*.

В северо-восточной части сомона Эрдэнэдалай на полого-волнистом плато в фоновых условиях было исследовано крыловоковыльно-эфедровое сообщество на каштановых маломощных почвах (точка ЭД-I-1), где общее проективное покрытие составило 7.5%, а надземная фитомасса поликарпических видов – 12.7 г/м². Более 85% общей массы принадлежит *Ephedra sinica* (табл. 2). В местах сгущения эфедры её проективное покрытие увеличивается в 8 раз, общая надземная фитомасса – более чем в 12 раз. На таких участках кустарничек формировал почти 100% общей массы

(табл. 2). В рассматриваемом сообществе у эфедры чётко проявлялась приуроченность к кислым породам (граниты); у выходов пород с щелочной реакцией (сланцев) она исчезала. *Stipa krylovii* находилась в угнетённом состоянии с максимальными значениями надземной фитомассы менее 2 г/м². На 100 м² выявлено 295 дерновин ковыля, из которых 35% были отмершими. Здесь часто наблюдаются случаи прорастания эфедры через дерновины ковыля.

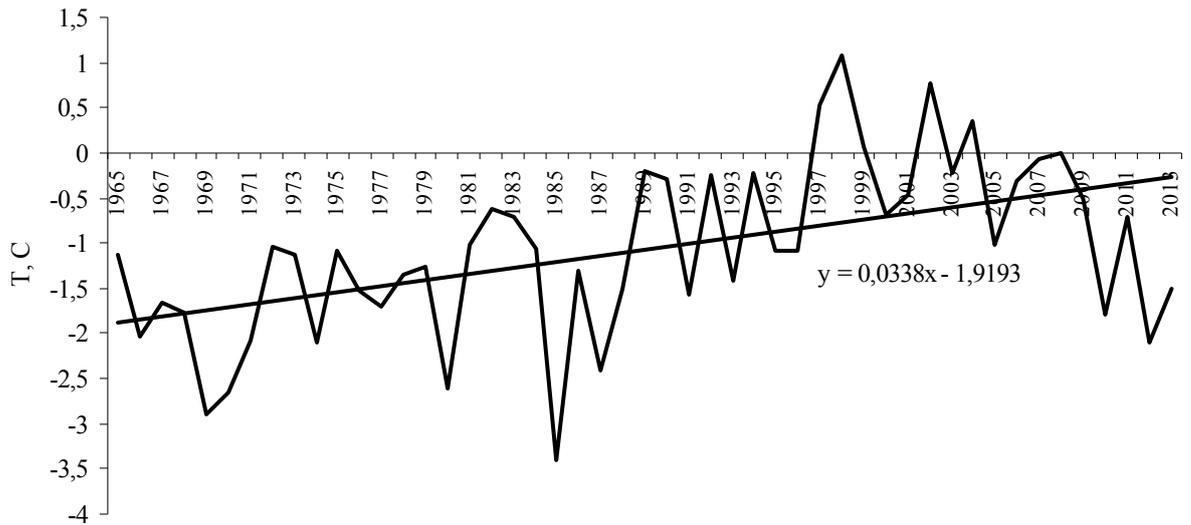
Как ранее отмечалось, распространение хвойника китайского в зональные степные сообщества, как правило, происходит из экосистем мелкосопочников и низкогорных массивов. Так, в сомоне Гурван-Сайхан были исследованы весьма показательные эфедровые сообщества по профилю, включающему горный массив Их-Эрэн-Обо, сайр вдоль склона, шлейф и прилегающую

равнину. На северном склоне каменистого ущелья такие сообщества (точка ГС-VIII-1), в основном, сформированы из материнских особей с хорошо выраженными стволиками диаметром 2 см, размеры которых по высоте достигают 28 см с диаметром кроны более 50 см. По бортам и руслу сайра (точка ГС-VIII-2), выходящего из этого ущелья и пересекающего полого-наклонный склон, отмечены крупные куртины эфедры, состоящие из вегетативной поросли, диаметром 1.4–5.5 м. Внутри таких куртин средние значения высоты и диаметра кроны парциальных кустов составили 13 см и 3.1 см, соответственно. На 1 м² насчитывалось, в среднем, 90 парциальных кустов, которые составили 41% проективного покрытия, а значения надземной фитомассы достигали 294 г/м². В прилегающей долине было исследовано мозаичное эфедровое сообщество на каштановых суглинистых почвах (точка ГС-VII). Соотношение пятен с *Ephedra sinica* к оголётной поверхности составило 50:50. Проективное покрытие равнялось 18.5%, надземная фитомасса – 35.3 г/м². На 1 м² отмечено, в среднем, 42 парциальных куста. Все особи характеризуются незначительными (менее 5 см) размерами. В структуре надземной фитомассы кустарничек формировал более 85%. Коренные эдификаторы сухих степей (*Stipa krylovii*, *Cleistogenes squarrosa*) отмечены с небольшим обилием. Кроме того, в незначительном количестве встречаются полыни – *Artemisia frigida* и *A. pectinata*. Таким образом, различные жизненные формы особей эфедры в различных экотопах позволяют дифференцировать их не только по адаптации к почвенно-экологическим условиям, но и различной функциональной роли в межландшафтном инвазийном процессе: экотопы-рефугиумы, экотопы-транзитеры и экотопы-реципиенты.

