

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА / MELIORATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.48.7>

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ИСКУССТВЕННЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ ОПУСТЫНИВАНИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

Научная статья

Лысаков М.А.¹, Пучков М.Ю.², Коломин Б.И.³*¹ORCID : 0000-0002-7227-9755;²ORCID : 0000-0002-3489-8643;³ORCID : 0009-0009-0821-3194;^{1,2,3} Астраханский государственный университет, Астрахань, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (bkolomin[at]yandex.ru)

Аннотация

Проблема опустынивания стоит остро на всем мировом пространстве. Также проблема не обошла и Северо-Западный Прикаспий, где расположена единственная в Европе пустыня. На сегодняшний момент существует множество технологических решений по предотвращению опустынивания, но в целом проблема не решена до сих пор. Следовательно, на сегодняшний момент нет эффективного технологического решения проблемы, поэтому проблема опустынивания есть и остается острой и по сей день. Поэтому научные исследования по разработке технологии восстановления земель Северо-Западного Прикаспия, подверженных опустыниванию, остаются актуальными.

Научные исследования проводились на территории Западно-ильменно-бугрового ландшафтного района, расположенного восточнее поселка Лиман Астраханской области. В исследовании использовались методы полевого опыта. Изучались элементы технологии возделывания злаковых культур наиболее приспособленных к произрастанию в условиях пустынной зоны и отобранных в результате предварительных лабораторных и полевых экспериментов: *пырей бескорневищный сорт Озерненский*; *кострец безостый сорт Ставропольский*; *пырей удлиненный сорт Солончаковый*; *пырей удлиненный сорт Ставропольский 10*; *житняк сибирский сорт Викрав*; *пырей удлиненный сорт Аргонавт*.

Наибольшее значения показателя урожая сухой массы достоверно отличается большим значением *пырей бескорневищный сорта «Озерненский»* — $3,1 \pm 0,1$ т/га. Оптимальные условия для роста и развития пастбищных растений формируются при варианте фреза+строчный посев сеялкой, на глубину 5 см, что указывает на высокие значения показателей урожайности $2,5 \pm 0,1$ т/га. Оптимальные условия для роста и развития пастбищных растений формируются при варианте обработки почвы поперек склона бугра Бэра, что указывает на высокие значения величины показателя урожая при обработке почвы поперек склона $2,4 \pm 0,1$ т/га.

Ключевые слова: опустынивание, элементы технологий, восстановление земель, климатический фактор, многолетние злаковые культуры.

TECHNOLOGICAL FOUNDATIONS OF CREATION OF HIGHLY PRODUCTIVE ARTIFICIAL AGROPHYTOCENOSES IN DESERTIFICATION CONDITIONS OF THE NORTH-WESTERN CASPIAN SEA REGION

Research article

Lisakov M.A.¹, Puchkov M.Y.², Kolomin B.I.³*¹ORCID : 0000-0002-7227-9755;²ORCID : 0000-0002-3489-8643;³ORCID : 0009-0009-0821-3194;^{1,2,3} Astrakhan State University, Astrakhan, Russian Federation

* Corresponding author (bkolomin[at]yandex.ru)

Abstract

The problem of desertification is acute throughout the world. Also, the problem has not bypassed the North-West Caspian Sea, where the only desert in Europe is located. Today there are many technological solutions to prevent desertification, but in general the problem has not been solved yet. Consequently, at the moment there is no effective technological solution to the problem, so the issue of desertification is and remains severe to this day. Therefore, scientific research on the development of technology for the restoration of lands of the North-Western Caspian Sea, subject to desertification, remains relevant.

Scientific research was carried out on the territory of the West Ilmen-mound landscape area, located to the east of Liman settlement, Astrakhan Oblast. Methods of field experiment were used in the study. The elements of cultivation technology of cereal crops most adapted to growing in the desert zone and selected as a result of preliminary laboratory and field experiments were studied: *rootless wheatgrass variety Ozernensky*; *rootless bromegrass variety Stavropolsky*; *elongated wheatgrass variety Solonchakovy*; *elongated wheatgrass variety Stavropolsky 10*; *Siberian wheatgrass variety Vikrav*; *elongated wheatgrass variety Argonaut*.

