

## ЭКОЛОГИЯ

УДК 581.526.53

doi: 10.17223/19988591/37/9

А.М. Русанов<sup>1</sup>, М.А. Сафонов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

<sup>2</sup> Оренбургский государственный педагогический университет, г. Оренбург, Россия

### Почвенно-растительный покров асимметричных водоразделов степной зоны Волго-Уральского междуречья

*В ходе многолетних мониторинговых исследований установлено, что гидротермические условия склонов водоразделов разной крутизны и экспозиции и их плоские вершины отличаются по комплексу показателей, в результате чего формируются почвы и растительные сообщества, значительно различающиеся между собой по свойствам и составу. Для асимметричных водоразделов показана мозаичность почвенно-растительного покрова: ряд биогеоценозов по составу фитоценозов и свойствам черноземов близки к настоящим степям, а часть – к сухим степям. При этом обобщенные характеристики почв и растительности территории соответствуют подзоне засушливых степей. Полученные данные дают возможность отнести полярную асимметрию водоразделов к условиям, повышающим видовое и структурное разнообразие почвенно-растительного покрова на современном этапе эволюции степных ландшафтов.*

**Ключевые слова:** почвы; растительный покров; степная зона; асимметричный водораздел; мезоклимат.

#### Введение

Ведущим фактором формирования почвенно-растительного покрова являются гидротермические условия, складывающиеся из соотношения количества и характера поступления влаги и величин инсоляции. Значительная часть территории Волго-Уральского междуречья расположена в степной зоне; в ее северной части распространены луговые степи, южнее переходящие в типичные степи на черноземах обыкновенных и южных. Однако на эту постепенно меняющуюся последовательность влияет ряд региональных особенностей, которые вызывают нарушения географической зональности почв и растений на мезоуровне. К ним, в частности, относятся орография и геологическое строение территории, характеристики гидрографической сети, химизм почвообразующих пород, интенсивность антропогенных нагрузок и т.п. Таким образом, почвенный покров и растительность отдельных

типов ландшафтов формируют мозаику, из которой складывается обобщенный облик степи, свойственный определенной подзоне. Эта мозаичность базируется на пространственной структуре распределения тепла и влаги, углерода и питательных ресурсов, характерной для субаридных ландшафтов [1–4].

Большая роль в возникновении такой мозаичности принадлежит асимметрии речных водоразделов, феномен которой исследуется более ста лет на разных континентах и в различных природных зонах [5–10]. Установлено, что в пределах подобных водоразделов вследствие отличий в экспозициях и морфологии склонов, инсоляции и условиях увлажнения формируются биотопы, специфичные в плане характеристик почвенно-растительного покрова [11–14].

В пределах межбассейновых водоразделов обычно выделяют ландшафтные асимметрии, связанные с меридиональным и широтным простираем речных долин. Чаще объектами изучения являются меридиональные проявления асимметрии [6, 11, 13], реже – полярные асимметрии [15–18].

В Волго-Уральском междуречье гидрографическая сеть ориентирована с востока на запад. Следствием этого обстоятельства стала широтная асимметрия водоразделов: короткие, крутые и покатые склоны обращены на юг, северные, как правило, длинные и пологие. Феномен ландшафтной асимметрии Волго-Уральского междуречья ранее рассматривался исследователями с точки зрения геоморфологии [19], а также как явление, обуславливающее отличие в инсоляции склонов разных экспозиций [20]. При этом специфика почвенно-растительного покрова асимметричных ландшафтов оставалась мало изученной [21].

Цель исследования – изучение влияния гидротермических и топографических факторов асимметричных водоразделов степной зоны Волго-Уральского региона на формирование растительности и почв, а также изучение взаимосвязи и взаимозависимости между свойствами черноземов и видовым составом фитоценозов.

### **Материалы и методики исследования**

В основу исследования положены результаты многолетних полевых исследований почв и растительности степей Волго-Уральского междуречья. Работы проводились в период максимальной вегетации растительности (конец июня – начало июля) в 2010–2012 и 2014 гг. Климат территории континентальный с резкими температурными контрастами: холодная малоснежная зима, жаркое сухое лето, быстрый переход от зимы к лету, неустойчивое количество и недостаточность атмосферных осадков, преобладание испарения над увлажнением [22]. Среднегодовое количество осадков составляет 320–370 мм, большая часть которых приходится на летне-зимний период. Летние дожди, как правило, имеют ливневый характер; при этом вода сте-

кает к подошвам склонов и испаряется, не успевая впитаться в почву. Недостаток влаги приводит к частым засухам, продолжительность которых в отдельные годы превышает 25–35 дней. Длительность активной вегетации растений варьирует от 150 до 155 дней, при этом сумма температур свыше  $+10^{\circ}\text{C}$  составляет 2 450–2 650 $^{\circ}\text{C}$ . Средняя температура января колеблется от  $-16,3$  до  $-17,5^{\circ}\text{C}$ , июля – от  $+20,7$  до  $+23,9^{\circ}\text{C}$ . Устойчивый снежный покров образуется в конце второй – начале третьей декады ноября, разрушается в первой – второй декадах апреля. Высота снежного покрова достигает 25–30 см; из-за сильных ветров залегание снега неравномерное.

Район исследований – асимметричный водораздел рек Чаган–Бузулук ( $52^{\circ}2'47''$  с.ш.,  $52^{\circ}29'44''$  з.д.) с хорошо сохранившейся естественной растительностью, приуроченный к Общесыртовско-Предуральской степной провинции. Сложный по морфологии склон южного направления имеет длину 550 м. Он представлен элювиальной (с уклоном до  $5^{\circ}$ ), транзитной ( $2,5$ – $3,5^{\circ}$ ), небольшой по протяженности выпуклой ( $3,5$ – $6,0^{\circ}$ ) и аккумулятивной (до  $1,0^{\circ}$ ) микроразностями. Местный базис эрозии составляет 70 м. Протяженность прямого пологого склона северной экспозиции составила около 800 м, а средний его уклон равен  $3,0^{\circ}$  при базисе эрозии 55 м. Вершина водораздела представлена выровненным плато шириной до полукилометра. Почвы территории представлены черноземами южными карбонатными малогумусными и слабогумусированными мало- и среднетощими глинистыми и тяжелосуглинистыми на элювиальных мергелях и делювиальных пестроцветных отложениях тяжелого гранулометрического состава с локальными вкраплениями темно-бурых засоленных глин морского генезиса.