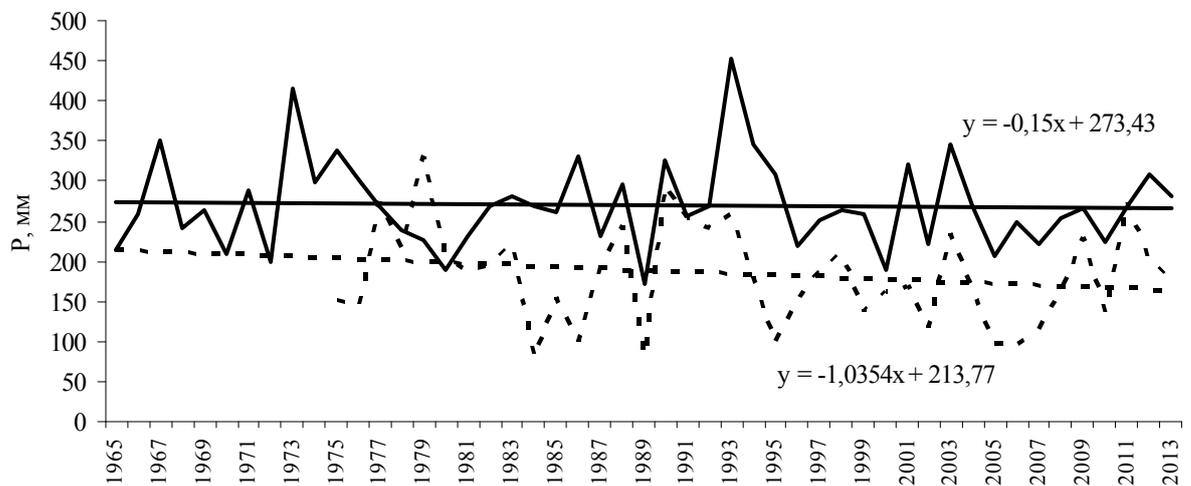
На основании вышеизложенного можно предполагать, что

распространению *Ephedra sinica* благоприятствуют современные экологические условия, складывающиеся в большинстве типов экосистем Центральной Монголии. Динамика метеорологических показателей в административном центре Центрального аймака (метеостанция Дзун-Мод), расположенного в аналогичных ландшафтных условиях, что и сомон Баян-Унджул, и на самой территории исследуемого сомона, характеризуется положительным трендом в отношении динамики среднегодовых температур и отрицательным – в отношении количества осадков, что свидетельствует об аридизации климатических условий сухих степей (рис. 1 а, б).

Сам процесс внедрения в сообщество, как следует из проведённого анализа, стимулируется интенсивным выпасом, приводящим к уменьшению роли конкурентных кормовых видов, и аридизацией климата, снижающей поступление в почву атмосферной влаги. С эколого-биологической и физиологической точки зрения, *Ephedra sinica* является ярко выраженным склероморфным видом с низкой интенсивностью транспирации и экономным расходом влаги. В условиях длительной аридизации климата и водного стресса этот вид способен к выживанию и имеет конкурентное преимущество перед другими видами [Иванов и др., 2004; Иванова и др., 2005; Иванов и др., 2007]. Важнейшей особенностью эфедры, позволяющей выходить на ведущие позиции в пастбищных сукцессиях, является её способность к корне-отпрысковому размножению, что характеризует её как вегетативно-активный вид. На участках с развитым эфедровым сообществом (более 50 парциальных кустов на 1 м²) этот хвойник имеет мощную, хорошо развитую корневую систему (рис. 2). Определение его подземной фитомассы показало, что более 60% фитомассы



a



— Дзун-Мод - - - Баян-Унджул

б

Рис. 1. Многолетняя динамика среднегодовой температуры (а) и количества осадков (б) по данным метеостанций Дзун-Мод и Баян-Унджул (Центральный аймак).

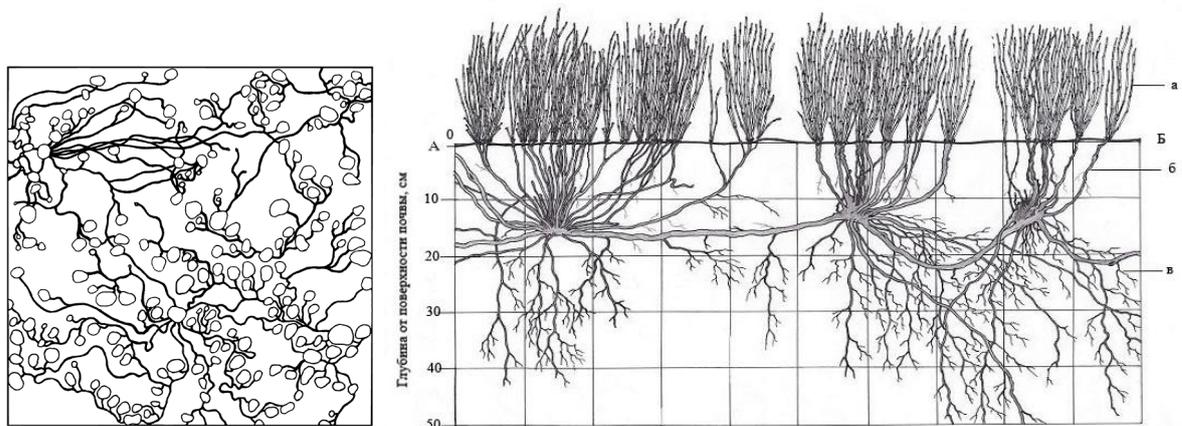


Рис. 2. Горизонтальная (слева) и вертикальная (справа) проекции корневой системы *Ephedra sinica* (полигон ЭД-1). Вертикальная структура парциальных особей *E. sinica*: А, Б – поверхность почвы; а – крона; б – приповерхностно-подземная часть; в – корни.

Таблица 3. Надземная и подземная фитомасса *Ephedra sinica* в сообществе-рефугиуме (сомон Баян-Унджул, 2010 г.)

Части фитомассы		Вес, г/м ²
Надземная		211.44
Подземная		664.22
горизонт, см	фракция, мм	
0–25	>1	421.94
	Всего	421.94
25–50	0.5–1	190.12
	0.25–0.5	0.80
	<0.25	0.53
	Всего	191.45
более 50	0.5–1	49.45
	0.25–0.5	0.96
	<0.25	0.42
	Всего	50.83
Общая фитомасса		875.66

корней сосредоточено в верхних 25 см почвы, около 29% – в горизонте 25–50 см. Масса корней превышает показатели надземных частей более чем в 3 раза (табл. 3). Корни проникают в глубину до 3 м и более, кроме того, разрастаются в горизонтальном направлении в радиусе до 6–9 м, благодаря чему кустарничек может достаточно быстро занимать освобожденные экологические ниши дерновинных злаков, ослабленных в развитии в результате сильного стравливания и повторяющихся засух.

