



УДК 911.2:574.47 (571.513)
DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.26.18>

Анализ динамики степных геосистем с применением картографического метода на примере Койбальской степи

И. В. Балязин

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск

Аннотация. Представлены результаты анализа динамики степных геосистем и тематического картографирования наиболее освоенного района Южно-Минусинской котловины. В процесс землепользования были вовлечены обширные территории, построена сеть ирригационных каналов, использовались лесозащитные насаждения. Однако с распадом сельскохозяйственного уклада большая часть территории оказалась заброшенной, вследствие чего был инициирован процесс самовосстановления степи. Естественные преобразования ландшафтов на фоне изменения видов хозяйственной деятельности и уменьшение площадей обрабатываемых земель приводят к формированию различных вариантов восстановительных стадий природных геосистем. В некоторых случаях происходит восстановление ландшафтов до коренного состояния. Ретроспективный анализ динамических процессов за более чем 30-летний период позволил определить экологическую вариативность и скорость восстановления геосистем. Главной динамической тенденцией является смена растительных сообществ к заключительным стадиям сукцессий. Наиболее подходящими для анализа динамики степных ландшафтов являются картографические методы с применением данных дистанционного зондирования Земли. Карта, полученная при синтезе разновременных снимков со спутников, имеющихся литературных источников и данных полевых исследований, является наиболее репрезентативной моделью экологического состояния Южно-Минусинской котловины, для которой характерно интенсивное антропогенное освоение на рубеже XX–XXI вв.

Ключевые слова: восстановительные процессы, степные геосистемы, ландшафтное картографирование.

Для цитирования: Балязин И. В. Анализ динамики степных геосистем с применением картографического метода на примере Койбальской степи // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2018. Т. 26. С. 18–30. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.26.18>

Введение

Географические исследования, необходимые при оценке качества среды, изменяющейся в процессе развития территории, заключаются в выявлении причинно-следственных связей между степенью воздействия и теми последствиями, которые проявляются в виде различных восстановительных сукцессий при снятии антропогенной нагрузки. При картографическом анализе наиболее приемлемым уровнем считается уровень групп фаций, позволяющий получить репрезентативные данные при изучении природных процессов на ключевых участках исследуемого региона. Цель исследования со-

стоит в рассмотрении восстановительной динамики геосистем степного района Южно-Минусинской котловины, который испытывал длительное антропогенное воздействие. Применение в качестве детализирующей информации данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяет восстановить динамику геосистем территории исследования и дополнить ретроспективный анализ и оценку изменения преобразованных ландшафтов на временном отрезке с конца 70-х гг. XX в. по настоящее время. С помощью ДЗЗ можно построить модель исследуемой территории в динамическом аспекте, раскрывающую особенности восстановления основных биотических компонентов ландшафта. В пределах данной модели возможно получение информации о взаимосвязях и взаимовлияниях биотических и абиотических компонентов геосистем. Ландшафтное картографирование при этом рассматривается как важное звено в системе длительного и непрерывного наблюдения за динамикой изменения экологических параметров среды.

Материалы и методы

Ландшафтное картографирование и систематика ландшафтов находятся в прямой связи и взаимно дополняют друг друга. Картографическое моделирование связано с составлением карт динамики и функционирования геосистем, в его задачи входит разработка комплексной карты, построенной по гомогенному принципу и позволяющей выделить взаимосвязи между элементами геосистем, природными компонентами и антропогенным воздействием.

При картографировании динамики степных геосистем используются материалы полевых исследований, ретроспективные и современные ландшафтные карты, изображения, получаемые дистанционными методами зондирования. Полевые работы, проводимые на разных участках Койбальской степи с 2006–2014 гг., позволили оценить ареалы восстанавливающейся степи и степень их трансформации. При сопоставлении полученных данных с разновременными снимками ДЗЗ определяются динамические преобразования природных геосистем и их антропогенных вариаций.

