

УДК 911.52

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛАНДШАФТОВ РАЗВЕВАЕМЫХ
ПЕСКОВ СЕЛЕНГА-ЧИКОЙСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ
(ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЧАСТЬ СЕЛЕНГИНСКОГО СРЕДНЕГОРЬЯ)****Черных В.Н., Цыдыпов Б.З., Содномов Б.В., Аюржанаев А.А.,
Жарникова М.А., Гуржапов Б.О.***Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук,
Улан-Удэ, e-mail: sodnomov@binm.ru*

Для районов с распространением очагов слабо закрепленных подвижных песков в Селенгинском среднегорье характерно развитие своеобразных ландшафтов, которые в структурно-генетическом отношении выделяются как эоловые. Ветровая деятельность и связанные с нею процессы непрерывно преобразуют облик таких ландшафтов. Наибольшее воздействие при этом оказывается на рельеф и растительный покров. Барханы и дюны, которые в некоторых районах Селенгинского среднегорья достигают высоты 15–20 м, активно перемещаются, облик дефляционных котловин и прочих элементов эолового рельефа также непрерывно изменяется. По сути, литогенная основа ландшафта постоянно преобразуется. Почвы в условиях эолового рельефа также претерпевают постоянные преобразования. Часть площадей почв, которые на данных территориях песчаные, маломощные, теряется в процессе перевеивания грунтов, часть засыпается переместившимися массами песка. Общие площади территорий, покрытых устойчивыми почвами, постоянно изменяются. При трансформации рельефа и почвенного покрова происходят и изменения растительности. В первую очередь это выражается в динамике проективного покрытия. Подвижные формы эолового рельефа, как правило, не покрыты растительностью вообще, постоянна динамика в зонах активной дефляции, в районах аккумуляции. Таким образом, для ландшафтов в районах распространения песчаных массивов свойственна постоянная динамика, связанная с изменениями как минимум трех природных компонентов. В данной работе представлены некоторые результаты изучения ландшафтов, формирующихся в районах с наличием подвижных песков в центральной части Селенгинского среднегорья. Рассмотрены общие особенности трансформации эолового рельефа, выявлена интенсивность перемещения отдельных эоловых форм, барханов и дюн в междуречье Селенги и Чикой. В связи с происходящими климатическими процессами установлена общая направленность изменения растительного покрова и ландшафтной структуры территории в части ее динамики. Рассмотрены вопросы изменения площадей территорий с развитием незакрепленного или слабо закрепленного растительностью рельефа. Представленные результаты позволяют оценить современное состояние специфических эоловых ландшафтов, достаточно широко распространенных в центральной части Селенгинского среднегорья.

Ключевые слова: ландшафт, урочище, фация, рельеф, дюны, барханы, эоловые процессы**CURRENT STATE OF THE AEOLIAN SAND LANDSCAPES
OF THE SELENGA-CHIKOY INTERFLUVE AREA
(CENTRAL PART OF THE SELENGA MIDDLE MOUNTAINS)****Chernykh V.N., Tsydypov B.Z., Sodnomov B.V., Ayurzhanayev A.A.,
Zharnikova M.A., Gurzhapov B.O.***Baikal Institute of Nature Management of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ulan-Ude, e-mail: sodnomov@binm.ru*

The areas covered by loosely fixed movable sands in the Selenga Middle Mountains are characterized by the development of specific landscapes that are structurally and genetically distinguished as aeolian. Wind activity and the processes connected with it are continuously transforming the shape of such landscapes. Relief and vegetation cover are affected the most. Barchans and dunes, which in some areas of the Selenga middle mountains reach 15 to 20 metres, are actively moving, and the form of wind-formed depressions and other elements of the aeolian relief are also continuously transforming. In fact, the lithogenic base of the landscape is constantly being transformed. Soils in the aeolian relief are also subject to constant transformation. Some areas of soil which are sandy and thin are lost in the process of soil blowing and some are backfilled with transferred masses of sand. The total area of territories covered by cohesive soils is constantly changing. As relief and soil cover are transformed, so are changes in vegetation. This is primarily reflected in the dynamics of plant cover. Movable forms of aeolian relief are usually not covered by vegetation at all, the dynamics in active deflation zones and accumulation areas are constant. Thus, landscapes in areas covered by sand massifs are characterised by constant dynamics associated with changes in at least three natural components. This study provides some of the results of the study of landscapes formed in areas with movable sands in the central part of the Selenga middle mountains. General features of aeolian relief transformation are considered, and the intensity of movement of individual aeolian forms, barchans and dunes between Selenga and Chikoy rivers is revealed. In connection with the ongoing climatic processes, the general direction of changes in the vegetation cover and landscape structure of the area, in terms of its dynamics, was determined. The issues of changes in the area of territories with the development of unfixed or poorly fixed vegetation relief have been considered. The presented results make it possible to assess the current state of the specific aeolian landscapes, which are quite widespread in the central part of the Selenga middle mountains.