Таким образом, *Ephedra sinica* характеризуется широким экологическим диапазоном, так как встречается во всех основных типах экосистем, относящихся по рельефу к горным, мелкосопочным и равнинным, по характеру почвогрунтов – к щебнистым, глинистым, песчаным, а по водному режиму – к автоморфным и полугидроморфным. По характеру распространения популяция хвойника китайского отличается пятнистой мозаичностью. При этом площадь пятнистых скоплений колеблется от нескольких квадратных метров до десятков и сотен гектаров, что свидетельствует о разновременном внедрении этого вида в растительные сообщества сухих степей.

Лук многокорневой –

Allium polyrrhizum Turcz. ex Regel

По сложившимся в современной геоботанике представлениям, лук многокорневой относится к плотнодерновинным многолетним омброфитам, характеризуется суккулентностью ассимиляционных побегов и причисляется к пустынно-степному эколого-ценотическому типу с джунгарско-монгольским ареалом [Бобровская, Никулина, 2013]. Исследователи флоры и растительности Монголии в 1950–1970-х гг. отмечали, что лук многокорневой играет роль эдификатора или соэдификатора в своеобразных ковыльково-луковых, луково-ковыльковых, баглурово-луково-ковыльковых, ковыльково-луково-баглуровых и других центральноазиатских пустынно-степных сообществах [Калинина, 1954; 1974; Умаров, Якунин, 1974; Юнатов, 1974; Евстифеев, Рачковская, 1977]. А.А. Юнатов [1954] отмечал, что в пустынно-степной зоне этот лук наиболее обычен в Восточной Гоби, Гобийской долине озёр и Гобийском Алтае, на запад проникает в южную часть Котловины Больших озёр. При движении на юг в зоне пустынь занимает местообитания с дополнительным увлажнением за счёт перераспределения атмосферных

Таблица 4. Фитоценологические показатели луковых сообществ в Среднегобийском аймаке Центральной Монголии

Жизненная форма, вид	МГ-X		ЭД-III		ЭД-IV		ЭД-VII		ЭД-VIII		МГ-X-1		МГ-X-2		МГ-X-3		МГ-X-4		ДЦ-3		
	Дэлгэрцогт N 46°08'34.6" E 106°30'48.8" h=1374 м	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
<i>Caragana leucorhloea</i> , <i>C. pygmaea</i>	0.2	0.2	0.5	1.1	0.3	0.6			0.1	0.1					1.0	1.9					
<i>Reaumuria songarica</i> <i>Salsola passerina</i>																				13.2	50.8
<i>Artemisia adamsii</i> <i>A. frigida</i> <i>Ptilotrichum canescens</i>	0.6	0.7	0.2	0.3									0.7	1.7	0.8	1.5					
Полукустарнички																					
Травы многолетние																					
злаки																					
<i>Agropyron cristatum</i> <i>Cleistogenes squarrosa</i> <i>Stipa krylovii</i>			0.3	0.2																	
ЛУКИ																					
<i>Allium mongolicum</i> <i>A. polyrrhizum</i>	0.1	+											0.1	0.1							
осоки																					
<i>Carex diriuscula</i> разнотравье Травы одно-, двулетние: всего:	0.5	0.2	0.3	0.1			0.2	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5	0.2	0.2	0.6	1.1	0.5	0.1	0.1	3.2	10.1
	0.9	0.3			1.3	1.5	0.2	+	1.0	1.1	0.9	1.6	0.2	0.2	0.6	1.1	0.5	1.0	0.8	0.8	1.4
	0.3	0.2	0.1	+			0.5	0.4			0.7	0.7	0.8	1.5	1.6	3.0	2.8	3.4	3.5	8.6	
	12.1	9.9	12.3	8.8	16.8	37.6	9.0	9.3	12.0	15.6	8.1	14.4	10.3	19.7	11.5	24.9	10.6	20.4	43.2	157.4	

а* – проективное покрытие (%), б** – надземная фитомасса (г/м²)

осадков, а из автоморфных экосистем начинает постепенно выпадать. К северу от контактной зоны в сухих степях *Allium polyrrhizum* не отмечался в зональных сообществах и лишь проникал в виде небольшой примеси к змеёвково-тырсовым и змеёвковым степям по экстразональным солонцевато-солончаковым понижениям [Карта растительности МНР, 1979; Кормоботаническая карта, 1981; Сухие степи..., 1984].

Исследования, проведённые нами в 2009–2014 гг., показали, что на значительной территории Среднегобийского аймака в подзоне сухих степей сформировались монодоминантные луковые сообщества (точки МГ-Х, ЭД-III, ЭД-IV, ЭД-VII, ЭД-VIII), в структуре которых *Allium polyrrhizum* формирует более 80% общей надземной фитомассы (табл. 4). Этот процесс происходит на фоне угнетения коренных видов этих степей – злаков (ковыля, тонконога, житняка и змеёвки), участие которых в структуре сообщества по фитомассе составляет не более 3–20%.

Более детальные исследования луковых сообществ были проведены на стационаре в сомоне Дэлгэрцогт (табл. 4). Результаты исследования показали, что изученные сообщества (точки МГ-Х-1, МГ-Х-2, МГ-Х-3, МГ-Х-4) характеризуются обеднённым видовым составом: на 100 м² отмечено не более 15 видов. В период максимума вегетации проективное покрытие травостоя в изученных сообществах составляло не более 15%, общие запасы надземной фитомассы – 14–25 г/м². В структуре сообщества преобладал лук многокорневой, который формировал более 70% всей фитомассы. Злаки (*Stipa krylovii*, *Agropyron cristatum*, *Cleistogenes squarrosa*) встречались единично. Незначительно был представлен лук монгольский *Allium mongolicum*. Из других видов отмечены карагана *Caragana leucophloea* и такие представители дигрессивно-активных видов, как осока *Carex duriuscula*,

полукустарничек *Artemisia adamsii*, многолетники *Convolvulus ammanii*, *Potentilla bifurca*, *Sibbaldianthe adpressa*. Одно-, двулетние виды (*Artemisia pectinata*, *Bassia dasyphylla*, *Chenopodium aristatum*, *Dontostemon integrifolius*, *Salsola collina*) формировали до 17% фитомассы.