Методы работ включали полевые наблюдения и лабораторные исследования. Для получения данных о гидротермическом режиме проводился мониторинг климатических показателей. Общепринятыми методами определялись высота снежного покрова и температура приземного слоя атмосферы. Температура почвы измерялась путем заложения датчиков «Термохрон» DS1921G на глубину 20 см.

Физические и химические свойства почв исследовались общепринятыми методами [23]. Период биологической активности почв (ПБА) определялся методом Д.С. Орлова и О.Н. Бирюковой [24]. Целлюлозоразлагающая активность почв исследовалась методом аппликации [25].

Видовой состав растений анализировался в пределах парциальных флор [26]; для его определения использовался «Определитель сосудистых растений Оренбургской области» [27]. При проведении исследований были заложены серии геоботанических площадок  $10 \times 10$  м в 10-кратной повторности в верхней, средней и нижней частях склонов северной и южной экспозиции, а также на водоразделе. На площадках изучались свойства почв, определялся флористический состав растительных сообществ и проводилось их геоботаническое описание.

### Результаты исследования и обсуждение

На формирование биогеоценозов влияет ряд факторов, и различия между почвами и растительностью в разных частях асимметричных водоразделов определяются их сочетаниями и интенсивностью проявления. Важнейшим климатообразующим фактором и соответственно условием, определяющим характеристики растительного покрова и свойств почв, является солнечная радиация. Интенсивность инсоляции зависит от угла падения солнечных лучей на земную поверхность: на склонах южного направления в середине летнего дня они падают почти под прямым углом, сильнее нагревая поверхность; на северных склонах лучи касаются плоскости земли под острыми углами. Вследствие этих отличий склоны, обращенные на юг, получают тепла в 2–3 раза больше, чем северные [28, 29]. Разное количество тепловой энергии, поступающей к склонам полярных направлений и к плато, определяют различия во всем комплексе гидротермических показателей склонового ландшафта, формируя на каждом его фрагменте лишь ему присущий мезоклимат (табл. 1).

Т а б л и ц а 1 [Table 1]

#### Основные характеристики мезоклимата асимметричного водораздела [Main characteristics of the mesoclimate of the asymmetric watershed]

Показатели [Parameters]	Склон северной экспозиции [Slope of the northern exposition]	Выровненный водораздел [Leveled watershed]	Склон южной экспозиции [Slope of the southern exposition]
Средняя температура приземного слоя воздуха в июле, °С [Average surface air temperature in July, °C]	+18,1	+20,6	+25,3
Средняя температура приземного слоя воздуха в январе, °С [Average surface air temperature in January, °C]	-17,8	-18,5	-20,3
Высота снежного покрова, см [Snow cover depth, cm]	32,8	27,0	17,7
Запасы воды в снеге, мм [Overall water reserves in snow, cm]	82,0	67,5	44,3

За время наблюдений температура на выровненном водоразделе соответствовала средним показателям для засушливых степей Урала. На северном, «холодном», склоне летом она оказалась на 2,5°С ниже, а на противоположном, «теплом», – на 4,7°С выше средних для плато значений. Обратная картина складывается зимой: на южном склоне выявлена относительно низкая

среди других фрагментов водораздела температура, что в немалой степени связано с различиями в высоте снежного покрова. Снеговая съемка показала, что под влиянием ветра южных направлений высота снега на наветренном склоне оказалась минимальной, в то время как на противоположном, северном, она заметно превосходила средние значения для окружающего пространства. Как результат – глубина промерзания почв на склоне северного направления составила 75 см, на южном – 110 см. Следствием разницы в высоте снежного покрова являются и различия в запасах воды в почве, так как именно талая вода во многом определяет активность первых фаз вегетации растений. Если же принять во внимание, что при активном снеготаянии на покатых элементах склона южного направления часть талой воды с поверхностным стоком выпадает из влагооборота в системе «почва–растение–атмосфера», то дефицит почвенной влаги на южных склонах проявляет себя значительно раньше, чем на северных [30].

Особенности местного климата обеспечивают неоднородность почвенного покрова территории (табл. 2).

Т а б л и ц а 2 [Table 2]

**Свойства южных черноземов водораздельного ландшафта**  
[Properties of southern chernozems of the watershed landscape]

Показатели [Parameters]	Склон северной экспозиции [Slope of the northern exposition]	Выровненный водораздел [Leveled watershed]	Склон южной экспозиции [Slope of the southern exposition]
Мощность гумусового горизонта, см [Depth of humus horizon, cm]	40–52	42	28–37
Содержание гумуса, % [Humus content, %]	5,0–5,8	5,1	3,2–4,8
Степень гумификации органического вещества почв, % [Degree of soil organic matter humification, %]	43	45	35
ПБА, сут [Period of biological activity, days]	148	142	135
Целлюлозолитическая активность, % [Cellulosolytic activity, %]	25,4	21,1	15,3
Коэффициент структурности [Soil pedality coefficient]	1,52–1,67	1,53	0,73–1,14
Плотность почв, г/см <sup>3</sup> [Soil density, g/cm <sup>3</sup> ]	1,07–1,18	1,13–1,22	1,17–1,35
Водопроницаемость, мм/ч [Water infiltration, mm/h]	110–143	128	66–82

Приведенные в таблице данные позволяют сделать вывод о существенных отличиях в свойствах почв склонов разных экспозиций и собственно водораздельного плато. Исходя из цели работы, авторы сочли возможным не

обсуждать подробно варьирование каждого из показателей, а представить лишь общую картину изменчивости характеристик почв.

Почвообразующими породами склона северного направления явились делювиальные карбонатные тяжелые суглинки, а на выровненном водоразделе – карбонатные элювиально-делювиальные тяжелые и средние суглинки. Мощность верхних гумусовых горизонтов (А+АВ) на северном склоне и на выровненном плато, а также содержание гумуса в этих почвах оцениваются как величины среднего уровня. На южном склоне генетической основой процессам почвообразования служат элювиально-делювиальные карбонатные глины, а на небольших по протяженности относительно крутых фрагментах – карбонатные среднесоленные тяжелые суглинки. Черноземы склона имеют малую мощность генетических горизонтов и низкий уровень содержания важнейшей составляющей органического вещества почв – гумуса. При этом на южном склоне выявлена неоднородность почв как по мощности верхних горизонтов, так и по содержанию гумуса, что связано со сложным строением склонового ландшафта: более крутые его участки имеют самые низкие показатели по обоим признакам. Кроме того, на подобных фрагментах южных склонов выявлена такая редко встречающаяся в европейских черноземах морфологическая особенность почвенного профиля, как языковатая граница перехода между горизонтами (А+АВ) и В, связанная, вероятно, с низкими зимними температурами при невысокой мощности снежного покрова и анизотропностью переходного горизонта. Глубина языков не превышала 7 см, ширина – до 3 см.