В процессе составления картосхем соблюдался следующий порядок. Осуществлялся сбор всех доступных картографических данных: ландшафтных и тематических карт, в том числе растительности и распространения почв, и разновременных космических снимков. Следующим этапом было обобщение материалов и анализ тематического содержания. В дальнейшем разрабатывались модели современного состояния степных геосистем с переводом картографических источников и материалов ДЗЗ в векторную форму (оцифровка) в единой проекции, с точной географической привязкой. Применение ГИС-технологий позволяет объединить на картографической основе все имеющиеся материалы, при этом создается общая база данных (включающая картографическую и статистическую информацию), проводятся необходимые картографические построения современных и реконструированных границ естественных и нарушенных геосистем. Также систематизируются материалы исследований на местности с описанием состава растительности, уточнением ландшафтных выделов. Далее производится

морфометрический анализ рельефа на основе производных карт и цифровой модели рельефа, выявляются различные типы ландшафта при сопоставлении тематических и разновременных слоев в ГИС. И на последнем этапе выявляются динамические аспекты изменения компонентов естественных и антропогенно нарушенных геосистем.

При геоинформационном картографировании используются различные источники: картографические, статистические и аэрокосмические данные. Аэрокосмические методы позволяют проводить инвентаризацию различного рода территориальных систем, давать оценку их состояния, изучать динамику, делать географический прогноз [Книжников, Кравцов, Тутубалина, 2011]. Р. Шовенгердт [Schowengerdt, 2007] дает определение дистанционному зондированию как методу измерения свойств объектов на земной поверхности с использованием данных, полученных с помощью летательных аппаратов и искусственных спутников Земли. Этот метод позволяет провести измерения характеристик по местоположению объекта на расстоянии. При интерпретации (дешифрировании) космических снимков применяются два подхода – пространственный и функциональный. Основная задача пространственного, или традиционного, подхода заключается в изучении пространственных взаимосвязей различных объектов исследуемой территории, с дальнейшим нанесением их на карту [Richards, 2013]. Анализ дистанционного зондирования включает следующие этапы: предварительную обработку изображений; выбор информационных элементов, таких как сегменты, углы, границы и т. д. (алгоритмы сегментации являются одними из наиболее используемых на этом этапе, поскольку они позволяют решать широкий спектр задач анализа); описание информационных элементов; классификацию описаний. На последнем этапе можно применять типичные методы классификации (в первую очередь иерархической) и кластеризации (кластерный анализ – один из методов многомерной статистики, наиболее ярко отражающий черты многомерности в процедуре классификации объектов исследования). Важными особенностями анализа данных дистанционного зондирования являются значительный размер изображения, а также анализ изображений в соответствии с широким спектральным диапазоном [Porovich, Galiano, 2018].

Применение методов дистанционного зондирования к конкретным проблемам, в том числе географическим, требует знаний и навыков, полученных из нескольких областей науки. Для полного использования информации данных дистанционного зондирования, которые по своей сути являются цифровыми, необходима определенная степень математического и статистического опыта, т. е. требуется высокий уровень компетентности в смежных областях для полноценных географических исследований [Mather, 2004]. При компьютерном анализе и обработке снимков в графическом редакторе MapInfo выделяются контуры ландшафтных выделов. В дальнейшем проводится систематизация по основным группам фаций и классификация по различным свойствам представленных объектов, что в дальнейшем становится основой для тематического картографирования [Jensen, 2000].