Рефугиумами, из которых происходит распространение лука многокорневого в зональные сухостепные сообщества, являются солонцевато-солончаковые понижения. Одно из них с луково-реомюриево-воробьиносолянковым с однолетниками сообществом (точка ДЦ-3) было обследовано в 5 км к востоку от стационара (табл. 4). Общее проективное покрытие составило 45%, надземная фитомасса – 157.4 г/м². Доминантами здесь являются пустынные полукустарнички – солянка воробьиная *Salsola passerina* и реомюрия джунгарская *Reaumuria songarica*. Их доля в составе фитомассы составляет, соответственно, 40 и 32%. *Allium polyrrhizum* находился в хорошем состоянии, на 1 м² отмечалось, в среднем, 34 экземпляра. Его проективное покрытие составило около 12%. В структуре надземной фитомассы этот лук формировал более 14%. С небольшим обилием отмечены *Convolvulus ammanii* и однолетники *Artemisia scoparia*, *Chenopodium album*, *Eragrostis minor*. Распространение *Allium polyrrhizum*, в основном, происходит за счёт переноса семян птицами и, возможно, ветрами.

О возрасте сформировавшихся луковых сообществ можно судить по результатам биоморфометрических исследований. Было выявлено, что в популяции *Allium polyrrhizum* доминируют особи с количеством побегов: вегетативных 14–39 и генеративных 2–16, диаметром дерновин 3–9 см, что является показателями максимального развития популяции луков. Согласно закономерностям онтогенеза рассматриваемого вида, подробно

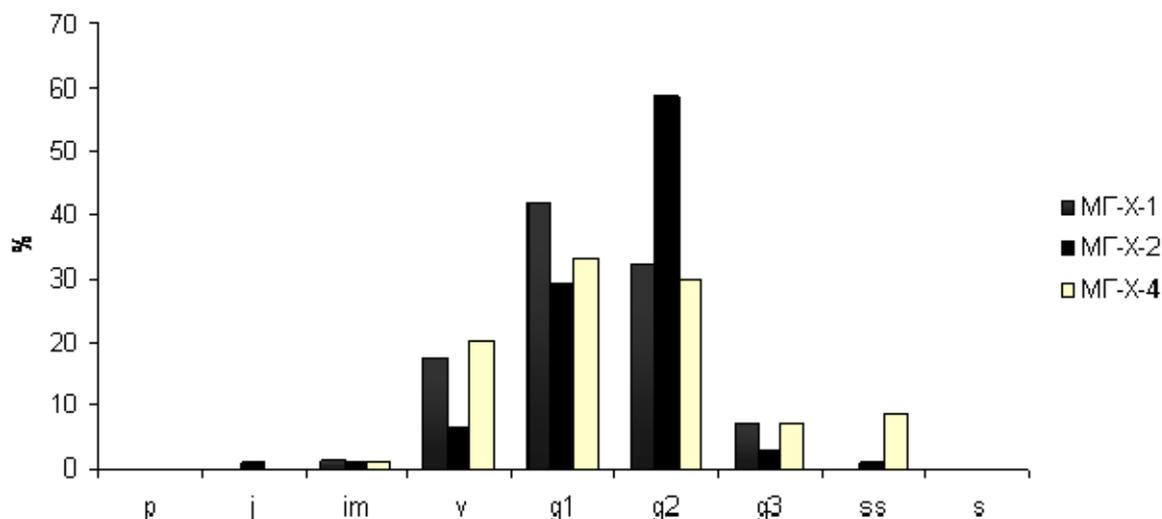


Рис. 3. Онтогенетическая структура популяции *Allium polyrrhizum* в растительных сообществах сухих степей (p – проросток, j – ювенильные особи, im – имматурные, v – виргинильные, g₁ – молодые генеративные, g₂ – средневозрастные генеративные, g₃ – старые генеративные, ss – субсенильные, s – сенильные).

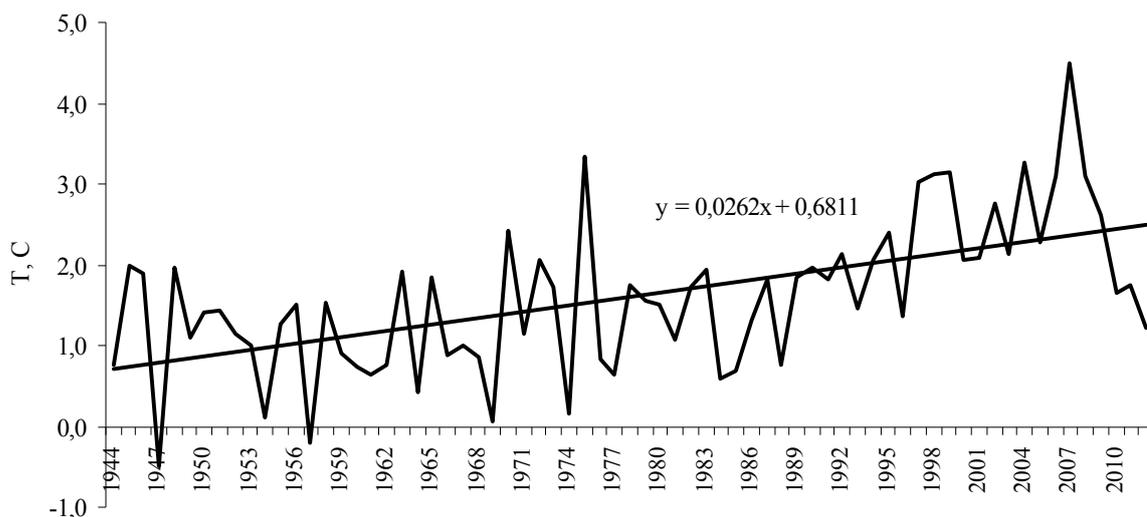
описанным Т.А. Поповой [1977] и В.А. Черёмушкиной [2004], большая часть экземпляров лука находится в молодом и среднем генеративном состоянии (рис. 3). Данный факт позволяет с большим основанием говорить о сравнительной молодости сформированных сообществ (не более 25 лет).