The highest value of the dry mass yield indicator is reliably distinguished by a large value of *rootless wheatgrass variety "Ozernensky"* – 3.1 ± 0.1 tonnes/ha. Optimal conditions for growth and development of pasture plants are formed in the variant of milling + line sowing with a seeder, at a depth of 5 cm, which indicates high values of yield indicators 2.5 ± 0.1 t/ha. Optimal

conditions for growth and development of pasture plants are formed at the variant of tillage across the slope of Baer knolls, which indicates high values of yield index at tillage across the slope 2.4 ± 0.1 t/ha.

Keywords: desertification, technology elements, land restoration, climate factor, perennial cereal crops.

Введение

Опустынивание – это деградации экосистемы через ухудшения ее биоразнообразия. По данным ООН, опустыниванию подвержена территория более 2 млрд. га [26]. Данная цифра непостоянна, и ее изменение зависит от природных и антропогенных факторов, а также от их взаимодействия. Доминирующим природным фактором является климатический. Среди антропогенных факторов особо выделяется перевыпас скота, нерациональное использования сельскохозяйственных земель, орошения и т.д. [13]. В связи с совместным взаимодействием повышенной антропогенной нагрузки на природный фактор особое значение приобретает комплексный фактор. Одним из примеров комплексного взаимодействия факторов является повышение альбедо и отражательной способности поверхности земли, возникающее в результате уничтожения растительности, приводящее [15] к изменению воздушных масс и уменьшению осадков [16]. Уничтожение растительности также приводит к образованию пылевых бурь в результате которых мелкие пылевые частицы вызывают инверсию в верхних слоях атмосферы, повышению температуры и к уменьшению влажности воздуха [16].

Одним из центров опустынивания как в России, так и в Европе является Северо-Западный Прикаспий, что вызвано особой барической обстановкой. В данном регионе гидротермический коэффициент достигает крайних значений – 0,1, осадки значительно меньше потенциальной испаряемости.

Для борьбы с опустыниванием разрабатывают целый ряд мероприятий, которые, прежде всего направлены на создание устойчивого растительного покрова.

Впервые В. Вильямс, для крайне засушливых регионов предложена травопольная система, основанная на создании защитных лесополос и введении многопольного севооборота с применением многолетних трав [1]. Тулайков для засушливых Юго-Восточных районов центральной России предложил регулировать водный режим почвы агротехническими мероприятиями [9], [10], [11]. Колесов и Высоцкий предложили пути рационального освоения песчаных массивов методом облесение (Колесов, Природа песков и облесение, 1900; Высоцкий Почвообразовательные процессы в песках, 1962).

Большой вклад в научное обоснование фитомелиорации крайне аридных территорий и технологии создания на них фитоценозов внесли (Берлянт, 1986). Данные ученые пришли к выводу, что при освоении данных территорий особое значение отводится фитокомпоненту с минимальным воздействием на почву.

В практике канадского земледелия в засушливых районах почвенную обработку предложено проводить безотвальными орудиями на глубину 12-14 см с сохранением стерни [3].

Особое значение имеют научно-практические мероприятия применяемые при сдерживании развития пустыни Сахара [22].

В Северном Китае успешно борются с опустыниванием так же за счет агролесомелиоративных мероприятий [19].

В современной России разработкой подобных мероприятий занимаются для повышения продуктивности Кизлярских пастбищ Дагестана [28].

Несмотря на то, что было разработано значительное количество различных технологий восстановления земель, подверженных опустыниванию, достаточно эффективных технологий, поддержанных реальным внедрением, до сих пор нет. Поэтому проблема борьбы с опустыниванием с возвратом этих экосистем в сельскохозяйственный оборот на данный момент является актуальной.

Методы и принципы исследования

Целью данного исследования было разработка элементов технологии восстановления земель подверженных опустыниванию. Достижение поставленной цели возможно через решение ряда задач, а именно: подбор многолетних злаковых растений, наиболее приспособленных к произрастанию в условиях пустынной зоны; разработка элементов технологии посева многолетних злаковых культур для создания устойчивого растительного покрова.

Закладка полевого опыта проводилась согласно стандартных методик [2]. Исследования проводились на стационаре «Лиман», расположенным на территории Западно-ильменно-бугрового ландшафтного района, расположенного восточнее поселка Лиман Астраханской области в 2012-16 гг. (рис. 1).