При недостатке информации, связанном с низким разрешением и невозможностью натурной сверки на местности (при систематизации ретроспективных данных), в редактор подгружались растровые картосхемы, а также использовались результаты многолетних наблюдений исследуемой территории. Применение второго подхода обусловлено различными свойствами представленных данных, так называемых спектральных параметров, при их анализе мы получаем набор объектов с разными свойствами, по которым определяется тип растительности или вид хозяйственной деятельности. А присовокупив результаты этого подхода к результатам первого, получаем пространственную модель исследуемого района. Это позволяет выполнить пространственную и сравнительную оценку распределения различных форм рельефа, компонентов растительного покрова (например, распределение деревьев искусственных лесонасаждений), некоторых почв (например, солончаков в области пересыхающих временных водоемов), а также нарушенных антропогенной деятельностью ландшафтов (карьеров, искусственных оросительных каналов и т. п.). Хронологический ряд снимков Landsat, а также других спутников (Aster, OrbView3 и т. д.) доступны на ресурсах USGS GloVis и позволяют получить дополнительную информацию [USGS science for ...]. В итоге была построена картографическая модель с отображением ретроспективного и современного состояния степных геосистем Койбальской степи.

Результаты и их обсуждение

Растительность – один из важнейших компонентов природных геосистем, контролирующей развитие многих процессов, а также являющийся индикатором состояния окружающей среды [Белов, Соколова, 2012]. В. Б. Сочава считал, что биота, особенно растительность, «не только один из критических компонентов геосистемы, но и фактор ее стабилизации» [Сочава, 1978, с. 34]. Ландшафтный профиль участка исследуемой территории представлен на рис. 1.

Растительность Южно-Минусинской котловины располагается концентрическими зонами: от сухих степей по нижнему течению р. Абакан до сосново-лиственничных лесов в предгорьях. По флористическому составу и структуре сообществ, согласно [Волкова, Кочуров, Хакимзянова, 1979], степи Минусинской котловины, которые сохранились в естественном состоянии, подразделяются на каменистые, мелкодерновинно-злаковые, полынно-тырсовые и овсецово-ковыльные.

Территории с наиболее плодородными почвами были распаханы, а земли, наименее пригодные для посевов, применялись в качестве пастбищ для скота. Широкое распространение имеют мелкодерновинно-злаковые настоящие степи, занимающие как равнинные, так и склоновые местообитания с почвенным покровом из каштановых почв. Основу травостоя образуют засухоустойчивые злаки – овсяница, тонконог, ковыль, змеёвка и разные виды осок. Из разнотравья обычны вероника, астра, лук, полынь, эдельвейс и др. [Там же]. Каменистые степи приурочены к крутым склонам южных экспозиций и представляют собой разные вариации степных ассоциаций, которые, в свою очередь, зависят от степени накопления мелкозёма.