Черноземы северного склона и плато, в отличие от южного склона, имеют очень высокую степень гумификации органического вещества почв, что характеризует высокую интенсивность процессов гумусообразования.

Период биологической активности почв (ПБА) характеризует собой тот отрезок времени, на протяжении которого среднесуточная температура превышает +10°C, а запасы продуктивной почвенной влаги при этом составляют более 2%. По своей сути ПБА отражает продолжительность активной фазы вегетации зональных растительных сообществ. Различия почв водораздела по этому показателю связаны с тем, что биологическая активность черноземов южного склона носила прерывистый характер прохождения из-за 3–5 периодов иссушения верхнего горизонта, когда содержание доступной влаги в них снижалось ниже критических отметок. Длительность таких временных отрезков составляла от 3 до 7 суток. На плато такие периоды отмечались не более трех раз с продолжительностью каждого не более трех суток, а на северных склонах ПБА прерывался 1–2 раза лишь в относительно засушливые годы. Что касается влияния биологической активности почв на рост и развитие растений, то следует отметить, что для их вегетации имеет значение не только продолжительность ПБА за весь весенне-осенний период, но и длительность перерывов в его прохождении из-за различий семейств и видов, формирующих фитоценозы, по их устойчивости к засухе.

Целлюлозолитическая активность служит показателем трансформации органического вещества почв и косвенно определяет уровень их плодородия. Установлено, что по этому показателю почвы склона южной экспозиции почти в два раза уступают черноземам, приуроченным к северным склонам (см. табл. 2).

Структурно-агрегатный состав почв является главным регулятором всей совокупности их физических свойств [23, 31, 32]. Судя по коэффициенту структурности, наиболее благоприятными показателями обладают черноземы северного склона, особенно в его нижней, аккумулятивной части. На покатых фрагментах склона противоположного направления этот показатель принимает минимальные значения.

Свойства почв в значительной мере определяют видовой состав растительных сообществ. Список высших сосудистых растений района исследования включает 182 вида, относящихся к 89 родам и 38 семействам. Наиболее многовидовые рода: *Artemisia* (5 видов), *Astragalus*, *Potentilla* (по 4 вида); *Silene*, *Veronica* (по 3 вида). По видовой насыщенности преобладают семейства *Asteraceae* и *Poaceae*, что характерно в целом для растительности степной зоны. Доля одновидовых семейств составляет 28,9%. С точки зрения представленности экологических групп в изученной флоре преобладают мезоксерофиты и ксерофиты (44,5%); по отношению к освещенности явно преобладают облигатные гелиофиты (91,2%).

Т а б л и ц а 3 [Table 3]

**Представленность ведущих семейств в изученных парциальных флорах\***  
[Representation of the leading families in the studied partial florae\*]

Семейства [Family]	Флора степей Южного Урала [33] [Flora of steppes of the Southern Urals]	Парциальная флора [Partial flora]		
		Водораздел [Watershed]	Склон северной экспозиции [Slope of the northern exposition]	Склон южной экспозиции [Slope of the southern exposition]
<i>Asteraceae</i>	1 / 12,6	1 / 14,3	1 / 18,8	1 / 11,8
<i>Poaceae</i>	2 / 9,2	2 / 8,9	2 / 11,6	1 / 11,8
<i>Fabaceae</i>	3 / 7,6	3 / 12,5	2 / 11,6	2 / 9,8
<i>Brassicaceae</i>	4 / 6,8	5 / 5,4	4 / 7,2	4 / 5,9
<i>Caryophyllaceae</i>	5 / 5,0	7 / 6,2	6 / 4,3	–
<i>Chenopodiaceae</i>	6 / 4,5	8 / 1,8	7 / 2,9	3 / 7,8
<i>Cyperaceae</i>	7 / 4,4	–	8 / 1,4	–
<i>Rosaceae</i>	8 / 4,1	4 / 7,1	3 / 10,1	3 / 7,8
<i>Apiaceae</i>	9 / 3,5	8 / 1,8	7 / 2,9	4 / 5,9
<i>Ranunculaceae</i>	10 / 2,7	6 / 3,6	7 / 2,9	6 / 2,0
Общее число видов, шт. [Total number of species]	1 613	92	113	81

*Примечание.* В числителе – место семейства в флоре по численности видов; в знаменателе – доля видов семейства в изученной флоре.

[Note: in the numerator - the position of the family in the flora according to the number of species; in the denominator-the proportion of the family species in the studied flora].

Отмеченные виды растений неравномерно распределены по профилю водораздела. Это касается видового разнообразия растений на площадках в разных частях профиля, встречаемости отдельных видов и представленности отдельных семейств (табл. 3). Так, максимальное видовое разнообразие отмечено на северном склоне, а минимальное – на южном. При этом среднее сходство парциальных флор составляет 62,5%.

Флора вершины водораздела по составу соответствует зональным признакам. В число основных входят семейства, традиционно считающиеся «ядром» степной флоры: *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae*, *Caryophyllaceae*, *Rosaceae* и др. На их долю приходится более 60% видов (см. табл. 3).

В растительном покрове преобладают растительные сообщества, относящиеся к группам формаций злаковых и разнотравно-злаковых степей. Большие площади заняты фитоценозами, относящимися к типчаково-ковыльной (*Stipa lessingiana* Trin. et Rupr. + *Festuca valesiaca* Gaudin.) и ковыльно-типчаковой (*Stipa capillata* L.+ *Festuca valesiaca*) ассоциациям. В растительном покрове могут быть выделены подъярусы. Верхний ярус слагают единичные представители кустарников, в частности *Amygdalus nana* L., *Caragana arborescens* L. В собственно травянистом ярусе по высоте доминируют ковыли (Лессинга и волосатик); несколько уступает им типчак (*Festuca valesiaca*). Также из злаков часто отмечаются *Phleum phleoides* L., *Poa angustifolia* L. Разнотравье представлено *Achillea micrantha* Willd., *Adonis wolgensis* Steven ex DC., *Artemisia austriaca* Jacq., *Centaurea marschalliana* Spreng., *Dianthus andrzejowskianus* (Zapal.) Kulcz., *Euphorbia caesia* Kar. et Kir., *Galium ruthenicum* Willd., *Phlomis pungens* Willd., *Plantago lanceolata* L., *Potentilla bifurca* L., *Rumex confertus* Willd., *Salvia tesquicola* Klok. et Pobed., *Scabiosa ochroleuca* L., *Trifolium elegans* Savi., *Verbascum phoeniceum* L. и др. Проективное покрытие травостоя составляет 70–80%, из них на совокупную долю разнотравья приходится не более 10–20%.

