



Published in the Russian Federation
Oriental Studies (Previous Name: Bulletin of the Kalmyk Institute
for Humanities of the Russian Academy of Sciences)
Has been issued as a journal since 2008
ISSN: 2619-0990; E-ISSN: 2619-1008
Vol. 13, Is. 6, pp. 1613–1622, 2020
DOI: 10.22162/2619-0990-2020-52-6-1613-1622
Journal homepage: <https://kigiran.elpub.ru>



УДК 903.5+397.4

DOI: 10.22162/2619-0990-2020-52-6-1613-1622

Динамика процессов опустынивания в Республике Калмыкия с середины 1980-х гг. до настоящего времени

Мария Александровна Очир-Горяева¹, Айлин Экмайер², Виктор Вайценэггер³

¹ Калмыцкий научный центр РАН (д. 8, ул. И. К. Илишкина, 358000 Элиста, Российская Федерация)
доктор исторических наук, ведущий научный сотрудник

 0000-0002-0210-7595. E-mail: mariaochir@gmail.com

² Мюнхенский университет им. Людвига Максимилиана (37, Луизенштрассе, 80333 Мюнхен,
Германия)

профессор

 0000-0003-3053-8226. E-mail: e.eckmeier@lmu.de

³ Мюнхенский университет им. Людвига Максимилиана (37, Луизенштрассе, 80333 Мюнхен,
Германия)

студент

E-mail: victor1995@gmx.de

© КалмНЦ РАН, 2020

© Очир-Горяева М. А., Экмайер Э., Вайценэггер В., 2020

Аннотация. *Введение.* Сельское хозяйство Республики Калмыкия характеризуется преобладанием скотоводства. Но массовое содержание скота привело к чрезмерной нагрузке на пастбища и деградации степного растительного покрова. *Материалы и методы.* Изучение погребенных почв, сохранившихся под насыпями археологических памятников — курганов, позволяет установить, что в эпоху позднего бронзового века и в эпоху позднего средневековья процессы опустынивания охватывали обширные участки восточноевропейских степей. Однако процессы десертификации тогда были связаны с глобальной аридизацией климата, охватившей не только степную зону, то есть имели природную основу. Современные процессы опустынивания проходят также на фоне общей аридизации климата, но масштабы и разрушительность усугубляются многокомпонентным антропогенным воздействием, то есть деятельностью человека. *Результаты и выводы.* В целях количественной оценки был составлен временный ряд снимков дистанционного зондирования датчика Landsat-TM за период с 1985 г. по 2011 г. и статистически оценены производные от него индексы NDVI и TGSi. Результат показывает увеличение растительного покрова для выбранной области исследования, несмотря на то, что годовые температуры в этот же период не снижались, а

наоборот, повышались. Таким образом, снижение темпов опустынивания не обусловлено климатически, а является результатом мероприятий по борьбе с опустыниванием.

Ключевые слова: процессы опустынивания, степи, Калмыкия, методы дистанционного зондирования земли, глобальная аридизация, палеопочвоведение

Благодарность. Исследование проведено в рамках государственной субсидии — проект «Комплексное исследование процессов общественно-политического и культурного развития народов Юга России» (номер госрегистрации: АААА-А19-119011490038-5). Материалы статьи апробированы на Международной научной онлайн-конференции «Монголоведение в начале XXI в.: современное состояние и перспективы развития–II», проведенной при финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-09-22004) и частичной поддержке гранта Правительства РФ (№ 075-15-2019-1879).

Для цитирования: Очир-Горяева М. А., Экмайер Э., Вайценэггер В. Динамика процессов опустынивания в Республике Калмыкия с середины 1980-х гг. до настоящего времени // Oriental Studies. 2020. Т. 13. № 6. С. 1613–1622. DOI: 10.22162/2619-0990-2020-52-6-1613-1622

UDC 903.5+397.4

DOI: 10.22162/2619-0990-2020-52-6-1613-1622

Desertification Processes in the Republic of Kalmykia, 1980s–2010s: Dynamics Revisited

Maria A. Ochir-Goryaeva¹, Eileen Eckmeier², Viktor Weizenegger³

¹ Kalmyk Scientific Center of the RAS (8, Ilishkin St., Elista 358000, Russian Federation)

Dr. Sc. (History), Leading Research Associate

 0000-0002-0210-7595. E-mail: mariaochir@gmail.com

² Ludwig Maximilian University of Munich (37, Luisenstrasse, 80333 Munich, Germany)

Professor

 0000-0003-3053-8226. E-mail: e.eckmeier@lmu.de

³ Ludwig Maximilian University of Munich (37, Luisenstrasse, 80333 Munich, Germany)