Рисунок 1 - Астраханская область, Лиманский р-он, стационар «Лиман»
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.48.7.1>

Изучались сорта многолетних злаковых культур российской селекции, отобранных в результате предварительных лабораторных и полевых исследований. Данные растения наиболее приспособлены к произрастанию в крайне аридных условиях Северо-западного Прикаспия: *пырей бескорневищный*, сорт *Озерненский* (селекция ВНИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства); *коострец безостый* сорт *Ставропольский 31* (селекция Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра); *пырей удлиненный*, сорт *Солончаковский* (селекция Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра); *пырей удлиненный*, сорт *Ставропольский 10* (селекция Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра); *житняк сибирский*, сорт *Викрав* (селекции Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра); *пырей удлиненный*, сорт *Аргонавт* (селекции Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра).

Для постановки опытов нами приняты следующие варианты, предусматривающие следующие схемы посева и обработки почвы (табл. 1):

Таблица 1 - Схемы посева и обработки почвы

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.48.7.2>

Контроль	Ручной посев + дискование
Вариант 1	Дискование + ручной посев + дискование
Вариант 2	Ручной посев + фрезерование
Вариант 3	Фрезерование + строчный посев сеялкой для трав

Норма высева семян – 10 кг/га (2-5 млн. семян /га). Повторность опыта – трехкратная. Площадь учетной делянки – 20 м². Площадь посевов – 1,5 га.

В опыте проводились следующие наблюдения, учёты и анализы:

– морфологические измерения: высота растений (см), длина побега/стеблей (см), количество листьев (шт.), количество побегов/стеблей (шт.), урожайность (т/га сухой массы), площадь листьев (тыс. м²/га);

– физиологические наблюдения и исследования: чистая продуктивность фотосинтеза (г/м² x дни), фотосинтетический потенциал (м² x дни/га).

Статистический анализ экспериментальных данных проводили с использованием дисперсионного анализа (“ANOVA”) с последующим тестом LSD с $\alpha = 0,05$, с использованием программы “Statistica 6.0”.

Основные результаты

Для восстановления земель подверженных опустыниванию особое значение приобретает создание устойчивого растительного покрова. При этом особое внимание уделяется минимизации почвенной обработки с выбором растений, максимально адаптированных к произрастанию в крайне аридных условиях.

В ходе предшествующих экспедиционных и лабораторных исследований были выделены виды многолетних злаковых трав и подобраны их сортовые культурные аналоги.

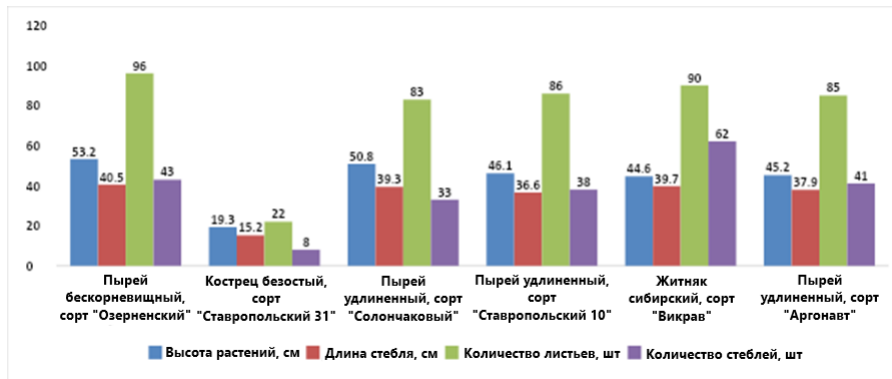


Рисунок 2 - Морфометрические показатели многолетних злаковых культур
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.48.7.3>

Результаты экспериментальных исследований указывают (рис. 2), что максимальные показатели структуры урожая установлены у *пырея бескорневищного сорта Озерненский* (высота растения – $53,2 \pm 6$ см, длины стебля – $40,5 \pm 5$ см, количество листьев – 96 ± 8 шт., количество стеблей – 43 ± 9 шт.), а минимальны у *костреца безостого сорта Ставропольский 31* (высота растения – $19,3 \pm 6$ см, длины стебля – $15,2 \pm 5$ см, количество листьев – 22 ± 12 шт., количество стеблей – 8 ± 10 шт.).