Keywords: landscape, stow, facies, relief, dunes, barchans, aeolian processes

Междуречье Селенги и Чикоя известно как район интенсивного развития эоловых процессов в Селенгинском среднегорье. Это обширная территория общей площадью 3130 км². Массивы развеваемых песков описывались здесь еще в 1768 г. Э. Лаксманом, позже, в 1776 г., П.С. Паласом [1]. Детально песчаные отложения изучены В.А. Обручевым (1912), им же составлена первая карта района распространения «сыпучих песков», которая была опубликована в масштабе 1:1000000 [1]. Впоследствии, в процессе сельскохозяйственного освоения территории, в условиях интенсификации эрозии и дефляции, район входил в сферу интересов ученых различных научно-исследовательских институтов АН СССР. После экономических реформ 1990-х гг. и распада крупных хозяйств интерес к изучению территории вновь усилился в связи с наглядностью проявившихся геоэкологических последствий нерационального использования песчаных ландшафтов. Основным интерес у современных исследователей вызывают протекающие на территории эоловые процессы и связанная с ними трансформация рельефа и растительного покрова.

Рельеф территории междуречья Селенги и Чикоя преимущественно низкогорный и среднегорный, горно-котловинный (рис. 1). В рельефе территории выражены: Боргойский хребет, вытянутый с юго-запада на северо-восток через все междуречье; Убур-Дзокойская котловина, расположенная в центральной части территории; долины рек Селенга и Чикой, а также многочисленные межгорные понижения, занятые небольшими падами. Климат территории, как и всего Селенгинского среднегорья в целом, резко континентальный. Для данного района характерна значительная аридность, сухость климата, а также постоянные ветры.

Поскольку территория расположена в горном районе в поясе степей северной Евразии, то среди ландшафтов преобладают степи и лесостепи. К вершинам Боргойского хребта приурочены лесные ландшафты, представленные исключительно сосновыми лесами на боровых песках.

Ландшафтная схема территории междуречья составлена коллективом ученых Института географии СО РАН в 2000 г. [2]. В пределах междуречья выделены 9 степных урочищ, 6 урочищ, относящихся к лесным ландшафтам, и долинные ландшафты пойм. Отмечено, что песчаные отложения,

составляющие литогенную основу, встречаются на разных гипсометрических уровнях и экспозициях, но наиболее мощные толщи песков характерны для пониженных участков, занятых степной растительностью. В структурно-генетическом отношении (по В.А. Николаеву) весь набор фаций и урочищ можно отнести к двум типам ландшафтов: 1) наземные бореальные резко континентальные южносибирские низкогорные степные и лесостепные древнеэоловые лёссовые; 2) наземные бореальные резко континентальные южносибирские низкогорные степные и лесостепные древнеэоловые песчаные.

Целью данной работы являлось обобщение результатов исследования ландшафтов, сформированных на эоловых песках, так называемых эоловых ландшафтов. Анализ динамики разных компонентов природных комплексов позволил установить направленность изменений, происходящих в ландшафтах территории и их современное состояние.

Материалы и методы исследования

Выявление современного состояния ландшафтов междуречья Селенги и Чикоя основывалось на изучении данных космической съемки, материалах, полученных в ходе полевых экспедиционных исследований. Изучение проводилось ключевым методом. В пределах территории выделены 3 ключевых участка с разной интенсивностью проявления эоловых процессов таким образом, чтобы охватить районы с разнообразными природными условиями.