Student

E-mail: victor1995@gmx.de

© KalmSC RAS, 2020

© Ochir-Goryaeva M. A., Eckmeier E., Weizenegger V., 2020

Abstract. Introduction. In the Republic of Kalmykia, agriculture is characterized by the prevalence of livestock breeding. Still, excessive grazing has resulted in land degradation. **Materials.** Analysis of buried soils from excavated kurgans reveals that the Late Bronze Age and Late Medieval Period witnessed extensive desertification processes across vast territories of Eastern European steppes. Those trends were determined by global climate aridization traced in other ecosystems too, i.e. were caused by natural changes. **Results.** Present-day desertification also takes place in the background of universal aridization but its enormous scale and destructiveness are aggravated by multiple anthropogenic impacts, i.e. human activity. For a qualitative assessment, the paper analyzes a time-series of satellite images made by Landsat-TM Earth observing sensor from 1985 to 2011, and makes statistical estimates of related NDVI and TGSI indices. There is an increase in vegetation cover within the investigated area, and this despite the fact that yearly temperatures during the period kept increasing, too. So, the reduced desertification rates have resulted not from favorable climatic factors but rather from purposeful countervailing efforts.

Keywords: desertification processes, steppe, Kalmykia, Earth observing methods, global aridization, paleopedology

Acknowledgements. The reported study was funded by federal government subsidy — project name ‘Socio-Political and Cultural Development of South Russia’s Peoples: Comprehensive Studies of Respective Processes’ (state reg. no. AAAA-A19-119011490038-5). The article was presented at the International scientific online conference ‘Mongolian Studies at the Beginning of the 21st Century: Current State and Development Prospects – II’ funded by RFBR (project no. 20-09-22004) and Government of Russia (grant no. 075-15-2019-1879).

For citation: Ochir-Goryaeva M. A., Eckmeier E., Weizenegger V. Desertification Processes in the Republic of Kalmykia, 1980s–2010s: Dynamics Revisited. *Oriental Studies*. 2020. Vol. 13(6): 1613–1622. (In Russ.). DOI: 10.22162/2619-0990-2020-52-6-1613-1622



Введение

Опустынивание, то есть возникновение пустынных условий, затрагивает многие засушливые районы мира [Cherlet et al. 2018]. Степные экосистемы очень чувствительны к изменениям климата и землепользования. Процессы опустынивания не являются феноменом только современности, они имели место и в доисторические эпохи и в период позднего средневековья, охватывая всю степную зону. Это установлено специалистами-почвоведом, изучающими погребенные почвы под курганными насыпями в ходе их раскопок. Курганы на территории Калмыкии оказываются особенно информативными в силу расположения большинства из них на целинных участках, никогда не подвергавшихся распашке [Демкин 1997: 41]. Глобальный процесс аридизации начался, по данным палеопочвоведов, при переходе от среднего к позднему бронзовому веку (рубеж III–II тыс. до н. э.) и продлился в эпоху поздней бронзы. В западной части степной зоны процесс шел особенно интенсивно, в степях восточнее Уральских гор — в более сглаженной форме. Первая волна процесса опустынивания характеризовалась аридными условиями с нарастанием засушливости, доминированием пустынно-степных ландшафтов. Годовая норма осадков снизилась до 250 мм. Аридизация привела к заметному снижению населения в сухих степях, ее последствия все еще сказывались в эпоху раннего железа. Со II в. по IV в. н. э. наблюдался кратковременный микроплювиал, заметное увлажнение климата, с сохранением пустынно-степных условий, после которого на длительный период установились стабильные смягченные аридные условия. В эпоху развитого средневековья в XI–XIV вв. наступил климатический

оптимум с годовой нормой осадков 300–350 мм и преобладанием сухостепных ландшафтов [Якимов и др. 2007: 194–204]. Строительство и процветание городов Золотой Орды на берегах р. Волги было не в последнюю очередь обусловлено исключительно благоприятными климатическими условиями. Но уже с XV в. накатилась вторая волна глобальной аридизации климата с уменьшением количества осадков до современного (250–300 мм) и вторичным развитием пустынно-степных условий почвообразования, что продолжается и в настоящее время [Demkin et al. 2010]. Две описанные выше волны аридизации были обусловлены глобальными природными закономерностями. Но усиление процессов опустынивания, деградация почвы из-за эрозии или засоления в историческое время имеют искусственный характер и являются результатом прежде всего антропогенного воздействия.