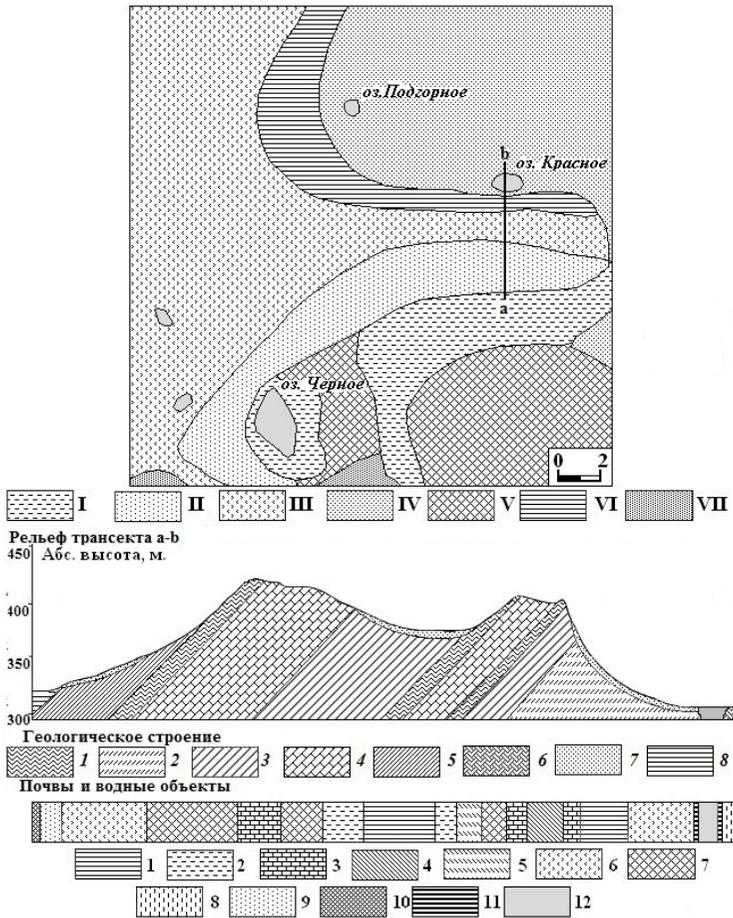


Рис. 1. Ландшафты Койбальской степи и его компоненты на трансекте (a-b) по [Волкова, Кочуров, Хакимзянова, 1979]

I – галофитные степи и болота в пойме озер и на супесчано-суглинистых отложениях поймы р. Сабинки; II – польно-тырсовая степь в комплексе с осочково-востречовой на солонцах по склонам южной экспозиции; III – каменная степь на выровненных и слабо-наклонных вершинных поверхностях кустовых гряд, высота 400–450 м над ур. м.; IV – мелкодерновинно-злаковая степь на песчано-галечниковых отложениях древнего русла палео-Енисея, высота 300–350 м над ур. м.; V – ковыльная степь с луговыми элементами на подгорных шлейфах; VI – разнотравно-ковыльная луговая степь с фрагментами лесолуговой растительности по крутым склонам северной экспозиции; VII – луга по склонам и злаково-разнотравная луговая степь. Геологическое строение: породы нижнего карбона: 1 – известняки с халцедоном, 2 – аргиллиты, 3 – алевролиты, 4 – песчаники, 5 – конгломераты; неогеновые породы: 6 – аллювиальные галечники; голоценовые породы: 7 – делювиальные отложения, 8 – пески, супеси, глины (аллювиальные и озерные отложения). Почвенный покров представлен: 1 – черноземы южные среднетощные, 2 – черноземы южные малотощные, 3 – черноземы южные малотощные, щебнистые, 4 – черноземы южные карбонатные, 5 – черноземы южные остаточного-солонцеватые, 6 – черноземы южные солонцеватые, 7 – черноземы южные малотощные в комплексе со степными солонцами, 8 – темно-каштановые малотощные слабосолонцеватые, 9 – лугово-степные солонцы, 10 – лугово-черноземные солончаки, 11 – луговые солонцевато-солончаковые в комплексе с корковыми солончаками. Водные объекты: 12 – озеро Красное

В составе петрофитной растительности доминируют полукустарнички: тимьян азиатский (*Thymus asiaticus* Serg., 1936), бурачки ленский и обратной-цевидный (*Alyssum lenense* Adams, *Alyssum obovatum* Turcz.), качим Патрена (*Gypsophila patrinii* Ser.), астрагал Палибина (*Astragalus palibinii* Polozhij, 1954); из разнотравья – лапчатка шелковая (*Potentilla sericea* L.), проломник седой (*Androsace incana* Lam.), смолевка енисейская (*Silene jensiseensis* var. Chu) и др. Крупнопольно-тырсовая степь отличается хорошо развитыми дерновинами тырсы (ковыль Крылова (*Stipa krylovii* Roshev., 1929)) с участием полыней сизой, холодной, метельчатой, равнинной (*Artemisia glauca* M.Bieb. ex Ledeb., *A. frigida* Willd., *A. scoparia* Waldst. & Kitam., *A. campestris* L.), дерновинных злаков – типчака (*Festuca valesiaca* Rehb., 1834), тонконога (*Koeleria glauca*, Spreng., 1813), змеевки растопыренной (*Cleistogenes squarrosa* Trin.), караганы карликовой (*Caragana pygmaea* L.), степных осок (род *Carex*). Овцево-ковыльные степи включают три яруса. В первом ярусе доминируют овсец пустынный (*Helictotrichon desertorum* Less.), ковыль краснеющий (*Stipa rubens* Smirn. 1925) и тырса. Второй ярус представлен типчаком, тонконогом гребенчатым (*Koeleria cristata* L.), подмаренником настоящим (*Galium verum* L.) и вероникой седой (*Veronica incana* subsp. *hololeuca* Juz.). Третий ярус (высотой до 10 см) включает змеевку растопыренную, осоку стоповидную (*Carex pediformis* Mey.), ирис желтеющий (*Iris flavescens* Redoute), лапчатки бесстебельные и двулопастные (*Potentilla acaulis* L., *P. bifurca* L.). Общее число видов составляет 50–63 [Волкова, Кочуров, Хакимзянова, 1979].