Ключевой участок 1 – «Номохоново». Расположен на правом берегу реки Селенга. Представляет собой несколько смежных урочищ в отрогах Боргойского хребта. Здесь выделяется крупный массив перевейанных эоловых песков с современным барханно-дюнным рельефом.

Ключевой участок 2 – «Дэбэн». Расположен в северо-восточной части Убур-Дзокойской котловины. Здесь имеется ярко выраженный эоловый рельеф с закрепленными и незакрепленными растительностью формами рельефа.

Ключевой участок 3 – «Усть-Киран». Расположен в восточной части территории исследования на левобережье реки Чикой. Здесь полигенетические пески связаны с речными террасами. Эоловой деятельностью песчаный массив в значительной степени переработан. Имеются выраженные дюны и отдельные барханы.

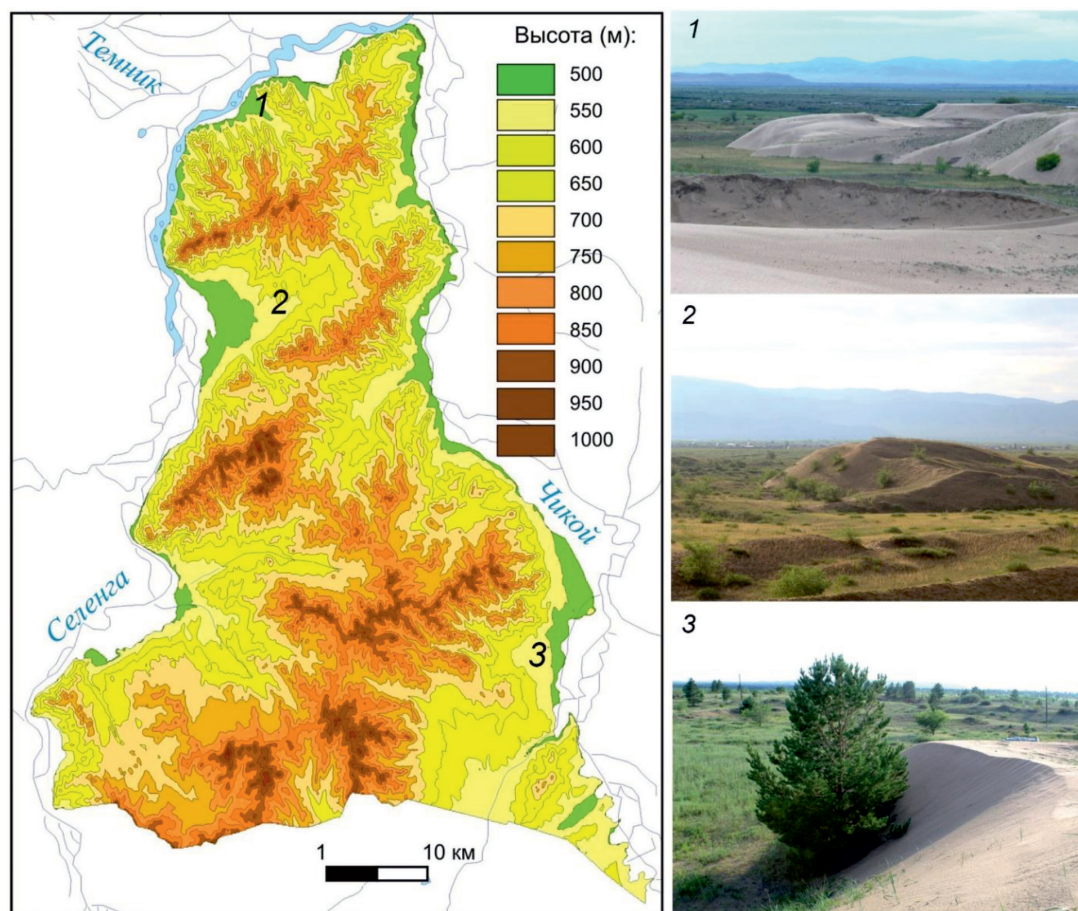


Рис. 1. Территория исследования и общий вид эоловых форм рельефа. Цифрами на карте обозначены: 1 – ключевой участок «Номохохово»; 2 – ключевой участок «Дэбэн»; 3 – ключевой участок «Усть-Киран»