Экологические условия склона северного направления отличаются большим разнообразием, чем на водораздельном плато, следствием чего стало расширение спектра семейств и видового разнообразия растительности. На склоне существенно увеличивается разнообразие видов семейств *Boraginaceae*, *Lamiaceae*, *Scrophulariaceae* (см. табл. 3). Появляются такие виды растений, как *Cichorium intybus* L., *Gypsophila paniculata* L., *Nonea rossica* Stev., *Tragopogon dubius* Scop., *Veronica incana* L. В пределах аккумулятивной микрозоны склона, где влажность почв редко снижается до критического уровня, произрастают виды, типичные для юга лесостепной зоны, расположенной значительно севернее, – *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub. и *Koeleria cristata* L. Растительность склона представлена сообществами, относящимися к группе формаций злаковые степи (фитоценозы типчаковой (*Festuca valesiaca*) и ковыльно-типчаковой (*Festuca valesiaca* + *Stipa lessingiana*) ассоциаций, преимущественно приуроченные к верхней и средней частям склонового ландшафта). В пределах микрозоны аккумуляции описаны со-

общества, относящиеся к группе формаций разнотравно-злаковые степи (сообщества разнотравно-типчачковой (*Festuca valesiaca* + *mh*) и разнотравно-ковыльной (*Stipa lessingiana* + *mh*) формации). Как и на плато, в составе подъярусов доминируют единичные кустарники, ковыль Лессинга, типчак и другие злаки, разнотравье и лишайники. Проективное покрытие растительности возрастает вниз по профилю склона, меняясь с 65–75% в пределах верхней склоновой микрозоны до 85–95% в границе аккумулятивного фрагмента склона, в том числе на разнотравье приходится до 15% на верхней микрозоне и до 25–30% на его подошве.

На склоне южной экспозиции представленность семейств и видов заметно отличается от выровненного водораздела (см. табл. 3). Флора этой территории пополнилась представителями семейств *Apiaceae*, *Limoniaceae* и *Chenopodiaceae*, не встречавшимися на водоразделе; одновременно из нее исчезли представители семейства *Caryophyllaceae*. Среди видового состава впервые для исследуемого пространства выявлены такие растения, как *Bassia prostrata* (L.) Beck, *Eryngium planum* L., *Lappula stricta* (Ledeb.) Guerke, *Medicago falcata* L., *Pimpinella saxifraga* L. На крутых участках склона произрастает ферула каспийская (*Ferula caspica* Bieb.) – вид, в целом не типичный для степной зоны. В пределах средней части склона выявлены небольшие по площади ареалы засоленных почв, образование которых связано с локальным распространением засоленных почвообразующих пород. В составе растительности этих местообитаний доминируют *Limonium gmelinii* Willd. и *Camphorosma monspeliaca* L. Важно отметить, что северная граница распространения последних трех видов проходит южнее района исследований. Как и в случае с произрастанием на северном склоне *Bromopsis inermis* и *Koeleria cristata*, данный пример соответствует правилу предварения АLEXИНА и ВАЛЬТЕРА, согласно которому склоны северных направлений несут на себе виды, свойственные более северным растительным группировкам, а склоны южных экспозиций – растения, характерные для зон, расположенных южнее в ряду географической зональности. При этом авторы связывали это отклонение от закона зональности растительности с углом падения солнечных лучей. Анализ полученных данных показал, что в условиях асимметрии склонов под влиянием различий в воздействиях факторов среды формируются почвы, которые по мощности гумусового горизонта, содержанию и качеству гумуса и некоторым физическим свойствам соответствуют типам и подтипам почв, расположенных севернее (обыкновенным черноземам на нижних микрозонах северных склонов) и южнее (темно-каштановым обычным и темно-каштановым карбонатно-солонцеватым на наиболее крутых участках склонов южного направления) в ряду географической зональности. Следовательно, вышеупомянутое правило предварения обусловлено не только прямым влиянием инсоляции на формирование флоры, но и опосредованным – через формирование в условиях склоновых ландшафтов разного направления почв, по своим свойствам в значительной мере отличающихся

ся от черноземов водораздельного плато и обеспечивающих вегетацию не свойственных для исследуемой территории видов растений.

Частным примером влияния микромозаичности почв на пространственную структуру фитоценозов является тот факт, что на крутых фрагментах южного склона наилучшими признаками подземных и наземных вегетативных органов обладали те экземпляры растений, чья корневая система (случайно) проникала в языковатые углубления, заполненные обогащенным органикой почвенным материалом, попавшим в них из верхнего гумусового горизонта.

В пределах южного склона среди фитоценозов наиболее распространены сообщества, относящиеся к полынно-ковыльной (*Stipa capillata* + *Artemisia austriaca*) и типчаково-полынно-ковыльной (*Stipa capillata* + *Artemisia austriaca* + *Festuca valesiaca*) ассоциациям на пологих участках склонового ландшафта, проективное покрытие которых составляет 60–65%; а также разнотравно-ковыльной (*Stipa capillata* + *Variicherbitas*) и ковыльно-разнотравной (*Stipa capillata* + *Variicherbitas*) ассоциациям на его крутых фрагментах с проективным покрытием 50–55%, из которых на разнотравье приходилось от 20 до 30%. В пределах крутосклоновых участков разнотравье представлено *Achillea micrantha*, *Artemisia austriaca*, *Eryngium planum*, *Euphorbia caesia*, *Medicago falcata*, *Phlomis desertorum*, *Rumex confertus*, *Salvia tesquicola*, *Verbascum phoeniceum* и др.