Под степной растительностью формируются черноземные, каштановые, солонцовые и солончаковые почвы. В строении и свойствах их отчетливо прослеживается влияние провинциальных особенностей литолого-геоморфологической и биоклиматической обстановки. Роль различных почв в образовании почвенного покрова неравноценна. Черноземы представлены выщелоченными, обыкновенными и южными разновидностями, каштановые почвы – темно-каштановыми и каштановыми разновидностями. Почвы солонцового и солончакового рядов почвообразования представлены каштановым высокостолбчатым солонцом солончаковым и луговой солончаковой почвой. Большинство черноземов Южно-Минусинской котловины имеют среднесуглинистый гранулометрический состав. Солончаки распространены в основном в приозерных понижениях (соровые солончаки) и на болотах (луговые солончаки) [Танзыбаев, 1993].

Большие площади Койбальской степи занимают выровненные поверхности долины палео-Енисея на черноземах южных и темно-каштановых почвах. Мелкодерновинно-злаково-тырсовая степь с караганой на черноземах южных солонцеватых маломощных и змеево-тырсовая растительность на черноземах южных карбонатных распространены на склонах куэстовых гряд. Небольшая часть приходится на незначительные понижения с овцево-типчаково-вострецово-растительностью на солонцах.

Значительные площади степей Южно-Минусинской котловины длительное время подвергались различным формам воздействия, наиболее зна-

чительное влияние на степные ландшафты было связано с распашкой земель. Процессы освоения, сопряженные с преобразованием почвенно-растительного покрова, ведут к изменению физико-химических свойств почвы и водно-теплового баланса. При возделывании почвы происходит увеличение концентрации химических веществ относительно природного почвенного покрова [Kanianska, 2016]. Интенсивное земледелие и постройка ирригационных каналов Койбальского магистрального канала в зоне сухих степей с целью повышения эффективности использования земельных ресурсов приводит к изменению почвенно-водного баланса. Сеть оросительных каналов проложена между крупными участками полей, разделенных между собой защитными лесополосами. Однако при мелиорации в семиаридных районах наблюдается повсеместное засоление почв, вызванное усилением испаряемости влаги с открытой водной поверхности, при этом происходит миграция солей в верхние горизонты почв из нижележащих слоев почвообразующих пород [Shiguo, Yanzhao, Qi, 2016]. С кризисом в агропромышленном комплексе в постсоветский период произошло резкое снижение всего сельскохозяйственного производства. Значительные площади пашни были выведены из севооборота и оставлены в основном для естественного возобновления. В настоящее время в Республике Хакасия используется около 1/3 всех пашен от ранее возделываемых [Лысанова, Артеменок, 2006]. После прекращения распашки преобладающим направлением является формирование различных растительных ассоциаций, характерных для тех или иных этапов восстановления.