Для изучения динамики эолового рельефа и состояния растительного покрова использованы разновременные мультиспектральные спутниковые снимки высокого разрешения Landsat 4, 5, 8, а также Sentinel-2. Из картографического сервиса Национальной геологической службы США получены 30 сцен за период с 1990 по 2020 г. Для автоматизированного дешифрирования использовался метод ISODATA, позволяющий отделять природные образования со слегка различимыми по спектральной яркости сигнатурами. По композитам, включающим комбинации каналов, наилучшим образом подходящим для оценки состояния растительности, проводилась классификация, позволяющая выявить площади незакрепленных растительностью песков. В целях детальной оценки изменений размеров и конфигураций отдельных подвижных эоловых форм рельефа привлекались данные картографических интернет-сервисов Bing

и Google Earth. При последующей обработке в ГИС полученные постизображения позволяли оценить скорости движения отдельных барханов и дюн.

Комплекс полевых исследований включал наземные съемки эолового рельефа, геоботанические описания и съемку территории распространения барханно-дюнного рельефа с борта беспилотного летательного аппарата [3]. Съемка осуществлена с перекрытием 70% и на высоте 50 м, что эквивалентно разрешению 2,8 см/пиксель. В пределах междуречья Селенги и Чикой детально изучались ландшафты в урочище Цаган-Бургасы (Номохохово). Здесь закреплены реперные точки, позволяющие следить за скоростью перемещения подвижных песков, отобраны пробы для анализа гранулометрического состава грунтов, установлены автоматические датчики, записывающие температуру и влажность атмосферного воздуха, а также грунтов до глубин

5 м. Подобный комплекс работ проводился также на правом берегу реки Селенга в урочище Харьт-Дэбэн и в районе села Усть-Киран на левобережье реки Чикой.

Результаты исследования и их обсуждение

Основной движущей силой динамики и эволюции ландшафтов данной территории являются эоловые процессы, активизация которых, согласно данным, полученным в ходе датировок погребенных почв из разреза рыхлых отложений «Номохоново-1», происходила в раннем голоцене [4]. Динамика таких ландшафтов, характерных для аридных зон, называемых некоторыми исследователями эоловыми, выражается, прежде всего, в трансформации рельефа (литогенная основа) и растительности. Причем в данном случае оба природных компонента зависят друг от друга. В условиях иссушения климата эоловые формы рельефа способны активно перемещаться, влияя тем самым на растительный покров, при благоприятных гидротермических условиях растительность может закрепить подвижные формы эолового рельефа.

Рельеф и растительный покров – компоненты ландшафтов, состояние которых эффективно оценивается дистанционными методами. Поэтому при оценке трансформации рельефа использовались космические снимки. По снимкам Landsat установлено, что за период с 1990 по 2020 г. площади активно перевеваемых подвижных песков в междуречье Селенги и Чикоя менялись с трендом на сокращение (таблица).

Увеличение площадей земель, подверженных дефляции в 1990-х гг., объясняется выводом этих земель из сельскохозяйственного оборота [5]. В связи с распадом СССР прекратились мероприятия по защите угодий от ветрового воздействия, в состоянии залежи были переведены еще используемые к тому моменту земли, и их естественной реакцией стала постепенная деградация. И это несмотря на то, что данный период характеризуется многоводностью. Сокращение поголовья скота и антропогенного воздействия на ландшафты в целом привело к тому, что после 2010 г. площади перевеваемых песков постепенно сокращаются, несмотря на маловодный период. Эоловые формы рельефа интенсивно закрепляются растительностью практически повсеместно [6]. Это подтверждается и наблюдениями на ключевых участках. В районе с. Дэбэн дюнный рельеф практически полностью закрепился травянистой и древесно-кустарниковой растительностью. Такая же ситуация наблюдается в районе Усть-Кирана и даже в Номохоново. Таким образом, перемещение подвижных форм эолового рельефа существенно замедлилось (рис. 2).

В сравнении с другими участками развития барханно-дюнного рельефа Номохоново (урочище Цаган-Бургасы) отличается наибольшей интенсивностью эоловых процессов. Это объясняется природными особенностями территории. Палеогеография, рельеф территории, значительная мощность песчаных отложений, ветровой режим, история развития хозяйства делают этот район очагом локального опустынивания.