От характера протекания фотосинтетической активности культурных растений зависит их продуктивность. Особенно это актуально, когда растения произрастают в крайне аридных условиях.

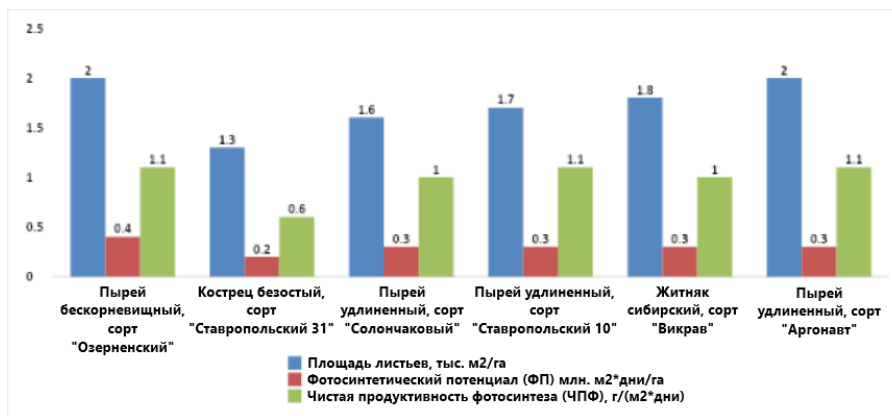


Рисунок 3 - Фотосинтетический потенциал многолетних злаковых культур
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.48.7.4>

Минимальные значения показателей фотосинтетической активности посевов были получены у *костреца безостого сорта Ставропольский 31* (площадь листовой поверхности – $1,3 \pm 0,2$ тыс. м²/га; фотосинтетический потенциал – $0,2 \pm 0,03$ млн. м²*дни/га; чистая продуктивность фотосинтеза – $0,6 \pm 0,1$ г/(м²*дни); густота стояния растений 430 ± 58 тыс. шт./га). Максимальные показатели фотосинтетической активности установлены у образцов *пырея бескорневищный сорт Озерненский* и *пырей удлиненный сорт Аргонавт*.

Результаты экспериментальных исследований по влиянию способов обработки почвы на структуру урожая многолетних злаковых культур указывают, что максимальные показатели надземных параметров у всех изучаемых культур наблюдались при посеве семян сеялкой с предварительным фрезерованием почвы (табл. 2).

Таблица 2 - Влияния способов обработки почвы на структуру урожая многолетних злаковых культур
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.48.7.5>

Способы обработки и посев	Высота растения, см	Длина стебля, см	Количество листьев, шт.	Количество стеблей, шт.
Ручной посев + дискование	34,2±3	26,4±2	59,8±5	30,1±2
Фреза+строчный посев сеялкой, 5 см	52,4±4	42,3±3	93±9	45±7
Диск+руч. посев, 5 см	43,7±4	35,2±4	78±8	38±7
Диск+руч. посев+диск, 15 см	33,6±4	27,1±4	60±8	29±7
Фф	81	72	59	21
F0,05	4,61	4,61	4,61	4,61

Для создания устойчивого растительного покрова на землях подверженных опустыниванию особое значение придается генетическому потенциалу сорта многолетних злаковых культур. Нами было изучено влияние видového и сортового разнообразия на урожайность сухой массы в зависимости от особенностей генетического потенциала сортов многолетних злаковых культур.

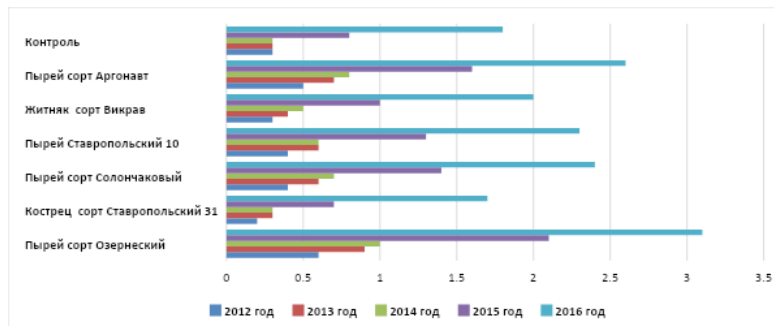


Рисунок 4 - Урожайность многолетних злаковых культур, т/га
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.48.7.6>