Среди геоботанических показателей степных сообществ особое место принадлежит ежегодно производимой фитомассе, главной составляющей биологического фактора почвообразования. Запасы растительной органики составили на южном склоне 125,6–174,9 ц/га, на плато водораздела – 211,1–225,3 и на южном склоне – 216,7–266,1 ц/га. При этом соотношение подземной (в слое 0–20 см) и надземной биомассы менялось от южного склона к северному с 2,8–3,0 до 3,5–4,4. Различия в биологическом факторе почвообразования являются отражением всей совокупности свойств и режимов почв: от габитуса почвенного профиля и качественного состава и содержания гумуса до физических свойств и гидротермического режима.

Почвы водораздела, в зависимости от экспозиции склона и ее крутизны, отличаются по структурно-агрегатному составу, от которого, в свою очередь, зависит плотность почв, выполняющая регулирующую роль в формировании видового состава степных фитоценозов. Доминирующее положение в степной растительности занимают виды семейства *Poaceae*, анатомической особенностью которых является мочковатая корневая система, нуждающиеся в черноземах с низкими показателями плотности. Ее оптимум, характерный для целинных черноземов всех типов, находится в пределах 1,00–1,20 г/см<sup>3</sup> [34]. Именно при таких ее значениях придаточные корни через межагрегатные и внутриагрегатные поры густо принизывают почвенную массу и с максимальной эффективностью используют влагу, обеспечивая тем самым оптимальные условия для вегетации злаковых трав. Для растений со стержневы-

ми корнями высокая плотность не является лимитирующим фактором для вегетации. В частности, установлено, что черноземы выровненного плато и северных пологих склонов водораздела имеют оптимальную плотность для развития дикорастущих видов злаков. При движении вниз по склону этот показатель постепенно снижается и достигает своих минимальных значений ( $0,92 \text{ г/см}^3$ ) в пределах зоны аккумуляции. Плотность корнеобитаемого слоя почв склона южного направления весьма неоднородная. В пределах транзитного и аккумулятивного участков склона она близка к оптимальной, а на незначительных по протяженности и относительно крутых элювиальной и выпуклой позициях она характеризуется как уплотненная и плотная (более  $1,30 \text{ г/см}^3$ ). На этих территориях доля видов растений со стержневой корневой системой максимальна.

В процессе работ получены материалы, которые легли в основу ещё одного суждения на роль физических свойств почв в доминировании злаков. Она проявляется на самых ранних фазах их вегетации. Известно, что семена диких видов трав семейства мятликовые (*Poaceae*) приспособлены к прорастанию при самых низких положительных температурах (от  $+1^\circ\text{C}$ ). Установлено, что самые первые фазы вегетации злаков (набухание семян и их прорастание) в степной зоне Волго-Уральского междуречья продолжаются в среднем 3–5 дней. Следом за прорастанием наступает фаза интенсивного развития придаточных корней; они густо пронизывают верхний (0–10 см) слой почвы, чему способствуют преобладание в структурном составе агрономически ценных агрегатов, высокая агрегатная и межагрегатная пористость, оптимальная плотность и водоудерживающая способность почв. Несмотря на характерный для степной зоны быстрый рост весной положительных температур, между началом вегетации злаков и достижением среднесуточной температуры, обеспечивающей начало развития растений других семейств, проходит от 7 до 10 дней, а при затяжной весне и более. За этот период масса корневых систем злаков достигает уровня, который затрудняет вегетацию растений других семейств.

### Заключение

Морфологической особенностью рельефа Волго-Уральского междуречья является полярная асимметрия речных водоразделов, вследствие чего к склонам разных экспозиций поступает различное количество солнечной радиации, что выразилось в специфике мезоклимата каждого фрагмента водораздельного пространства. Неоднородность гидротермических условий проявились в свойствах и составе почв и растительности водоразделов: на плато они соответствуют зональным признакам засушливых степей, склоновые ландшафты южных экспозиций близки к сухим степям, склоны северного направления в большей степени соответствуют настоящим степям. Одним из следствий таких изменений в экологии ландшафтов стало нарушение

закона зональности растительности в соответствии с правилом предварения Алехина и Вальтера.

Представленные материалы дают возможность отнести полярную асимметрию водоразделов с ее широким спектром экологических факторов к условиям, повышающим видовое и структурное разнообразие почвенно-растительного покрова степных регионов. Изменчивость характеристик почв и растительности в геоморфологическом градиенте может быть использована для обобщенного анализа процессов эволюции склоновых ландшафтов степной зоны и для решения вопросов, связанных с выполнением работ по государственному экологическому мониторингу земель.

### Литература

1. Ludwig J., Wilcox B., Breshears D., Tongway D. Vegetation patches and runoff-erosion as interacting ecohydrological processes in semiarid landscapes // *Ecology*. 2005. Vol. 86, № 2. PP. 288–297.
2. Kefi S., Rietkerk M., Alados C.L., Pueyo Y., Papanastasis V.P., Elaiach A., de Ruiter P.C. Spatial vegetation patterns and imminent desertification in Mediterranean arid ecosystems // *Nature*. 2007. № 449. PP. 213–215. doi: 10.1038/nature06111.
3. Gonzalez-Polo M., Austin A.T. Spatial heterogeneity provides organic matter refuges for soil microbial activity in the Patagonian steppe, Argentina // *Soil Biol. Biochem.* 2009. Vol. 41, is. 6. PP. 1348–1351. doi: 10.1016/j.soilbio.2009.03.008.
4. Guittierrez-Jurado H.A., Vivoni E.R. Ecogeomorphic expressions of an aspect-controlled semiarid basin: II. Topographic and vegetation controls on solar irradiance // *Ecohydrology*. 2013. № 6. PP. 24–37. doi: 10.1002/eco.1263.
5. Dohrenwend J.C. Systematic valley asymmetry in the central California Coast Ranges // *Geological Society of America Bulletin*. 1978. № 89. PP. 891–900.
6. Mieklejohn K.I. Valley asymmetry on south-eastern Alexander Island, Antarctica, and valley forms in the high Drakensberg, Southern Africa // *South African Geographic Journal*. 1994. Vol. 76, № 2. PP. 68–72.
7. Dortch J.M., Owen L.A., Schoenbohm L.M., Caffee M.W. Asymmetrical erosion and morphological development of the central Ladakh Range, northern India // *Geomorphology*. 2011. Vol. 135, № 1–2. PP. 167–180.
8. Куржанова А.А. Асимметрия склонов речных долин и литологические условия востока Русской равнины // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 3. С. 1–6.
9. Федотов В.И., Федотов С.В. Эффекты гор на возвышенных равнинах Среднерусской лесостепи // *Вестник ВГУ. Серия : География. Геоэкология*. 2013. № 1. С. 5–12.
10. Михно В.Б. Симметрия как фактор структурной организации, динамики и устойчивости ландшафтов // *Вестник ВГУ. Серия : География. Геоэкология*. 2014. № 4. С. 5–11.
11. Desta F., Colbert J.J., Rentch J.S., Gottschalk K.W. Aspect Induced Differences in Vegetation, Soil, and Microclimatic Characteristics of an Appalachian Watershed // *Castanea*. 2004. Vol. 69, № 2. PP. 92–108.
12. Русанов А.М., Милякова Е.А. Влияние экспозиции склона на свойства южных черноземов Предуралья // *Почвоведение*. 2005. № 6. С. 645–652.
13. Kurkowski T.A., Mann D.H., Rupp T., Verbyla D.L. Relative importance of different secondary successional pathways in an Alaskan boreal forest // *Canadian Journal of Forest Research*. 2008. Vol. 38, № 7. PP. 1911–1923.
14. Harman C. J. et al. Spatial patterns of vegetation, soils, and microtopography from terrestrial laser scanning on two semiarid hillslopes of contrasting lithology // *Journal of Geophysical Research : Biogeosciences*. 2014. Т. 119, № 2. PP. 163–180.