Динамика площадей слабо закрепленных и не закрепленных растительностью песков в междуречье Селенги и Чикоя

Год	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Площадь, га	8342	5044	3696	2831	2333	1875	1933



Рис. 2. Перемещение фронтальной части дюны в районе с. Дэбэн

Но даже здесь эоловые процессы на сегодняшний день не столь активно преобразовывают рельеф, а проективное покрытие растительностью увеличивается. Так, в начале XX в. эоловые процессы были настолько активными, что пески дюн и барханов засыпали постройки расположенного там населенного пункта в течение одного сезона, из-за чего с. Номохоново и было покинуто [7]. В 1980-х гг. эоловые пески также активно перемещались. Примером этого служит брошенная телеграфная линия, которая в 2000 г. была засыпана на 2/3 высоты [2]. На основе наблюдений на реперных точках, проводимых в 2010–2015 гг., отмечалось, что скорость движения отдельных барханов в Номохоново составляет от 1,5 до 2 м в год [7]. При такой скорости перемещения подвижных эоловых форм рельефа за прошедшие со времени наблюдения 5 лет отдельные барханы и дюны должны были отодвинуться на 10–15 м, но на космических снимках высокого разрешения этого не наблюдается. За последние 5 лет аккумулятивные эоловые формы рельефа сместились не более чем на 4 м. Данный факт говорит о непостоянстве скорости перемещения эоловых форм рельефа и указывает на ее снижение в последние годы.

В растительности территории также происходят определенные изменения. Прежде всего, в последние годы существенно возросло проективное покрытие. Эоловый рельеф активно закрепляется естественными процессами. Тренды NDVI, выявленные по данным космоснимков MODIS, для территории междуречья Селенги и Чикоя положительные [8]. Характерной чертой трансформации растительности является также увеличение доли древесно-кустарниковых форм. Из древесных пород активно развивается сосна обыкновенная и ильм.

В целом ландшафтная структура территории поменялась незначительно. Смена инварианта наблюдается локально, точечно. Это удалось зафиксировать в ходе полевых наблюдений. В отрогах Боргойского хребта, где эоловые процессы затухают, наблюдается наступление леса на степь. За счет этого граница леса постепенно смещается в сторону степи; площади с распространением лесостепных ландшафтов постепенно увеличиваются. Таким образом, для рассматриваемых природных комплексов характерна некоторая динамика развития.

Заключение

В ходе многолетних исследований природных комплексов территории в пределах междуречья Селенги и Чикоя подробно изучен эоловый рельеф, растительность песков и ландшафты в целом. При помощи современного высокоточного оборудования выполнены расчеты интенсивности перемещения отдельных барханов и дюн, на основе данных космической съемки в совокупности с натурными полевыми исследованиями оставлены карты и схемы ландшафтов. По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы о состоянии природных комплексов территории:

1. Современная динамика ландшафтов территории выражается в трансформации рельефа и растительного покрова под действием эоловых процессов, интенсивность которых в последние годы замедлилась.

2. Трансформация растительности в междуречье Селенги и Чикоя выражается в увеличении проективного покрытия и зарастании когда-то подвижных эоловых форм рельефа. При этом наблюдается увеличение доли древесно-кустарниковой растительности.

3. Видимой смены инвариантов в ландшафтах территории не наблюдается, за исключением некоторых локальных участков, что говорит о выраженности динамики развития, связанной со снижением антропогенной нагрузки на ландшафты и стремлением природных комплексов к восстановлению до естественного состояния.

В последние два года количество осадков в Забайкалье увеличилось. По данным инструментальных наблюдений в течение только трех месяцев (июль – сентябрь) теплого сезона 2020 г. в центральной части Селенгинского среднегорья (бассейн реки Куйтунка) выпало до 260 мм осадков, что больше, чем за весь 2015 г. При сохранении такой тенденции в последующем в районах с распространением эоловых песков будет наблюдаться дальнейшее закрепление растительностью эолового рельефа, что, несомненно, повлияет на состояние эоловых ландшафтов в целом.

Работа выполнена в рамках государственного задания БИП СО РАН и при частичной поддержке гранта РФФИ № 19-55-53026.

Список литературы / References

1. Иванов А.Д. Эоловые пески Западного Забайкалья и Прибайкалья. Улан-Удэ: Бурятское книжное изд-во, 1966. 354 с.