Результаты многолетнего полевого эксперимента (рис. 4) указывают на максимальную адаптированность изучаемых образцов (*пырей бескорневищный сорт Озерненский* – 3,1±0,1 т/га, *пырей удлиненный сорт Солончаковый* – 2,4±0,3, *пырей удлиненный сорт Ставропольский 10* – 2,3±0,1, *житняк сибирский сорт Викрав* – 2,0±0,1 *пырей удлиненный сорт Аргонавт* – 2,6±0,2) для произрастания в крайне аридных условиях. Минимальные показатели урожайности наблюдались у образца – *кострец безостого сорта Ставропольский 31* (1,7±0,1 т/га).

Обсуждение

Наши исследования подтверждают мнение многих ученых о необходимости минимизации разрушительного воздействия на почву аридных территорий [5] для предотвращения причины опустынивания. С этим также соглашаются исследователи из других стран, к примеру [20] и авторы множества других работ, подтверждающих эту точку зрения [17]. В связи с этим многие авторы предлагают свои варианты технологических решений [13], которые, по нашему мнению, малоэффективны. Так, например, снижение выпаса в условиях опытной площадки не приводило к естественному восстановлению растительного покрова почвы в течение 10 лет.

Более эффективными технологическими решениями является антропогенное создание биологического компонента экосистемы в ояге опустынивания [21], в данном конкретном случае – устойчивого растительного покрова с использованием наиболее адаптированных видов растений. Данный способ борьбы с опустыниванием нам видится наиболее эффективным по сравнению с другими способами, например с нанесением на поверхность поврежденного участка почвы клеящих веществ [18], что крайне неэффективно и неестественно для экосистемы. Создание устойчивого растительного покрова в ояге опустынивание приводит к формированию консорциев, то есть сообществ,

в которых формируются представители разных царств живого (насекомые, почвенные животные и т. д.). Также идет формирование почвенной микробиоты, что подтверждается многими исследованиям [5].

Учитывая приспособленность исследованных сортов к солевому стрессу [29], предлагается использование данных кормовых культур для фитомелиоративных мероприятий по рассолению орошаемых пашен с помощью выноса солей из почвы (уборкой, стравливанием) с нарощенной вегетативной массой [30].

Заключение

Из проведенных исследований по системе обработки почвы и способам посева пастбищных растений на пастбищах ясно, что:

1) наибольшим значением показателя урожая сухой массы достоверно отличается пырей бескорневищный сорта «Озерненский» -3,1±0,1 т/га;

2) оптимальные условия для роста и развития пастбищных растений формируются при варианте фреза+строчный посев сеялкой, на глубину 5 см, что указывает на высокие значения показателей урожайности 2,5±0,1 т/га;

3) оптимальные условия для роста и развития пастбищных растений формируются при варианте обработки почвы поперек склона бугра Бэра, что указывает на высокие значения показателей значения величины показателя урожая при обработке почвы поперек склона 2,4±0,1 т/га.

4) наиболее эффективным технологическим решением из наших исследований нам видится создание устойчивого растительного покрова в очаге опустынивания, что приводит к увеличению продуктивности и к оптимизации условий функционирования экосистемы в целом.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.48.7.7>