Ярким примером указанных процессов является аридизация калмыцких степей, входящих в Понтийско-Каспийскую степную зону. Территорию Калмыкии в ландшафтно-географическом отношении можно разделить на три области: на востоке — Каспийская низменность, охватывающая северо-западное побережье Каспийского моря, расположенная она на отметках ниже уровня мирового океана; на западе — Ергенинская возвышенность, образующая водораздел между Каспийским морем и Донской речной системой (высота Ергени составляет над уровнем моря от 120–160 м на севере до 220 м на юге); на юге — Кумо-маньчская впадина — узкая низменность, разделяющая Ергенинскую и Ставропольскую возвышенности. Климат Калмыкии резко континентальный, особенной засушливостью

отличаются Прикаспийская низменность, где средние годовые осадки составляют всего 200–350 мм. Характерной особенностью этого субрегиона является высокое содержание песка в почве по причине древних отложений Каспийского моря [Zonn 1995]. Песчаная почва в значительной степени усиливает потенциал эрозионных процессов. Пастбища расположены в основном в степных районах, а также в полупустынях, песчаных и соляных пустынях Каспийской низменности [Smelansky, Tishkov 2012].

Материалы и методы

Традиционно калмыки, которые до 1930-х гг. вели кочевой образ жизни, разводили лошадей, верблюдов, овец и крупный рогатый скот. Эти виды скота были хорошо адаптированы к экосистеме. Но в ходе коллективизации после 1917 г. и вынужденного перехода к оседлости совокупное поголовье верблюдов и крупного рогатого скота калмыцкой породы было значительно сокращено (с 40 % до менее чем 7 %), и были введены тонкорунные породы овец, которые, в отличие от разводимых курдючных овец, имеют острые копыта и, таким образом, сильнее выбивают структуру почвы [Hölzel et al. 2002; Ivanov, Perera 1997]. С распадом Советского Союза поголовье скота значительно снизилось, но с 2010-х гг. начало резко возрастать.

По данным 2015 г., основная часть сельскохозяйственных угодий в Калмыкии была декларирована как пастбища. Они составили 69,8 % общей площади, составляющей без малого 7 млн гектаров. На указанных просторах в подавляющем большинстве выпасаются овцы. Доля пастбищ для выпаса крупного рогатого скота весьма незначительна [Бородычев, Дедова, Сазанов 2015].

Калмыцкая степь была и до сих пор остается жертвой (в грандиозных масштабах) хозяйственного использования, противоречащего ее почвам и климату. В конце 1980-х гг. 47,8 % площади Калмыкии были подвергнуты сильной и даже экстремально тяжелой форме почвенной деградации [Bananova, Lazareva 2014]. Основной причиной деградации естественного степного растительного покрова был перевыпас неподходящих для природных условий Калмыкии видов скота и его чрезмерное количество. Все вместе привело к тому, что

«натуральная, естественная почва» практически исчезла. Эта катастрофическая ситуация хорошо прослеживается по космоснимкам, особенно на некоторых участках севернее Кумо-Манычской впадины или на восточной части Прикаспийской низменности. На космоснимках указанного периода очень четко отображено, что растительный покров вокруг чабанских стоянок был истреблен полностью, на этих участках видны круглой формы пятна обнаженной земли и образовавшиеся песчаные дюны.

Перевыпас скота приводит к значительному обеднению вегетационного почвенного слоя. Обедненный гумусный слой легко сносится в результате ветровой эрозии. На обнаженных участках поверхность уплотняется, что усугубляет ситуацию, потому что плотность почвы снижает инфильтрационные свойства и увеличивает поверхностный сток атмосферных водных осадков. Исчезновение вегетации на обширных участках и высокий процент песка в почве приводит к возникновению и движению дюн. Дюны опасны тем, что в своем движении они покрывают песком другие, еще покрытые вегетацией, территории. Фракции плодородной почвы уносятся ветром, новый гумус не образуется, что приводит к обеднению растительного покрытия на новых площадях [Cherlet et al. 2018].

В конце 1990-х гг. масштабы деградации в Калмыкии были настолько значительны, что велась речь о «первой в Европе пустыне». Чтобы остановить дальнейшее распространение пустыни, тогдашний руководитель республики объявил ситуацию чрезвычайной — катастрофой в национальном масштабе. При поддержке Организации Объединенных Наций были проведены мероприятия по планомерной высадке растений, что привело к стабилизации движения дюн [Ivanov, Perera 1997]. В 1993 г. заповедник федерального значения «Черные земли» был включен в список ЮНЕСКО и получил статус Биосферный заповедник. Заповедники, признанные Биосферными резерватами ЮНЕСКО, находятся под охраной международного права.

Для того чтобы проследить эффективность проведенных мер, с помощью методов дистанционного зондирования были проведены наблюдения на нескольких отобран-

ных участках. Анализу были подвергнуты материалы спутниковых облетов в течение почти тридцати лет, с 1985 г. по 2011 г. Для оценки вегетационного покрова был применен Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) — Вегетационный индекс усредненных значений. Важным было установить: как и какими темпами изменялся растительный покров на избранных для исследования участках за указанный выше период.