Климатические данные ближайшей к стационару метеостанции Мандал-Гоби также подтверждают процессы аридизации климата (рис. 4). Известно, что особенностью дерновинных злаков и плотнодерновинных луков является способность переносить неблагоприятные условия увлажнения в состоянии покоя [Слемнев и др., 1983]. В связи с этим нами было предпринято изучение состояния покоящихся дерновин злаков (*Stipa krylovii*, *Cleistogenes squarrosa*) и луков (*Allium polyrrhizum*) в луковых сообществах. Анатомическое изучение корней показало, что у *Stipa krylovii* мёртвыми оказались 47.4% исследованных дерновин, *Cleistogenes squarrosa* – 62, *Allium polyrrhizum* – всего 7.6% (табл. 5). Таким образом, можно утверждать, что лук многокорневой обладает более высокой, по сравнению с коренными обитателями сухих степей –

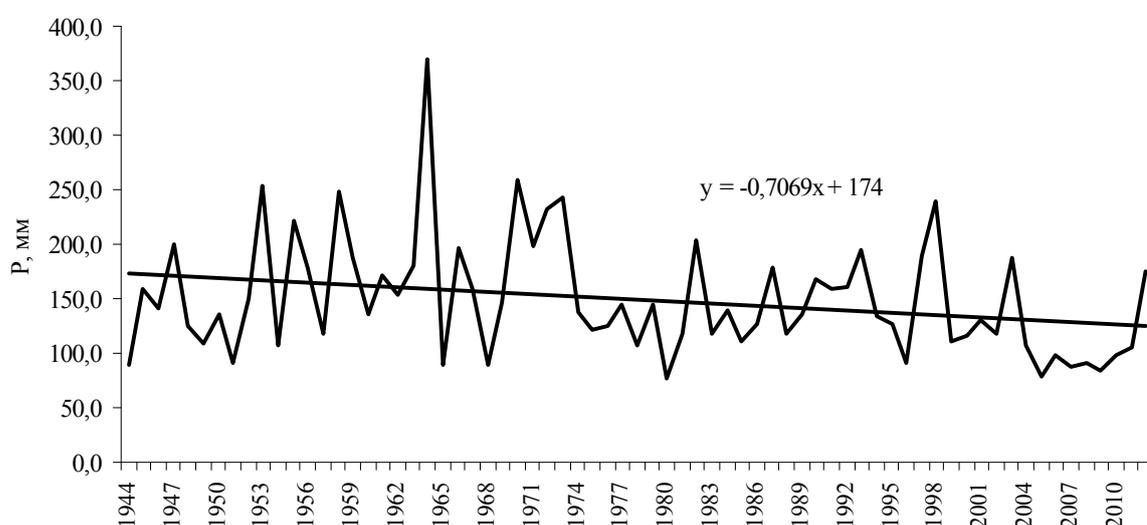
дерновинными злаками, способностью переносить длительное время в состоянии покоя засуху и связанный с ней ограниченный влагозапас.

Способность *Allium polyrrhizum* переносить засушливые периоды обусловлена его биологическими особенностями. Он удерживает и сохраняет атмосферную влагу благодаря мощной и хорошо развитой дерновине, которая по своей массе превышает надземные части растения более чем в 2 раза. Корневая система содержит толстые шнуровидные корни с хорошо развитой водоносной паренхимой, характеризуется поверхностным расположением (на глубине до 30 см), причём большая часть подземных органов сосредоточена в верхних 10 см почвы. Масса корневой системы превышает массу надземной части в 68 раз (табл. 6). Поэтому данный вид обладает быстрой реакцией даже на незначительные осадки, что позволяет ему в периоды малой влагообеспеченности поддерживать свой жизненный потенциал [Попова, 1977; Бобровская, Попова, 1978].

Другой причиной распространения луковых сообществ является отмеченное нами субаэральное



a



б

Рис. 4. Многолетняя динамика среднегодовой температуры (а) и количества осадков (б) по данным метеостанции Мандал-Гоби.

Таблица 5. Жизненное состояние покоящихся особей доминантных видов в луковых сообществах сухих степей

Параметры растений		Обследованные виды растений		
		<i>Stipa krylovii</i> , <i>S. gobica</i>	<i>Cleistogenes squarrosa</i>	<i>Allium polyrrhizum</i>
Количество обследованных особей		78	21	39
Количество обследованных корешков		12941	2997	15438
Количество мёртвых особей (при 100% корешков мёртвых)		37/7174	13/1959	3/1423
Количество особей (шт.) с живыми корешками (шт.)	от 1 до 5	19/93 корешка	3/18	8/129
	от 5 до 10	10/87 корешка	2/18	15/400
	от 10 до 20	11/156 корешков	2/24	6/336
	от 20 до 30	1/16 корешков	1/16	4/268
	от 30 до 40	0	0	3/160
	от 40 до 50	0	0	0

Таблица 6. Фитомасса *Allium polyrrhizum*
в монодоминантном луковом сообществе (точка МГ-Х-1)

Части фитомассы		Вес, г/м ²
Надземная		44.4
Приповерхностно-подземная		100.0
Подземная		3015.2
горизонт, см	фракция, мм	
2–10	>1.0	2068.0
	0.5–1.0	84.0
	0.25–0.5	128.0
	<0.25	121.6
	Всего	2401.6
10–20	>1.0	349.2
	0.5–1.0	13.6
	0.25–0.5	14.8
	<0.25	16.4
	Всего	394.0
20–30	>1.0	164.0
	0.5–1.0	12.8
	0.25–0.5	24.4
	<0.25	18.4
	Всего	219.6
Общая фитомасса		3159.6

подщелачивание поверхностных горизонтов почвы в степных экосистемах до щелочной и сильнощелочной среды (рН от 8.5 до 9.5) [Гунин и др., 2010]. Этот процесс обусловлен усилением в последние годы ветровой активности и выносом солей на платообразные равнины из упомянутых выше солонцевато-солончаковых депрессий. Сильно щелочная среда неблагоприятна для большинства мезофильных и мезоксерофильных степных и сухостепных злаков. К такой обстановке наиболее приспособлены типично пустынные ксерофиты и галофиты, в том числе и *Allium polyrrhizum*, который можно отнести к типичному гемиксерофиту или мезоксерофиту, адаптированному к обитанию в условиях поверхностного засоления почвогрунтов [Евстифеев, Рачковская, 1977].