15. *Istanbulluoglu E., Yetemen O., Vivoni E.R., Gutierrez-Jurado H.A., Bras R.L.* Eco-geomorphic implications of hillslope aspect: Inferences from the analysis of landscape morphology in central New Mexico // *Geophys. Res. Lett.* 2008. Vol. 35, L14403. doi: 10.1029/2008GL034477.
16. *Poulos M.J., Pierce J.L., Flores A.N., Benner S.G.* Hillslope asymmetry maps reveal widespread, multi-scale organization // *Geophys. Res. Lett.* 2012. Vol. 39, L06406. doi: 10.1029/2012GL051283.
17. *McGuire L.A., Pelletier J.D., Roering J.J.* Development of topographic asymmetry: Insights from dated cinder cones in the western United States // *Journal of Geophysical Research: Earth Surface.* 2014. Т. 119, № 8. PP. 1725–1750.
18. *Yetemen O., Istanbuluoglu E., Duvall A.R.* Solar radiation as a global driver of hillslope asymmetry: Insights from an ecogeomorphic landscape evolution model // *Water Resources Research.* 2015. Т. 51, № 12. PP. 9843–9861.
19. *Решетова Л.Н.* Связь ландшафтов Западного Оренбуржья с морфоструктурой её территории // *Вестник Оренбургского государственного педагогического университета.* 2005. № 3 (41). С. 38–42.
20. *Рычко О.К., Петрищев В.П., Журавлев А.А.* Микроклиматические факторы дифференциации ландшафтных комплексов Южного Приуралья // *Аридные экосистемы.* 2005. Т. 11, № 28. С. 51–57.
21. *Анилова Л.В., Куранова В.В., Клименкова П.О.* Гумусообразование и гумус черноземов асимметричных склонов общего Сырта // *Вестник Оренбургского государственного университета.* 2009. № 6. С. 534–536.
22. *Географический атлас Оренбургской области / науч. ред. А.А. Чибилёв.* М. : Изд-во ДИК, 1999. 96 с.
23. *Шеин Е.В.* Курс физики почв. М. : Изд-во МГУ, 2005. 432 с.
24. *Орлов Д.С., Бирюкова О.Н.* Гумусное состояние почв как функция их биологической активности // *Почвоведение.* 1984. № 8. С. 39–48.
25. *Востров Н.С., Петрова А.Н.* Определение биологической активности почв различными методами // *Микробиология.* 1961. Т. 30. С. 665–672.
26. *Юрцев Б.А.* Флора как базовое понятие флористики: содержание понятия, подходы к изучению // *Теоретические и методические проблемы современной флористики.* Л. : Наука, 1987. С. 13–28.
27. *Рябинина З.Н., Князев М.С.* Определитель сосудистых растений Оренбургской области. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2009. 758 с.
28. *Sen Z.* Solar energy fundamentals and modeling techniques. London : Springer, 2008. 276 p.
29. *Исаков В.А., Шкляев В.А.* Оценка поступления солнечной радиации на естественные поверхности с применением геоинформационных систем // *Географический вестник.* 2012. № 1. С. 72–80.
30. *Lutzow M., Kögel-Knabner I.* Temperature sensitivity of soil organic matter decomposition - what do we know? // *Biology and Fertility of soils.* 2009. Vol. 46. PP. 1–15.
31. *Lal R.* Soil structure and sustainability // *J. Sustain. Agric.* 1991. № 1. PP. 67–92.
32. *Pachepsky Y.A., Rawls W.J.* Soil structure and pedotransfer functions // *Eur. J. Soil Sci.* 2003. № 54. PP. 443–451.
33. *Рябинина З.Н.* Растительный покров степей Южного Урала. Оренбург : Изд-во ОГПУ, 2003. 224 с.
34. *Русанов А.М.* Почва как фактор восстановления растительности естественных пастбищ // *Экология.* 2011. № 1. С. 34–42.

Поступила в редакцию 07.12.2016 г.; повторно 18.01.2017 г.;  
принята 26.01.2017 г.; опубликована 25.03.2017 г.

**Сведения об авторах:**

**Русанов Александр Михайлович** – профессор, д-р биол. наук, зав. кафедрой биологии и почвоведения химико-биологического факультета Оренбургского государственного университета (Россия, 460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13).

E-mail: [soilec@esoo.ru](mailto:soilec@esoo.ru)

**Сафонов Максим Анатольевич** – доцент, д-р биол. наук, зав. кафедрой общей биологии, экологии и методики обучения биологии Института естествознания и экономики Оренбургского государственного педагогического университета (Россия, 460014, г. Оренбург, ул. Советская, 19).