На территории исследования восстановление фитоценозов осуществляется постепенно – в течение 25–30 лет [Волкова, Кочуров, Хакимзянова, 1979]. Специфика и скорость восстановительных сукцессий, вызванных воздействием как экзогенных факторов (эрозия почв, дефляционные процессы и т. д.), так и эндогенными причинами (климатические условия, особенности макрорельефа и т. д.), определяются ландшафтно-зональными особенностями и структурно-динамическими свойствами элементарных геосистем, степенью трансформации почв и биотических сообществ, а также их восстановительными способностями. Обособленное место занимают наиболее интенсивно используемые агробиоценозы с постоянно поддерживаемой человеком производной структурой сообществ. Участки бывших пашен, не обрабатываемые в настоящее время, представляют антропогенные модификации элементарных геосистем, соответствующие различным стадиям восстановительных сукцессий. Значительные площади «заброшенных» полей в районе оросительных каналов в настоящее время заняты под сенокосы и пастбища, в меньшей степени – под сельскохозяйственные культуры. На территориях, где применялась высадка лесозащитных пород, в условиях «залежного» режима наблюдается формирование небольших рощ. Основной древесной породой лесопосадок в Хакасии является карагач, или вяз мелколистный (*Ulmus parvifolia*) [*Ulmus pumila* L. Published ...], который спонтанно распространяется на большие территории. При этом применение таких участков в качестве сенокосов связано с трудностями, вызванными необхо-

димостью раскорчевывания подроста этих деревьев. Вяз мелколистный имел большое значение в качестве главного составляющего защитных насаждений в аридных областях нашей страны.

Таким образом, восстановительные процессы на залежах протекают по различным направлениям. В пониженных формах рельефа и на склонах северной экспозиции восстановление происходит при смене растительных ассоциаций и примерно в течение 30 лет, однако на большей части Южно-Минусинской котловины восстановление степной растительности растягивается на значительный срок. Причинами этого становятся: недостаток поступающей влаги, повышенная инсоляция на склонах южной экспозиции, изменение особенностей увлажнения в районе магистрального канала, приводящие к увеличению засоленности почв, и т. п.

Существенное сокращение поголовий скота, произошедшее в этот же период времени, привело к изменению экологической ситуации, когда на проявлениях чрезмерного перевыпаса (с полным выпадением из травостоя некоторых видов) наблюдается восстановление коренной растительности. При отсутствии достаточного количества копытных «потребителей» продуцирующейся фитомассы в развитии постпастбищных сообществ проявляется противоположная перевыпасу стадия формирования растительности – стагнация (при которой происходит падение продуктивности фитоценозов за счет переизбытка накопленного подстилочного материала, что в конечном итоге приводит к деградации фитоценозов с заметным падением продуктивности сообществ, упрощением их структуры) [Щетников, Зайченко, 2000].

Одним из видов усиления антропогенного пресса на исследуемой территории, связанного с гидротехническими изменениями, является формирование крупных водных объектов – искусственных озер. При помощи снимков ДЗЗ Landsat 1 отмечается первый этап создания озера Мраморного летом 1978 г., расположенного немного севернее озера Подгорного (Красноозерского урочища). На более ранних космоснимках и ретроспективных топографических картах это озеро не отмечено, а в 1979 г. акватория озера Мраморного приобретает современный вид, что зафиксировано на последующих космоснимках [USGS science for ...] и современных картографических изображениях.

Уменьшение количества населенных пунктов сельского типа, вызванное процессами урбанизации в Сибири, характерно для середины 80-х – начала 90-х гг. XX в., однако для исследуемой территории исчезновение небольших сельских поселений пришлось на период с середины 1950-х по начало 1970-х гг. Так, не стало Бобровки, Горево, Сидорова, располагавшихся на левобережье Енисея, в Койбальской степи исчезли Александровка, Красноозерки, Подгорное, Красинское, некоторые населенные пункты сменили местоположение, как, например, Новотроицкое, которое перебралось поближе к Бейскому овцеводческому совхозу «Центральный». Причины исчезновения мелких поселений связаны с развитием крупных сельскохозяйственных предприятий и улучшением условий жизни в крупных сельских пунктах. На картах 1939 г. обозначены такие населенные пункты, как: Ро-