Методы

Область изучения изменений растительного покрова расположена в основном на юго-востоке республики. В нее входит также один небольшой участок территории Ставропольского края. Эти территории в основном используются под пастбища, но встречаются единичные участки, используемые под посевы. Для анализа были выделены три зоны: 1) зона исследования; 2) зона контрольная; 3) зона сравнительная.

В зону исследования вошли участки, наиболее пострадавшие от опустынивания, куда входит территория заповедника «Черные земли». Контрольная зона доходит до западных границ республики. Сравнительная зона, которая использовалась для сверки полученных результатов, смыкается на севере с зоной исследования и частично перекрывается последней. Сравнительная зона покрывает северо-восточную часть Калмыкии и на севере захватывает северную часть Астраханской области с руслом Волги (рис. 1).

Процессы опустынивания являются растянутыми во времени, тем не менее на них оказывают влияние сезонные колебания, которые необходимо учитывать при помощи соответствующей методики наблюдений. Для работы были использованы космические снимки ресурса Landsat-4 и Landsat-5, которые были сняты и обработаны с помощью сенсора Thematic Mapper («Тематическое картирование»). Это позволяет получить сравнение данных по относительно длительному отрезку времени с разрешением в 30 м на уровне земной поверхности. Были отобраны только снимки с коррекцией атмосферы, которые имели облачный покров менее 20 % и были записаны в надире, то есть с наиболее низкой точки.

По данным группы исследователей [Золотокрылин, Титкова, Уланова, Федорова 2013], наиболее плотный вегетационный слой наблюдался в северо-западной части Прикаспийской низменности в период с сентября 2005 г. по сентябрь 2006 г. Поэтому настоящего исследования были отобраны космоснимки указанного периода времени. Если космоснимки не отвечали выбранным критериям, они не использовались в исследовании. Для определения плотности растительного покрова использованы 31 космоснимок.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) — нормализованный относительный индекс растительности отражает индекс вегетации, который охватывает показатели между -1 и $+1$ ¹. Этот показатель был привлечен для того, чтобы различать полноценную вегетацию степей ($NDVI \geq 0,2$) от полностью обнаженной земли ($NDVI < 0,2$).

Расчеты ведутся по формуле: $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$, где Red и NIR обозначают измерения спектральной отражательной способности, полученные в красной (видимой) и ближней инфракрасной областях соответственно. Показатель Topsoil Grain Size Index (TGSI) — индекс размера зерна верхнего слоя почвы был рассчитан по формуле: $TGSI = (R - B) / (R + B + G)$, где R, B и G — красная, синяя и зеленая полосы данных дистанционного зондирования соответственно [Xiao et al. 2006]. Эти формулы расчетов были выработаны для того, чтобы исследовать динамику опустынивания в течение длительного времени. Они базируются на том обстоятельстве, что в силу ветровой эрозии в регионах опустынивания размеры почвенных фракций увеличиваются, так как мелкие фракции уносятся ветром в первую очередь. На площадях с полностью обнаженной почвой фракции значительно увеличиваются в размерах, при высоком процентном содержании песка они достигают значений 0,2 [Xiao et al. 2006].

¹ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [электронный ресурс] // URL: <https://www.sentinel-hub.com/eopproducts/ndvi-normalized-difference-vegetation-index> (дата обращения: 20.09.2020).