Ivanov A.D. Aeolian sands of Western Transbaikalia and the Baikal region. Ulan-Ude: Buryatskoye knizhnoye izd-vo, 1966. 354 p. (in Russian).

2. Щипек Т., Вика С., Снытко В.А., Буянтуев А.Б. Фации развееваемых песков Чикой-Селенгинского междуречья в Западном Забайкалье. Иркутск: Институт географии СО РАН, 2000. 71 с.

Shchipek T., Vika S., Snytko V.A., Buyantuev A.B. Facies of waving sands of the Chikoy-Selenga interfluvium in Western Transbaikalia. Irkutsk: Institut geografii SO RAN, 2000. 71 p. (in Russian).

3. Цыдыпов Б.З., Алымбаева Ж.Б., Содномов Б.В., Жарникова М.А., Саяпина Д.О., Батоцыренов Э.А., Аюрганаев А.А., Гуржапов Б.О., Тогмидон В.В., Гармаев Е.Ж. Комплексные методы изучения динамики эоловых форм рельефа // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2017. Т. 61. № 2. С. 102–110.

Tsydygov B.Z., Alymbaeva Zh.B., Sodnomov B.V., Zharnikova M.A., Sayapina D.O., Batotsyrenov E.A., Ayurzhanayev A.A., Gurzhapov B.O., Togmidon V.V., Garmaev E.Zh. Complex methods of studying the dynamics of aeolian landforms // Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'yemka. 2017. Vol. 61. No. 2. P. 102–110 (in Russian).

4. Голубцов В.А., Рыжов Ю.В., Кобылкин Д.В. Почвообразование и осадконакопление в Селенгинском среднегорье в позднеледниковье и голоцене. Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. 139 с.

Golubtsov V.A., Ryzhov Yu.V., Kobylkin D.V. Soil formation and sedimentation in the Selenga midlands in the Late Glacial and Holocene. Irkutsk: Izdatel'stvo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2017. 139 p. (in Russian).

5. Баженова О.И., Кобылкин Д.В., Мартынова Г.Н., Снытко В.А., Тюменцева Е.И., Щипек Т. Современное эоловое рельефообразование в степях и лесостепях юга Восточной Сибири // Asta Geographica Silesiana. 2015. № 19. С. 29–38.

Bazhenova O.I., Kobylkin D.V., Martyanov G.N., Snytko V.A., Tyumentseva E.I., Shchipek T. Modern aeolian relief formation in the steppes and forest-steppes of the south of Eastern Siberia // Asta Geographica Silesiana. 2015. No. 19. P. 29–38 (in Russian).

6. Дулепова Н.А., Королюк А.Ю. Растительность развееваемых песков и песчаных степей нижней части бассейна р. Селенги (Республика Бурятия) // Растительность России. СПб.: Изд-во Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН, 2015. № 27. С. 78–95.

Dulepova N.A., Korolyuk A.Yu. The vegetation of the developed sands and sandy steppes of the lower part of the river basin. Selenga (Republic of Buryatia) // Rastitel'nost' Rossii. SPb.: Izd-vo Botanicheskogo instituta im. V.L. Komarova RAN, 2015. No. 27. P. 78–95 (in Russian).

7. Кобылкин Д.В., Голубцов В.А., Батоцыренов Э.А. Динамика процессов эолового рельефообразования в центральной части Селенгинского среднегорья // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». 2017. Т. 20. С. 43–52.

Kobylkin D.V., Golubtsov V.A., Batotsyrenov E.A. Dynamics of the processes of aeolian relief formation in the central part of the Selenga middle mountains // Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Nauki o Zemle». 2017. Vol. 20. P. 43–52 (in Russian).

8. Аюрганаев А.А., Содномов Б.В., Гармаев Е.Ж. Тренды NDVI бассейна озера Байкал // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: материалы 17-й всероссийской открытой конференции. Институт космических исследований РАН. 2019. С. 403.

Ayurzhanayev A.A., Sodnomov B.V., Garmaev E.Zh. NDVI trends in the Lake Baikal basin // Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa: materialy 17-y vserossiyskoy otkrytoy konferentsii. Institut kosmicheskikh issledovaniy RAN. 2019. P. 403 (in Russian).