зовка, Дунай, Красный Степняк, Камешек, Барсучий, Раздольный, Новый Абакан, Татарский, Красный Плуг и т. д. В селе Означенном в 1966 г. был заложен фундамент первого крупнопанельного дома, положившего начало современному городу Саяногорску. В 1975 г. Указом Президиума Верховного Совета РСФСР рабочий поселок Означенное Бейского района Хакасской автономной области Красноярского края преобразован в город областного подчинения Саяногорск. В настоящее время в Саяногорске проживает почти 50 тыс. чел., он является третьим по величине городом в Республике Хакасия [Кышпанаков, Кустов, 1994].

В результате обработки полученных данных с применением ГИС-технологии были составлены две карты распределения естественных и нарушенных ландшафтов Койбальской степи Южно-Минусинской котловины во временном интервале с 1979 по 2017 г. (рис. 2).

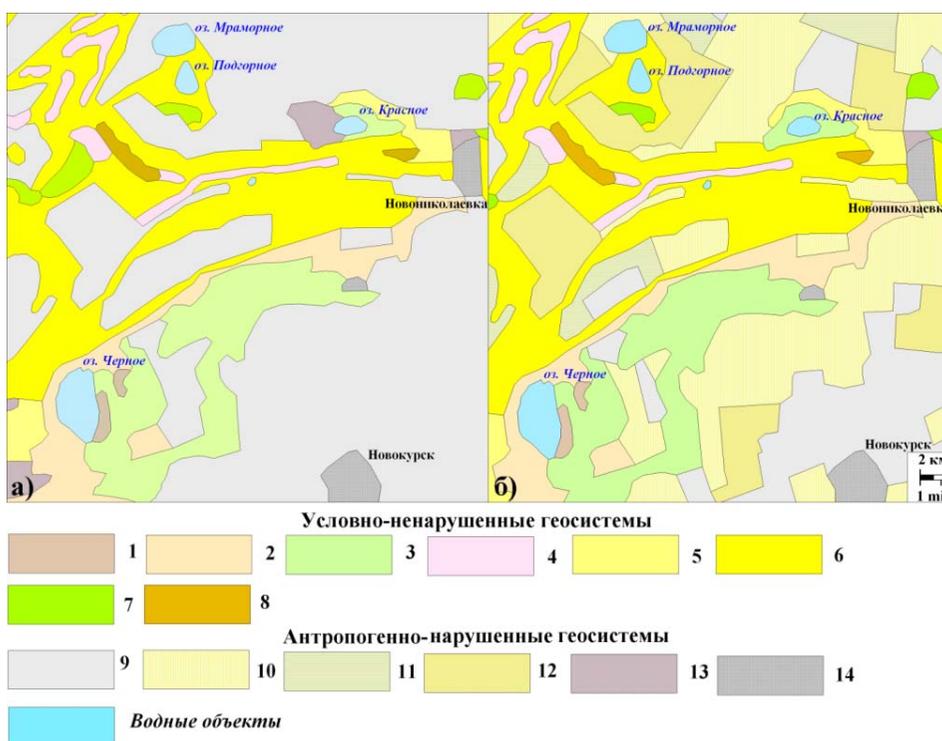


Рис. 2. Изменение геосистем Койбальской степи: а – 1979 г., б – 2017 г.