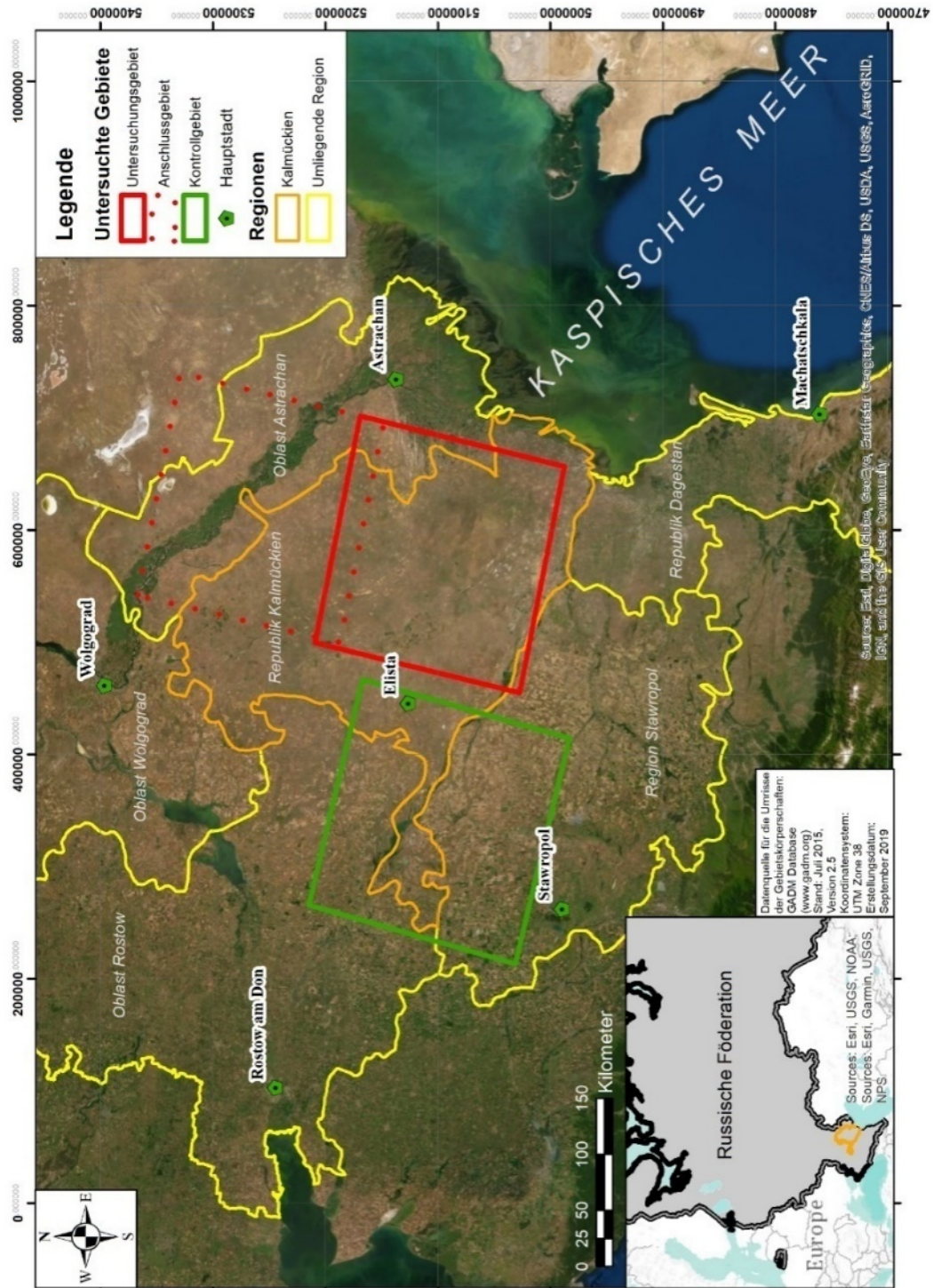


Рис. 1. Расположение зоны исследования, контрольной зоны и примыкающей зоны на юго-западе России

Результаты

В зоне исследования наблюдаются большие колебания в развитии кустарникового растительного покрова, которые каждые десять лет достигают наиболее высоких отметок. По показателю Ph — окислительно-восстановительный потенциал — не распознается определенное направление, регрессия по этому показателю незначительна. Плотность же растительного покрова показывает тренд повышения. По классу «обнаженная почва» четко прослеживается нисходящая тенденция, отчетливо выраженная статистически. По показателю NDVI — по классу 0–0,2 («открытая почва») территория в зоне исследования уменьшилась с размеров примерно 15 000 км² до размеров несколько меньше 5 000 км². Тенденция снижения показателя Ph до 0,002 статистически отчетливо выражена (см. рис. 2).

В целом по данным дистанционного зондирования, не выявлены признаки прогрессирующего процесса опустынивания. Территория обнаженной почвы значительно сократилась в период наблюдения. Показатель NDVI по классу > 0–0,2 «обнаженная почва» демонстрирует значительное уменьшение. Напротив, территория с NDVI > 0,2–0,4 значительно увеличилась. Эти изменения указывают на усиление плотности вегетации. То же самое наблюдается по показателю TGSi: по классу > 0,15–0,2 территория значительно увеличилась, в то время как по классу > 0,25–0,4 территория значительно уменьшилась.

В зоне контроля на местах распахки территория открытой почвы в течение периода наблюдения осталась стабильной на низком уровне. Этот факт позволяет констатировать, что в контрольной зоне не наблюдается никаких признаков опустынивания.

В сравнительной зоне развитие вегетационной массы показало несколько снижающуюся тенденцию, а развитие части обнаженной земли показало повышающуюся тенденцию. Но ни та, ни другая тенденция не имеют статистического веса. В отношении развития доли обнаженной почвы мониторинг показывает, что повышающаяся тенденция была связана только с данными 2011 г., а во все предыдущие годы она не наблюдалась.