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.48.7.8>

Conflict of Interest

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.48.7.7>

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.48.7.8>

Список литературы / References

1. Вильямс В. Р. Сочинения / В. Р. Вильямс. — М. : Сельхозиздат, 1951. — Т. 12. — 508 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. — М. : Колос, 1973. — 336 с.
3. Доспехов Б. А. Минимализация обработки почвы. Направления исследований и перспективы внедрения в производство / Б. А. Доспехов // Земледелие. — 1978. — № 9. — С. 26–31.
4. Доспехов Б. А. Научные основы интенсивного земледелия в нечерноземной зоне / Б. А. Доспехов. — М. : Колос, 1976. — 208 с.
5. Кулик К. Н. Агроресомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка агроландшафтов / К. Н. Кулик. — Волгоград : ВНИАЛМИ, 2004. — 248 с.
6. Пучков М. Ю. Кормовые угодья Северо-Западного Прикаспия / М. Ю. Пучков, Ж. В. Овадыкова, И. Ш. Шахмедов. — Астрахань : АГТУ, 2015. — ISBN 978-5-89154-568-7.
7. Пучков М. Ю. Новый сорт пырея – фитомелиорант для Северного Прикаспия / М. Ю. Пучков, Н. В. Симанкова, А. Я. Лозицкий // Кормопроизводство. — 2011. — № 9. — С. 22–23.
8. Пучков М. Ю. Подбор сортов-фитомелиорантов для восстановления деградированных пастбищ Северного Прикаспия / М. Ю. Пучков, А. Я. Лозицкий, Н. В. Симанкова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 2. — С. 615.
9. Тулайков Н. М. Избранные произведения / Н. М. Тулайков. — М. : Сельхозиздат, 1963. — 312 с.
10. Тулайков Н. М. К вопросу об основной вспашке почвы / Н. М. Тулайков // Социалистическое земледелие. — 1932.
11. Тулайков Н. М. Материалы к выяснению о структуре почвы / Н. М. Тулайков // Труды советской селекции МАП. — 1933. — Т. 1. — С. 21–25.
12. Bhattacharya B. D. A regional development plan for the Rajasthan Desert / B. D. Bhattacharya // Town Plan. — Rev., 1977. — Vol. 48. — № 3. — P. 299–307.
13. Black J. F. Asphalt island concept of weather modification / J. F. Black // Linden. — ESSO Memorandum. — 1970.
14. Bolin B. The global carbon cycle / B. Bolin [et al.]. — New York : SCOPE 13, 1979.
15. Brief Report on Desertification Processes in Afghanistan : Conference on Alternative Strategies for Desert Development and Management. — USA, 1977. — Vol. 4.
16. Cloudsley-Thompson J. L. Sahara Desert / J. L. Cloudsley-Thompson. — 1990. — P. 646.
17. Costanza R. The value of the world's ecosystem services and natural capital / R. Costanza, R. d'Arge, R. D. Groot [et al.] // Nature. — 1997. — № 387.
18. Ehrlich P. R. Extinction Ballantine / P. R. Ehrlich, A. H. Ehrlich. — New York, 1981.
19. Ha-Lin Zh. Effects of desertification on soil and crop growth properties in Horqin sandy cropland of Inner Mongolia, north China Soil and Tillage / Zh. Ha-Lin, Rui-Lian Zhou, Tong-Hui Zhang [et al.] // Research. — 2006. — Vol. 87. — P. 175–185.