Дополнительным фактом, указывающим на современные процессы распространения лука многокорневого в автоморфных экосистемах сухих степей, служит его полное отсутствие в экосистемах

возвышенностей и останцовых гряд. Так, при геоботанических описаниях подобных ландшафтных выделов отмечено отсутствие *Allium polyrrhizum*. В обследованных ковыльно-холоднополюнных сообществах с проективным покрытием 22.5% и надземной фитомассой 118.2 г/м² более 70% фитомассы формирует *Artemisia frigida*, на *Stipa glareosa* приходится 22%.

Заключение

Проведённые работы по исследованию состояния степных экосистем Центральной Монголии показали, что за последние десятилетия в результате резкого роста пастбищных нагрузок и длительного засушливого периода произошло упрощение структуры степных сообществ за счёт снижения видового разнообразия и обилия коренных доминантов этих степей, дерновинных злаков, вплоть до полного их выпадения из состава травостоя. Такие растительные сообщества можно охарактеризовать как ненасыщенные или неполночленные, считающиеся менее

устойчивыми к внедрению чужеродных видов [Работнов, 1983].

В результате исследования было выявлено два типа внедрения инвазийных видов из различных ландшафтов: а) экстра- и интразональных и б) зональных. Так, на обширной территории сомона Баян-Унджул, а также сомонов Баян-Цаган, Гоби-Угтал, Адацаг, Эрдэнэдалай, Гурван-Сайхан Центрального и Среднегобийского аймаков обнаружены растительные сообщества с доминированием или значительным участием кустарничка *Ephedra sinica*. Данный тип сукцессий характеризуется очаговым распространением этого вида из экосистем низкогорных и мелкосопочных ландшафтов на окружающие их подгорные равнины. Другой тип инвазийных сукцессий в сухих степях связан с экспансией дерновинного лука *Allium polyrrhizum* из подзоны пустынных степей. В настоящее время монодоминантные луковые сообщества получили значительное распространение в сомонах Дэлгэрцогт и Эрдэнэдалай Среднегобийского аймака. Распространение лука многокорневого носит, в основном, фронтальный характер и обусловлено ослаблением конкурентоспособности коренных видов злаковых сообществ в связи с их значительной дигрессией. Дополнительным фактором, обеспечивающим условия для внедрения, является эоловое подщелачивание верхних горизонтов зональных каштановых почв.

Эколого-биологические особенности этих двух видов, широко распространённых в пустынно-степных и пустынных ландшафтах и внедряющихся в степные экосистемы, позволяют диагностировать выше названные процессы как биологическое опустынивание. Широкий ареал *Ephedra sinica* и *Allium polyrrhizum* говорит о прогрессивной направленности данных типов сукцессий, в результате чего границы

ареалов этих пустынно-степных видов достигли в настоящее время южной периферии бассейна Байкала.

В результате экспансии рассматриваемых видов в растительные сообщества сухих степей происходит снижение кормовой ценности этих пастбищ. Местные жители неоднократно отмечали отравление скота после поедания эфедры китайской и лука многокорневого. В первом случае это происходит за счёт высокого содержания алкалоидов эфедрина и псевдоэфедрина, во втором – токсических аминокислот S-метилцистезин сульфоксид [Оголевец, 1951; Buyantogtokh et al., 2009]. Возможно, это происходит из-за отсутствия в рационе скота, пасущегося на этих пастбищах, кормовых злаков. Описанные выше процессы приводят к непригодности таких пастбищ для выпаса скота и ставят под угрозу ведение скотоводства в центральной части Монголии.

Работа выполнена по Программе Президиума РАН «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий» в рамках Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АНМ при поддержке гранта РГО-РФФИ (№ 13-05-41266).

Литература

- Акатов В.В., Акатова Т.В. Полночленность и устойчивость к инвазийным видам растительных сообществ с низкой интенсивностью межвидовых взаимодействий // Экология. 2010. № 3. С. 191–198.
- Ариунболд Э. Динамика растительных сообществ сухих степей (сомон Баян-Унджул, Монголия): Автореф. дисс. ... к. б. н. СПб., 2014. 21 с.
- Бажа С.Н., Баясгалан Д., Гунин П.Д., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Казанцева Т.И., Прищепа А.В., Хадбаатар С. Особенности пастбищной