В связи с тем, что вегетационное покрытие сильно зависит от атмосферных осад-

ков, был проведен корреляционный анализ, чтобы исключить фактор влияния динамики атмосферных осадков на полученные результаты. Корреляционный анализ показал, что основные использованные показатели независимы от весенних атмосферных осадков и поэтому показывают независимую от атмосферных осадков динамику.

Основные выводы и заключения нашего исследования были в значительной степени подтверждены результатами других исследований [Gubanova et al. 2018]. Указанным коллективом авторов изучено количество аэрозольных частиц в Черноземельском районе Республики Калмыкия, который характеризуется сухими степными условиями с поверхностными песками и засоленными почвами (солончаками). Полученные данные показали, что в этом районе в 2000–2010-х гг. концентрация аэрозольных частиц в атмосфере значительно снизилась по сравнению с концентрацией аэрозолей в засушливых и полузасушливых районах Аральского и Каспийского морей в середине 1990-х гг. Коллектив авторов [Gubanova et al. 2018] пришли к выводу, что недавнее снижение уровня опустынивания в Калмыкии вызвало снижение пылевой нагрузки, они утверждают, что сокращение пастбищных и сельскохозяйственных угодий и восстановление растительного покрова на больших площадях способствуют снижению ветровой эрозии [Gubanova et al. 2018].

Вывод

Анализ классификации по плотности почвенного покрытия показывает, что поверхность непокрытой почвы в зоне исследования с 1985 г. по 2011 гг. значительно сократилась. Классификация по почвенному покрытию показывает также, что на прежних, обширных, лишенных растительного покрова участках, которые входят в территорию заповедника Черные земли, с середины 1990-х гг. появилась достаточно обильная растительность. Районы в северо-восточной части зоны исследования с участками открытой почвы демонстрируют стабильное состояние, без ухудшения ситуации. В числе причин остановки процессов деградации исследователи из Калмыкии указывают уменьшение поголовья скота после распада Советского Союза, высадку защитных насаждений, а также, возможно, возрастающее осознание проблемы