20. Kremen C. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change / C. Kremen, N. M. Williams, M. A. Azien [et al.] // *Ecol. Let.* — 2010. — № 10(4). — P. 299–314.
21. Kubiszewski S. Changes in the global value of ecosystem services / S. Kubiszewski, S. Farber, R. K. Turner // *Glob. Environ.* — 2014. — № 26(1). — P. 152–158.
22. Ornstein L. Irrigated afforestation of the Sahara and Australian Outback to end global warming Climatic Change / L. Ornstein, I. Aleinov, D. Rind. — 2009. — № 97. — P. 409–437.
23. Millennium Ecosystem Assessment (MA) // *Ecosystems and Human Well-being.* — Island Press, 2005.
24. Venter O. Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation / O. Venter, E. W. Sanderson, A. Magrath [et al.] // *Nat. Commun.* — 2016. — № 7. — P. 12558.
25. Обзор: проблема опустынивания на глобальном и региональном уровнях. — URL: <https://www.carececo.org/main/news/obzor-problema-opustynivaniya-na-globalnom-i-regionalnom-urovnyakh/> (дата обращения: 21.07.2021).
26. National, regional and sub-regional programmes. — URL: <https://www.unccd.int/convention/action-programmes> (accessed: 21.07.2021).
27. Опустынивание. — URL: <http://www.unepcom.ru/globenv/9.html> (дата обращения: 21.07.2021).
28. Ибрагимов К. М. Меры борьбы с опустыниванием земель и повышение продуктивности кизлярских пастбищ Республики Дагестан / К. М. Ибрагимов, И. Р. Гамидов, М. А. Умаханов [и др.] // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. — Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2018. — С. 223–227. DOI: 10.25680/3187.2018.97.53.394
29. Пучков М. Ю. Изучение реакции на солевой стресс сортов кормовых культур для формирования пастбищ в условиях Северо-Западного Прикаспия / М. Ю. Пучков, М. А. Лысаков, А. Ф. Туманян [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. — 2018. — Т. 13. — № 1. — С. 26–34. DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-1-26-34
30. Дубенок Н. Н. Фитомелиоративная роль культур-освоителей засоленных земель Калмыкии / Н. Н. Дубенок, Э. Б. Дедова, С. Б. Адьяев // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. — 2009. — № 6. — С. 22–25.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Williams V. R. Sochineniya [Writings] / V. R. Williams. — М. : Agricultural publishing House, 1951. — Vol. 12. — 508 p. [in Russian]
2. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of field experience] / B. A. Dospikhov. — М. : Kolos, 1973. — 336 p. [in Russian]
3. Dospikhov B. A. Minimalizaciya obrabotki pochvy. Napravleniya issledovaniy i perspektivy vnedreniya v proizvodstvo [Minimization of tillage. Research directions and prospects for introduction into production] / B. A. Dospikhov // *Zemledelie [Agriculture]*. — 1978. — № 9. — P. 26–31. [in Russian]
4. Dospikhov B. A. Nauchnye osnovy intensivnogo zemledeliya v nechernozemnoj zone [Scientific foundations of intensive agriculture in the non-chernozem zone] / B. A. Dospikhov. — М. : Kolos, 1976. — 208 p. [in Russian]
5. Kulik K. N. Agrolesomeliativnoe kartografirovaniye i fitoekologicheskaya ocenka agrolandshtafrov [Agroforestry mapping and phytoecological assessment of agricultural landscapes] / K. N. Kulik. — Volgograd : VNIALMI, 2004. — 248 p. [in Russian]
6. Puchkov M. Yu. Kormovye ugod'ya Severo-Zapadnogo Priskaspiya [Forage lands of the North-Western Caspian Sea] / M. Yu. Puchkov, Zh. V. Ovadykova, I. Sh. Shakhmedov. — Astrakhan : ASTU, 2015. — ISBN 978-5-89154-568-7. [in Russian]
7. Puchkov M. Yu. Novyj sort pyreya – fitomeliorent dlya Severnogo Priskaspiya [A new variety of wheatgrass – phytomeliorent for the Northern Caspian] / M. Yu. Puchkov, N. V. Simanskova, A. Ya. Lozitsky // *Kormoproizvodstvo [Forage production]*. — 2011. — № 9. — P. 22–23. [in Russian]
8. Puchkov M. Yu. Podbor sortov-fitomeliorentov dlya vosstanovleniya degradirovannyh pastbishch Severnogo Priskaspiya [Selection of phytomeliorent varieties for the restoration of degraded pastures of the Northern Caspian] [Text] / M. Yu. Puchkov, A. Ya. Lozitsky, N. V. Simanskova [et al.] // *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]*. — 2014. — № 2. — P. 615. [in Russian]
9. Tulaykov N. M. Izbrannyye proizvedeniya [Selected works] / N. M. Tulaykov. — М. : Agricultural publishing House, 1963. — 312 p. [in Russian]
10. Tulaykov N. M. K voprosu ob osnovnoj vspashke pochvy [On the issue of basic plowing of the soil] / N. M. Tulaykov // *Socialisticheskoye zemledelie [Socialist agriculture]*. — 1932. [in Russian]
11. Tulaykov N. M. Materialy k vyyasneniyu o strukture pochvy [Materials for clarifying the structure of the soil] [Text] / N. M. Tulaykova // *Trudy sovetskoj selekcii MAP [Proceedings of the Soviet section of the MAP]*. — 1933. — Vol. 1. — P. 21–25. [in Russian]
12. Bhattacharya B. D. Aregional development plan for the Rajasthan Desert / B. D. Bhattacharya // *Town Plan.* — Rev., 1977. — Vol. 48. — № 3. — P. 299–307.
13. Black J. F. Asphalt island concept of weather modification / J. F. Black // *Linden.* — ESSO Memorandum. — 1970.
14. Bolin B. The global carbon cycle / B. Bolin [et al.]. — New York : SCOPE 13, 1979.
15. Brief Report on Desertification Processes in Afghanistan : Conference on Alternative Strategies for Desert Development and Management. — USA, 1977. — Vol. 4.
16. Cloudsley-Thompson J. L. Sahara Desert / J. L. Cloudsley-Thompson. — 1990. — P. 646.