- дигрессии степных экосистем Центральной Монголии // Бот. журн. 2008. Т. 93. № 5. С. 657–681.
- Банзрагч Д., Волкова Е.Л., Рачковская Е.И. Растительность среднегорного массива Атас-Богдо-ула в Заалтайской Гоби // В сб.: География и динамика растительного и животного мира МНР. М., 1978. С. 30–34.
- Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г. и др. Основы микротехнических исследований в ботанике. М.: Изд-во МГУ, 2000. 127 с.
- Береснева И.А. Климат сухостепного стационара Унжул // В кн.: Сухие степи МНР. Л.: Наука, 1984. С. 52–58.
- Бобровская Н.И., Никулина Р.И. Особенности водного режима доминантов центральноазиатских степных и пустынных сообществ (Монголия) // Бот. журн. 2013. Т. 98. № 2. С. 219–230.
- Бобровская Н.И., Попова Т.А. Сравнительная экофизиологическая и биолого-морфологическая характеристика *Allium polyrrhizum Turcz.*, *A. mongolicum Regel.* // Проблемы освоения пустынь. 1978. № 1. С. 65–69.
- Волкова Е.А. Влияние петрографического состава пород на растительный покров и индикаторная роль растительных сообществ в мелкосопочниках южной части МНР // В сб.: Структура и динамика основных экосистем Монгольской Народной Республики. Л., 1976. С. 144–157.
- Грубов В.И. Определитель сосудистых растений Монголии. Л.: Наука, 1982. 442 с.
- Губанов И.А. Конспект флоры Внешней Монголии (сосудистые растения). М.: Валанг, 1996. 136 с.
- Гунин П.Д., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дмитриев И.А., Дробышев Ю.И., Казанцева Т.И., Микляева И. М., Огуреева Г.Н., Слемнев Н.Н., Титова С.В., Ариунболд Э., Батцэрэн Ц., Жаргалсайхан Л. Распространение *Ephedra sinica* в экосистемах сухих степей Восточной и Центральной Монголии // Аридные экосистемы. 2012. Т. 18. № 1. С. 18–25.
- Гунин П.Д., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Цэрэнханд Г., Дробышев Ю.И., Ариунболд Э. Современная структура и динамика растительных сообществ на южной границе сухих степей Центральной Монголии // Аридные экосистемы. 2010. Т. 16. № 2. С. 65–75.
- Гунин П.Д., Слемнев Н.Н., Казанцева Т.И., Радзиминский П.З., Амаржаргал Б. Об экспансии *Ephedra sinica* Stapf. в горных экосистемах Гоби (Монголия) // Раст. ресурсы. 1993. Вып. 3. С. 7–21.
- Гунин П.Д., Энх-Амгалан С., Ганболд Э., Данжалова Е.В., Баясгалан Д., Цэрэнханд Г., Голованов Д.Л., Петухов И.А., Дробышев Ю.И., Концов С.В., Бажа С.Н., Андреев А.В., Хадбаатар С., Ариунболд Э., Пурэвжав Г. Особенности деградации и опустынивания пастбищных экосистем Монголии (на примере Среднегобийского аймака) // Ботаникийн хурээлэнгийн эрдэм шинжилгээний бүтээл. 2009. № 21. С. 104–128.
- Даважамц Ц. Пастбища и сенокосы северной части Убурхангайского аймака Монгольской Народной Республики. Автореф. дисс. ... к. б. н. Л., 1954. 20 с.
- Дарийма Ш., Ульзийхутаг Н. Высшие растения // В кн.: Сухие степи МНР. Л.: Наука, 1984. С. 59–66.
- Дашням Б. Флора и растительность Восточной Монголии. Улан-Батор: Изд-во АН МНР, 1974. 146 с. (на монг. яз.).
- Евстифеев Ю.Г., Рачковская Е.И. О приуроченности *Allium polyrrhizum Turcz.* к почвенно-грунтовым условиям // Бот. журн. 1977. Т. 62. № 5. С. 684–690.
- Еникеев А.Г., Высоцкая Е.Ф., Леонова Л.А., Гамбург К.З. Об использовании 2,3,5-трифенилтетразолий хлорида для оценки жизнеспособности культур

- растительных клеток // Физиология растений. 1995. Т. 42. № 3. С. 423–426.
- Иванов Л.А., Иванова Л.А., Ронжина Д.А., Циглер Х., Дайгеле К., Гунин П.Д., Пьянков В.И. Влияние межвидовой конкуренции на функциональные свойства растений в горно-степных сообществах Гоби // Экология. 2007. № 3. С. 172–177.
- Иванов Л.А., Иванова Л.А., Ронжина Д.А., Чечулин М.Л., Церенханд Г., Гунин П.Д., Пьянков В.И. Структурно-функциональные основы экспансии *Ephedra sinica* в степных экосистемах Монголии // Физиология растений. 2004. Т. 53. № 4. С. 1–8.
- Иванова Л.А., Ронжина Д.А., Иванов Л.А., Гунин П.Д. Физиологические основы экспансии *Ephedra sinica* Stapf. в горно-степных экосистемах Гоби // В сб.: Экосистемы Монголии и приграничных территорий соседних стран: природные ресурсы, биоразнообразие и экологические перспективы: Труды Международной конференции. Улан-Батор: Изд-во «Бемби Сан», 2005. С. 102–104.
- Казанцева Т.И., Бажа С.Н., Гунин П.Д., Данжалова Е.В., Оюунцэцэг О., Дробышев Ю.И., Ариунболд Э., Эрдэнэбаатар Д. Аридизация климата и опустынивание пастбищных экосистем в южной части бассейна Селенги // В сб.: Глобальные и региональные особенности трансформации экосистем Байкальского региона. М-лы Рос.-Монг. симпозиума. Улан-Батор: Изд-во «Бемби сан», 2008. С. 68–74.
- Калинина А.В. Стационарные исследования пастбищ МНР // Тр. Монг. комиссии АН СССР. М.; Л., 1954. Вып. 60. 124 с.
- Калинина А.В. Основные типы пастбищ Монгольской Народной Республики. Л.: Наука, 1974. 184 с.
- Камелин Р.В. Монголия на карте ботанико-географического районирования Палеарктики // Turczaninovia. 2010. 13 (3). С. 5–11.
- Карамышева З.В., Банзрагч Д. О некоторых ботанико-географических закономерностях Хангая в связи с его районированием // В сб.: Растительный и животный мир Монголии. Л., 1976. С. 7–26.
- Карта растительности МНР. М-б 1:1 500 000 / Ред. Е.М. Лавренко. М.: ГУГК, 1979.
- Кормоботаническая карта МНР. М-б 1:1 000 000. М.: ГУГК, 1981.
- Лавренко Е.М. Провинциальное разделение Центрально-Азиатской подобласти степной области Евразии // Бот. журн. 1970. Т. 55. № 12. С. 609–625.
- Лавренко Е.М., Карамышева З.В., Никулина Р.И. Степи Евразии. Л.: Наука, 1991. 144 с.
- Микляева И.М., Гунин П.Д., Слемнев Н.Н., Бажа С.Н., Факхире А. Нарушенность растительных степных экосистем // Аридные экосистемы. 2004. Т. 10. № 24–25. С. 35–46.
- Микляева И.М., Факхире А. Пастбищная дигрессия сухих степей Центральной Монголии // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. геогр. 2004. № 6. С. 38–43.
- Мирошниченко Ю.М. О распространении *Artemisia frigida* Willd. в МНР // Бот. журн. 1964. Т. 50. № 3. С. 420–425.
- Мирошниченко Ю.М. Влияние выпаса и экологических условий на распространение полыней в степях Монголии и России // Аридные экосистемы. Т. 10. № 24–25. 2004. С. 76–83.
- Нотов А.А., Виноградов Ю.К., Майоров С.Р. О проблеме разработки и ведения региональных Чёрных книг // Росс. журн. биол. инвазий. № 4. 2010. С. 54–68.
- Оголевец Г.С. Энциклопедический словарь лекарственных, эфирномасличных и ядовитых растений. М.: Гос. изд-во с/х литературы, 1951. 486 с.