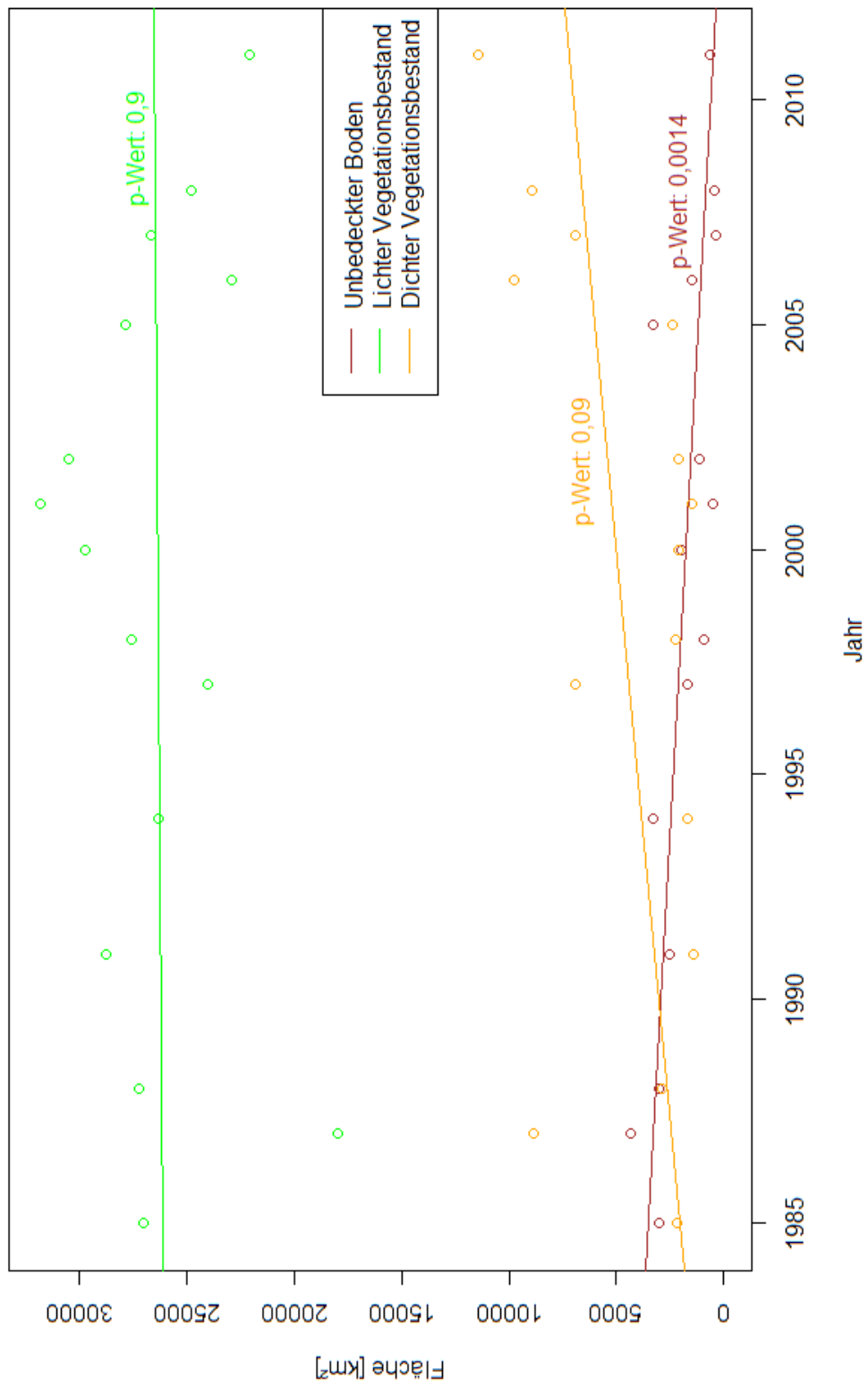


Рис. 2. Площади участков по отдельным классам почвенного покрытия в зоне исследования в период времени 1985–2011 гг. с учетом линейной регрессии

в среде политиков и руководителей хозяйственных организаций, что ведет к более прогрессивному, экологически грамотному,

рассчитанному на долговременную перспективу ведению хозяйства.

Литература

- Bananova, Lazareva 2014 — *Bananova V. A., Lazareva V. G.* Trends of Changes in the Botanical Diversity under the Influence of Desertification in the Republic of Kalmykia // *Arid Ecosystems*. 2004. No. 4. Pp. 119–126.
- Cherlet et al. 2018 — *Cherlet M., Hutchinson C., Reynolds J., Hill J., Sommer S., von Maltitz G.* World Atlas of Desertification. Luxemburg: Publication Office of the European Union, 2018. 239 p.
- Demkin et al. 2010 — *Demkin V. A., Borisov A. V., Demkina T. S., Khomutova T. E., Kashirskaya N. N.* Evolution of soils and dynamics of the climate of steppes in the southeast of the Russian plain during the late eneolithic and bronze ages (fourth to second millennia BC) // *Eurasian Soil Science*. 2010. No. 43. Pp. 1515–1526.
- Gubanov et al. 2018 — *Gubanov D. P., Chkhetiani O. G., Kuderina T. M., Iordanskii M. A., Obvintsev Y. I., Artamonova M. S.* Experimental Studies of Aerosols in the Atmosphere of Semi-arid Landscapes of Kalmykia: 1. Microphysical Parameters and Mass Concentration of Aerosol Particles // *Atmospheric and Oceanic Physics*. No. 54. Pp. 777–793.
- Hölzel et al. 2002 — *Hölzel N., Haub C., Ingelfinger M. P., Otte A., Pilipenko V. N.* (2002): The return of the steppe — large-scale restoration of degraded land in southern Russia during the post-Soviet era // *Journal for Nature Conservation*. No. 10. Pp. 75–85. (На англ. яз.)
- Ivanov, Perera 1997 — *Ivanov A., Perera J.* Russia: Europe's First Desert In The Making. Inter Press Service (IPS) News Service Agency [электронный ресурс] // URL: <http://www.ipsnews.net/1997/06/russia-europes-first-desert-in-the-making/> (дата обращения: 20.09.2020).
- Smelansky, Tishkov 2012 — *Smelansky I. E., Tishkov A. A.* The steppe biome in Russia: ecosystem services, conservation status, and actual challenges // *Werger M. J. A., van Staalduinen M. A. (ed.) // Eurasian Steppes. Ecological problems and livelihoods in a changing world*. Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer, 2012. Pp. 45–101.
- Xiao et al. 2006 — *Xiao J., Shen Y., Tateishi R., Bayaer W.* Development of topsoil grain size index for monitoring desertification in arid land using remote sensing // *International Journal of Remote Sensing*. 2006. No. 27. Pp. 2411–2422.
- Zonn 1995 — *Zonn I. S.* Desertification in Russia: problems and solutions (an example in the Republic of Kalmykia-KhalmgTangch) // *Mouat D. A., Hutchinson C. F. (ed.): Desertification in Developed Countries*. Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 1995. Pp. 347–363. (На англ. яз.)
- Бородычев, Дедова, Сазанов 2015 — *Бородычев В. В., Дедова Э. Б., Сазанов М. А.* Водные ресурсы Республики Калмыкия и мероприятия по совершенствованию водохозяйственного комплекса // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2015. № 4. С. 41–45
- Демкин 1997 — *Демкин В. А.* Почвоведение и археология: интеграция в изучении истории природы и общества. Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1997. 213 с.
- Золотокрылин, Титкова, Уланова, Федорова 2013 — *Золотокрылин А. Н., Титкова Т. Б., Уланова С. С., Федорова Н. Л.* Наземные и спутниковые исследования пастбищ в Калмыкии, которые отличаются по степени деградации вегетационного слоя // *Аридные экосистемы*. 2013. Т. 19. № 4 (57). С. 32–39.
- Якимов и др. 2007 — *Якимов А. С., Демкин В. А., Алексеев А. О.* Природные условия степей Нижнего Поволжья в эпоху средневековья (VIII–XIV вв. н. э.). М.: НИИ-Природа, Фонд «Инфосфера», 2007. 228 с.