E-mail: [safonovmaxim@yandex.ru](mailto:safonovmaxim@yandex.ru)

Rusanov AM, Safonov MA. Soil and vegetation of asymmetric watersheds of the steppe zone of the Volga-Ural Interfluve. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya – Tomsk State University Journal of Biology*. 2017;37:161-177. doi: 10.17223/19988591/37/9 In Russian, English summary

**Alexander M. Rusanov<sup>1</sup>, Maxim A. Safonov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

<sup>2</sup>Orenburg State Pedagogical University, Orenburg, Russian Federation

### **Soil and vegetation of asymmetric watersheds of the steppe zone of the Volga-Ural Interfluve**

A distinctive feature of the geomorphology of the Volga-Ural interfluve is polar orientation and asymmetry of the watersheds associated with the latitudinal stretch of the valleys of most rivers of the region. The aim of the research was to evaluate the influence of hydrothermal and topographic factors of asymmetric watersheds of the steppe zone of the Volga-Ural region on the formation of vegetation and soils, and also to study the relationship and interdependence between the properties of chernozems and species composition of phytocenoses.

The research is based on the results of long-term field studies of soils and vegetation of steppes of the Volga-Ural Interfluve. We carried out our studies during the period of the maximum vegetation growth (late June-early July) in 2010-2012 and 2014. The study area was an asymmetric watershed of the Chagan-Buzuluk rivers (52°2'47"N, 52°29'44"E) with well-preserved natural vegetation, confined to Obshchy Syrt-Pre-Urals steppe province. Research methods included field observations and laboratory tests. We studied physical and chemical properties of soils by conventional methods (Shein EV). The period of soil biological activity was determined according to Orlova and Biryukova. Cellulose-decomposing activity of soils was investigated by the method of application by NS Vostrov and AN Petrova. Species composition of plants was analyzed within partial floras by BA Yurtsev; for this, we used "The identification manual of vascular plants of Orenburg region" by ZN Ryabinina and MS Knyazev. While conducting the research, we laid a number of 10×10 m geobotanical plots in a 10-fold replication in the upper, middle and lower parts of the slopes of the southern and northern expositions, as well as on the watershed. On the plots, we studied soil properties, determined floristic composition of plant communities and carried out their geobotanical description.

Differences in the complex of hydrothermal parameters of the slope landscape form a specific mesoclimate at its each fragment (See Table 1) which provides soil cover heterogeneity of the area (See Table 2). A set of mesoclimate and soil cover conditions caused a diversity of phytocenoses limited to various landscape elements. Some parts of the profile differ in species diversity of plants, occurrence of individual species and representation of individual families (See Table 3). Thus, the maximum

species diversity is noted at the northern slope, whereas the minimum - at the southern one; the average similarity of partial floras is 62%. During long-term monitoring studies, we established that hydrothermal conditions of the watershed slopes of different steepness and exposition and their flat tops differ in a set of parameters, resulting in the formation of soil and plant communities with considerable differences in properties and composition. Asymmetric watersheds showed the mosaic structure of soil and vegetation cover: a number of ecosystems in composition of phytocenoses and properties of chernozems are close to true steppes, and some other- to dry steppes. In addition, the generalized characteristics of soils and vegetation of the area correspond to the subzone of dry steppes. The data obtained allow classifying the polar asymmetry of watersheds as a condition that increases species and structural diversity of soil and vegetation cover at the present stage of evolution of steppe landscapes.

*The article contains 3 Tables, 34 References.*

**Key words:** soils; vegetation cover; steppe zone; asymmetrical watershed; mesoclimate.

### References

1. Ludwig J, Wilcox B, Breshears D, Tongway D. Vegetation patches and runoff-erosion as interacting ecohydrological processes in semiarid landscapes. *Ecology*. 2005;86(2):288-297.
2. Kefi S, Rietkerk M, Alados CL, Pueyo Y, Papanastasis VP, Elaich A, de Ruiter PC. Spatial vegetation patterns and imminent desertification in Mediterranean arid ecosystems. *Nature*. 2007;449:213-215. doi: [10.1038/nature06111](https://doi.org/10.1038/nature06111)
3. Gonzalez-Polo M, Austin AT. Spatial heterogeneity provides organic matter refuges for soil microbial activity in the Patagonian steppe, Argentina. *Soil Biol. Biochem.* 2009;41(6):1348-1351. doi: [10.1016/j.soilbio.2009.03.008](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.03.008)
4. Guittierrez-Jurado HA, Vivoni ER. Ecogeomorphic expressions of an aspect-controlled semiarid basin: II. Topographic and vegetation controls on solar irradiance. *Ecohydrology*. 2013;6:24-37. doi: [10.1002/eco.1263](https://doi.org/10.1002/eco.1263)
5. Dohrenwend JC. Systematic valley asymmetry in the central California Coast Ranges. *Geological Society of America Bulletin*. 1978;89:891-900. doi: [10.1130/0016-7606\(1978\)89<891:SVATIC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1978)89<891:SVATIC>2.0.CO;2)
6. Mieklejohn KI. Valley asymmetry on south-eastern Alexander Island, Antarctica, and valley forms in the high Drakensberg, Southern Africa. *South African Geographic Journal*. 1994;76(2):68-72. doi: [10.1080/03736245.1994.9713578](https://doi.org/10.1080/03736245.1994.9713578)
7. Dortch JM, Owen LA, Schoenbohm LM, Caffee MW. Asymmetrical erosion and morphological development of the central Ladakh Range, northern India. *Geomorphology*. 2011;135(1-2):167-180.
8. Kurzhanova AA. Asimetriya sklonov rechnykh dolin i litologicheskie usloviya vostoka Russkoy ravniny [Asymmetry of the slopes of river valleys and lithologic conditions of the East of the Russian Plain]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya – Modern Problems of Science and Education*. 2012;3:1-6. In Russian
9. Fedotov VI, Fedotov SV. The effects of mountains on the high plains of the srednerusskaya partially-wooded steppe. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2013;1:5-12. In Russian
10. Mikhno VB. Symmetry as a factor of structural organization, dynamics and stability of landscapes. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2014;4:5-11.
11. Desta F, Colbert JJ, Rentch JS, Gottschalk KW. Aspect induced differences in vegetation, soil, and microclimatic characteristics of an Appalachian watershed. *Castanea*. 2004;69(2):92-108. In Russian