17. Costanza R. The value of the world's ecosystem services and natural capital / R. Costanza, R. d'Arge, R. D. Groot [et al.] // *Nature*. — 1997. — № 387.
18. Ehrlich P. R. *Extinction Ballantine* / P. R. Ehrlich, A. H. Ehrlich. — New York, 1981.
19. Ha-Lin Zh. Effects of desertification on soil and crop growth properties in Horqin sandy cropland of Inner Mongolia, north China Soil and Tillage / Zh. Ha-Lin, Rui-Lian Zhou, Tong-Hui Zhang [et al.] // *Research*. — 2006. — Vol. 87. — P. 175–185.
20. Kremen C. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change / C. Kremen, N. M. Williams, M. A. Azien [et al.] // *Ecol. Let.* — 2010. — № 10(4). — P. 299–314.
21. Kubiszewski S. Changes in the global value of ecosystem services / S. Kubiszewski, S. Farber, R. K. Turner // *Glob. Environ.* — 2014. — № 26(1). — P. 152–158.
22. Ornstein L. Irrigated afforestation of the Sahara and Australian Outback to end global warming Climatic Change / L. Ornstein, I. Aleinov, D. Rind. — 2009. — № 97. — P. 409–437.
23. *Millennium Ecosystem Assessment (MA) // Ecosystems and Human Well-being*. — Island Press, 2005.
24. Venter O. Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation / O. Venter, E. W. Sanderson, A. Magrath [et al.] // *Nat. Commun.* — 2016. — № 7. — P. 12558.
25. Obzor: problema opustynivaniya na global'nom i regional'nom urovnyah [Overview: the problem of desertification at the global and regional levels]. — URL: <https://www.carececo.org/main/news/obzor-problema-opustynivaniya-na-globalnom-i-regionalnom-urovnyakh/> (accessed: 21.07.2021). [in Russian]
26. National, regional and sub-regional programmes. — URL: <https://www.unccd.int/convention/action-programmes> (accessed: 21.07.2021).
27. Opustynivanie [Desertification]. — URL: <http://www.unepcom.ru/globenv/9.html> (accessed: 21.07.2021). [in Russian]
28. Ibragimov K. M. Mery bor'by s opustynivaniem zemel' i povyshenie produktivnosti kizlyarskih pastbishch Respubliki Dagestan [Measures to combat land desertification and increase productivity of Kizlyar pastures of the Republic of Dagestan] / K. M. Ibragimov, I. R. Gamidov, M. A. Umakhanov [et al.] // *Novye metody i rezul'taty issledovaniy landshaftov v Evrope, Central'noj Azii i Sibiri : Monografiya. V 5 tomah* [New methods and results of landscape research in Europe, Central Asia and Siberia. — Moscow : D.N. Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry, 2018. — P. 223–227. DOI: 10.25680/3187.2018.97.53.394 [in Russian]
29. Puchkov M. Yu. Izuchenie reakcii na solevoj stress sortov kormovyh kul'tur dlya formirovaniya pastbishch v usloviyah Severo-Zapadnogo Prikaspiya [Studying the reaction to salt stress of forage crop varieties for the formation of pastures in the conditions of the Northwestern Caspian Sea] / M. Yu. Puchkov, M. A. Lysakov, A. F. Tumanyan [et al.] // *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* [Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and animal husbandry]. — 2018. — Vol. 13. — № 1. — P. 26–34. DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-1-26-34 [in Russian]
30. Dubenok H. H. Fitomeliorativnaya rol' kul'tur-osvoitelej zasolennyh zemel' Kalmykii [Phytomeliorative role of cultivators of saline lands of Kalmykia] / H. H. Dubenok, E. B. Dedova, S. B. Adyaev // *Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences]. — 2009. — № 6. — P. 22–25. [in Russian]