- Попова Т.А. О биологии плотнодерновинных луков (*Allium polyrhizum* Turcz. ex Regel, *Allium bidentatum* Fish. ex Prokh.) Монголии // В сб.: Проблемы экологии, геоботаники, географии и флористики. Л.: Наука, 1977. С. 165–172.
- Работнов Т.А. Фитоценология. М: Изд-во МГУ, 1983. 296 с.
- Слемнев Н.Н., Болд Д., Казанцева Т.И., Фёдорова И.Т., Якунин Г.Н. Опыт повышения продуктивности пастбищ остепнённых пустынь в Заалтайской Гоби (МНР) // Бот. журн. 1983. Т. 68. № 11. С. 1533–1538.
- Степи Восточного Хангая / Под ред. Е.М. Лавренко, И.А. Банниковой. М.: Наука, 1986. 182 с.
- Сухие степи Монгольской Народной Республики: природные условия (сомон Унжул) / Под ред. Е.М. Лавренко. Л.: Наука, 1984. 167 с.
- Умаров К.У., Якунин Г.Н. Характеристика бурых пустынно-степных почв Булганского стационара // В сб.: Структура и динамика степных и пустынных экосистем МНР. Л., 1974. С. 11–25.
- Черёмушкина В.А. Биология луков Евразии. Новосибирск: Наука, 2004. 278 с.
- Чогний О. Закономерности пастбищной дигрессии и постпастбищной демутиации пастбищ // В кн.: Фитоценологические основы улучшения естественных кормовых угодий. М.: Наука. 1988. С. 45–87.
- Юнатов А.А. Основные черты растительного покрова МНР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 224 с.
- Юнатов А.А. Кормовые растения пастбищ и сенокосов МНР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. 351 с.
- Юнатов А.А. Пустынные степи Северной Гоби в Монгольской Народной Республике. Л., 1974. 132 с.
- Bazha S.N., Gunin P.D., Danzhalova E.V., Drobyshchev Yu.I., Prishcepa A.V. Pastoral degradation of steppe ecosystems in Central Mongolia // Eurasian Steppes. Ecological problems and livelihoods in a changing world. Plant and vegetation 6 / Eds. M.J.A. Werger and M.A. Staalduinen. Springer Science+Business Media B.V., 2012. P. 289-319.
- Buyantogtokh Ch., Oyuntsetseg G. et al. Influence of desertification on new current issues of endemic diseases in Mongolia // Int. Symposium “Mongolian ecosystems and desertification”. Ulaanbaatar, 2009. P. 71.
- Ecosystems of Mongolia. Atlas. М.: Accord, 2005. 48 p.
- Gunin P.D., Bazha S.N., Danzhalova E.V., Drobyshchev Yu.I., Kazantseva T.I., Tserenkhand G., Khadbaatar S. Present invasive successions in dry-steppe communities of Central Mongolia // Plant biodiversity and ecosystem services in Continental Asia: Proceedings of International Conference. Ulaanbaatar, 2013. P. 54–56.
- Richardson D.M., Pysek P., Rejmanek M., Barbour M.G., Dane Panetta F., West C.J. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions // Diversity and distributions. 2000. N 6. P. 93–107.

INVASIVE SUCCESSIONS AS THE INDICATOR OF DESERTIFICATION OF DRY STEPPE BY WAY OF EXAMPLE OF CENTRAL MONGOLIA

© 2015 Bazha S.N.¹, Gunin P.D.¹, Danzhalova E.V.¹, Drobyshev Yu.I.¹,
Kazantseva T.I.², Ariunbold E.³, Myagmarsuren D.⁴, Khadbaatar S.⁵,
Tserenkhand G.³

¹ Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow,
monexp@mail.ru

² Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg,
bulgancum@gmail.com

³ Institute of Botany, Academy of Science of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia,
gtseren@yahoo.com

⁴ Institute of Geocology, Academy of Science of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia

⁵ Mongolian State University of Education, Ulaanbaatar, Mongolia,
hadbaatar@mail.ru

The studies of the steppe ecosystems in Central Mongolia carried out by us showed that over recent decades a simplification of steppe communities took place. It occurred by reduction of species diversity and abundance of indigenous dominants - tussock grasses, that was a result of sharp rise in pasture loads and a long dry period.

We have identified two types of introduction of invasive species from different landscapes: a) extra- and intrazonal and b) zonal. The first type of succession is characterized by focal distribution of *Ephedra sinica* from ecosystems of low mountains to the surrounding mountain plains. The second type of succession in dry steppes is associated with the expansion of *Allium polyrrhizum*, which distribution has largely frontal character and is caused by the weakening of the competitiveness of indigenous species of grass communities because of their significant digression. A further factor in ensuring the conditions for invasion is the aeolian alkalization of the upper horizons of zonal chestnut soils.

Ecological and biological features of these two species, widespread in the desert-steppe and desert landscapes and penetrating into the steppe ecosystems, allow us to speak about biological desertification. The wide area of *Ephedra sinica* and *Allium polyrrhizum* indicates a progressive character of the studied types of succession, and as a result of which the borders of these areas have reached the southern periphery of the Baikal Lake basin at present.

The processes described in the paper lead to a decrease in fodder value of pastures and jeopardize the maintenance of cattle-breeding in Central Mongolia.

Key words: succession, *Ephedra sinica*, *Allium polyrrhizum*, invasive species, dry steppes, pasture digression, desertification, Central Mongolia.