12. Rusanov AM, Milyakova EA. The effect of slope aspect on the properties of southern chernozems in the Cis-Ural region. *Eurasian Soil Science*. 2005;38(6):569-575.
13. Kurkowski TA, Mann DH, Rupp T, Verbyla DL. Relative importance of different secondary successional pathways in an Alaskan boreal forest. *Canadian Journal of Forest Research*. 2008;38(7):1911-1923. doi: [10.1139/X08-039](https://doi.org/10.1139/X08-039)
14. Harman CJ, Lohse KA, Troch PA, Sivapalan M. Spatial patterns of vegetation, soils, and microtopography from terrestrial laser scanning on two semiarid hillslopes of contrasting lithology. *J. Geophys. Res. Biogeosci.* 2014;119(2):163-180. doi: [10.1002/2013JG002507](https://doi.org/10.1002/2013JG002507)
15. Istanbuluoglu E, Yetemen O, Vivoni ER, Gutierrez-Jurado HA, Bras RL. Eco-geomorphic implications of hillslope aspect: Inferences from the analysis of landscape morphology in central New Mexico. *Geophys. Res. Lett.* 2008;35:L14403. doi: [10.1029/2008GL034477](https://doi.org/10.1029/2008GL034477)
16. Poulos MJ, Pierce JL, Flores AN, Benner SG. Hillslope asymmetry maps reveal widespread, multi-scale organization. *Geophys. Res. Lett.* 2012;39:L06406. doi: [10.1029/2012GL051283](https://doi.org/10.1029/2012GL051283)
17. McGuire LA, Pelletier JD, Roering JJ. Development of topographic asymmetry: Insights from dated cinder cones in the western United States. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*. 2014;119(8):1725-1750. doi: [10.1002/2014JF003081](https://doi.org/10.1002/2014JF003081)
18. Yetemen O, Istanbuluoglu E, Duvall AR. Solar radiation as a global driver of hillslope asymmetry: Insights from an ecogeomorphic landscape evolution model. *Water Resources Research*. 2015;51(12):9843-9861. doi: [10.1002/2015WR017103](https://doi.org/10.1002/2015WR017103)
19. Reshetova LN. Svyaz' landshaftov Zapadnogo Orenburzh'ya s morfostrukturoy ee territorii [Relationship between landscapes of the West of Orenburg region with the morphostructure of its territory]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Elektronnyy nauchnyy zhurnal – Vestnik of Orenburg State Pedagogical University. Electronic Scientific Journal*. 2005;3(41):38-42. In Russian
20. Richko OK, Petrishev VP, Juravlev AA. Microclimatic factors of landscape complexes differentiation in Southern Urals. *Aridnye ekosistemy*. 2005;11(28):51-57. In Russian
21. Anilova LV, Kuranova VV, Klimenkova PO. Gumusoobrazovanie i gumus chernozemov asimmetrichnykh sklonov obshchego Syrta [Humus formation and humus of chernozems of asymmetric slopes of the Obshchy Syrt]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2009;6:534-536. In Russian
22. *Geograficheskii atlas Orenburgskoy oblasti* [Geographical atlas of Orenburg region]. Chibilev AA, editor. Moscow: DIK Publ.; 1999. 96 p.
23. Shein EV. Kurs fiziki pochv [Soil physics]. Moscow: Moscow State University Publ.; 2005. 432 p. In Russian
24. Orlov DS, Biryukova ON. Gumusnoe sostoyanie pochv kak funktsiya ikh biologicheskoy aktivnosti [Humus condition of soils as a function of their biological activity]. *Pochvovedenie*. 1984;8:39-48. In Russian
25. Vostrov NS, Petrova AN. Opredelenie biologicheskoy aktivnosti pochv razlichnymi metodami [Determination of soil biological activity by different methods]. *Mikrobiologiya*. 1961;30:665-672. In Russian
26. Yurtsev BA. Flora kak bazovoe ponyatie floristiki: sodержание ponyatiya, podkhody k izucheniyu. Teoreticheskie i metodicheskie problemy sovremennoy floristiki [Flora as the basic concept of floristry: Concept content and approaches to studying. Theoretical and methodological problems of modern floristry]. Leningrad: Nauka Publ.; 1987. pp. 13-28. In Russian
27. Ryabinina ZN, Knyazev MS. Opredelitel' sosudistykh rasteniy Orenburgskoy oblasti [The identification manual of vascular plants of Orenburg region]. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK Publ.; 2009. 758 p. In Russian
28. Sen Z. Solar energy fundamentals and modeling techniques. London: Springer; 2008. 276 p.
29. Isakov VA, Shklyayev VA. Estimation of receipt of solar radiation on natural surfaces with application of geoinformation systems. *Geograficheskii vestnik*. 2012;1:72-80. In Russian

30. Lutzow M, Kögel-Knabner I. Temperature sensitivity of soil organic matter decomposition - what do we know? *Biology and Fertility of Soils*. 2009;46:1-15. doi: [10.1007/s00374-009-0413-8](https://doi.org/10.1007/s00374-009-0413-8)
31. Lal R. Soil structure and sustainability. *J. Sustain. Agric.* 1991;1:67-92.
32. Pachepsky YA, Rawls WJ. Soil structure and pedotransfer functions. *Eur. J. Soil Sci.* 2003;54:443-451. doi: [10.1046/j.1365-2389.2003.00485.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2003.00485.x)
33. Ryabinina ZN. Rastitel'nyy pokrov stepey Yuzhnogo Urala [Vegetation cover of steppes of the Southern Urals (Orenburg region)]. Orenburg: OGPU Publ.; 2003. 224 p.
34. Rusanov AM. Soil as a factor of vegetation regeneration in natural pastures. *Russian J Ecology*. 2011;42(1):30-37. doi: [10.1134/S1067413611010097](https://doi.org/10.1134/S1067413611010097)

*Received 07 December 2016; Revised 18 January 2017;  
Accepted 26 January 2017; Published 25 March 2017*

**Author info:**

**Rusanov Alexander M**, Professor, Dr. Sci. (Biol.), Head of the Department of Biology and Soil Science, Faculty of Chemistry and Biology, Orenburg State University, 13 Pobedy Ave., Orenburg 460016, Russian Federation.

E-mail: [soilec@esoo.ru](mailto:soilec@esoo.ru)

**Safonov Maxom A**, Assoc. Prof., Dr. Sci. (Biol.), Head of the Department of General Biology, Ecology and Methods of Biology Teaching, Natural Science and Economics Institute, Orenburg State Pedagogical University, 19 Sovetskaya Str., Orenburg 460014, Russian Federation.

E-mail: [safonovmaxim@yandex.ru](mailto:safonovmaxim@yandex.ru)