References

- Bananova V. A., Lazareva V. G. Trends of changes in the botanical diversity under the influence of desertification in the Republic of Kalmykia. *Arid Ecosystems*. 2004. No. 4. Pp. 119–126. (In Eng.)
- Borodychev V. V., Dedova E. B., Sazanov M. A. Water resources of the Republic of Kalmykia and measures to improve its water complex. *Russian Agricultural Sciences*. 2015. No. 41. Pp. 369–373. (In Eng.)
- Cherlet M., Hutchinson C., Reynolds J., Hill J.,

- Sommer S., von Maltitz G. World Atlas of Desertification. Luxemburg (Publication Office of the European Union). 2018. 239 p. (In Eng.)
- Demkin V. A. Soil Science and Archaeology: Integrated Studies in the History of Nature and Society. Pushchino: Pushchino Scientific Center (RAS), 1997. 213 p. (In Russ.)
- Demkin V. A., Borisov A. V., Demkina T. S., Khomutova T. E., Kashirskaya N. N. Evolution of soils and dynamics of the climate of steppes in the southeast of the Russian Plain during the Late Eneolithic and Bronze Ages (fourth to second millennia BC). *Eurasian Soil Science*. 2010. No. 43. Pp. 1515–1526. (In Eng.)
- Gubanova D. P., Chkhetiani O. G., Kuderina T. M., Iordanskii M. A., Obvintsev Y. I., Artamonova M. S. Experimental studies of aerosols in the atmosphere of semi-arid landscapes of Kalmykia: 1. Microphysical parameters and mass concentration of aerosol particles. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2018. Vol. 54. No. 8. Pp. 777–793. (In Eng.)
- Hölzel N., Haub C., Ingelfinger M. P., Otte A., Pilipenko V. N. The return of the steppe — large-scale restoration of degraded land in southern Russia during the post-Soviet era. *Journal for Nature Conservation*. 2002. No. 10. Pp. 75–85. (In Eng.)
- Ivanov A., Perera J. Russia: Europe's First Desert In The Making. On: Inter Press Service (IPS) News Service Agency. Available at: <http://www.ipsnews.net/1997/06/russia-europes-first-desert-in-the-making/> (accessed: September 20, 2020). (In Eng.)
- Smelansky I. E., Tishkov A. A. The steppe biome in Russia: ecosystem services, conservation status, and actual challenges. In: Werger M. J. A., van Staaldunin M. A. (eds.) *Eurasian Steppes. Ecological Problems and Livelihoods in a Changing World*. Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer, 2012. Pp. 45–101. (In Eng.)
- Xiao J., Shen Y., Tateishi R., Bayaer W. Development of topsoil grain size index for monitoring desertification in arid land using remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*. 2006. No. 27. Pp. 2411–2422. (In Eng.)
- Yakimov A. S., Demkin V. A., Alekseev A. O. Lower Volga Steppes in the Middle Ages, 8th to 14th Centuries AD: Natural Conditions. Moscow: NIA-Priroda, Infosfera Foundation, 2007. 228 p. (In Russ.)
- Zolotokrylin A. N., Titkova T. B., Ulanova S. S., Fedorova N. L. Ground-based and satellite investigation of pastures in Kalmykia that vary in degree of vegetation degradation. *Arid Ecosystems*. 2013. No. 3. Pp. 212–219 (In Eng.)
- Zonn I. S. Desertification in Russia: problems and solutions (an example in the Republic of Kalmykia-Khalmg Tangch). In: Mouat D. A., Hutchinson C. F. (eds.) *Desertification in Developed Countries*. Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 1995. Pp. 347–363. (In Russ.)