Условные обозначения: 1 – осоковые солончаковые болота; 2 – осочково-пикульниковые и чиевые солонцеватые степи; 3 – галофитные бескильнице-солонцеватые луга и болота в пойме озер; 4 – каменные степи с сильно изрезанной растительностью; 5 – мелкодерновинно-злаковая степь на песчано-галечниковых отложениях древнего русла палео-Енисея; 6 – овсецово-ковыльная степь; 7 – злаково-разнотравные степи; 8 – заросли кустарников боярышника, караганы древовидной и т. д.; 9 – пашни; 10 – залежи с рыхлодерновинно-злаковой растительностью; 11 – залежи с зарастающими лесополосами; 12 – сенокосы на участках овсецово-тырсовой степи; 13 – постселитебные территории с рудеральной растительностью; 14 – населенные пункты

Картосхема отражает состояние геосистем на двух этапах хозяйственного освоения Южно-Минусинской котловины. Геосистемы рассматриваются на уровне групп фаций и урочищ и подразделяются на две классификационные категории: условно ненарушенные и антропогенно нарушенные. К первой группе относятся геосистемы, имеющие близкое к коренному состоянию или демонстрирующие на стадиях финальных сукцессий сравнительно стабильное состояние и структуру, характерную для степных ландшафтов. Вторую группу составляют нарушенные (с периодом восстановления до 30 лет) и радикально преобразованные (очень сильно нарушенные) геосистемы.

К 1979 г. (см. рис. 2, *а*) внушительная часть пригодных для сельскохозяйственного пользования площадей была освоена. В этот период наиболее остро ставились вопросы экологического состояния ландшафтов, в том числе связанные с деградацией почвенного покрова и перевыпаса скота. Качественные преобразования геосистем в 2017 г. (см. рис. 2, *б*) обусловлены изменениями в различных отраслях хозяйства на территории исследования, которые выразились в резком уменьшении обрабатываемых земель, восстановлении степных ландшафтов (при полном снятии или частичном снижении антропогенной нагрузки); в распространении инвазионной растительности с достаточно устойчивой формой при спонтанном распространении вязовых (ильмовых) редколесий. Отсутствие пастбищной нагрузки приводит к заключительной стадии – деградации степных геосистем, что способствует снижению биопродуктивности сообществ и упрощению структуры фитоценологического состава.

Заключение

В результате изменения видов антропогенного воздействия наблюдается трансформация природной среды, что приводит к активизации восстановительных процессов и возвращению степных ландшафтов к коренному состоянию. Особенности антропогенного воздействия на природную среду отображены на снимках ДЗЗ. Сельскохозяйственная деятельность выявляется по границам пашен, сетке полей, распространению лесонасаждений. Вследствие кризиса в агропромышленном комплексе значительные площади посевных полей территории Южно-Минусинской котловины были переведены в залежные земли и сенокосы, на которых наблюдается процесс восстановления коренной степи, в отдельных случаях с появлением инвазионной растительности. На основе полученных карт и данных ретроспективного анализа с применением разновременных космических снимков выявлены динамические преобразования Койбальской степи.

Процесс восстановления степных геосистем протекает с разной скоростью и зависит от особенностей распределения тех или иных нарушенных ландшафтов на местности (особенности рельефа, экспозиция склонов и т. п.), типа антропогенного воздействия (пашни, деградирующие пастбища) и степени их преобразования (сеть мелиоративных каналов, карьеры и т. п.). Геоинформационные методы исследования земной поверхности

позволяют оперативно обрабатывать большие массивы данных, систематизировать их, охватывать значительные временные интервалы хозяйственной деятельности на исследуемой территории, сопоставлять современные космические снимки с ретроспективными картами и данными полевых исследований, а в конечном счете на основе этого построить ландшафтно-интерпретационную картографическую модель динамики природных и нарушенных геосистем Южно-Минусинской котловины.

Работа выполнена в рамках НИР «Структурное разнообразие и развитие геосистем Сибири в позднем голоцене в условиях глобальных изменений климата и антропогенного прессинга» (№ 0347-2016-0003).

Список литературы

Белов А. В., Соколова Л. П. Некоторые аспекты экологических рисков природопользования на юге Байкальской Сибири // География и природные ресурсы. 2012. № 4. С. 90–97.

Волкова В. Г., Кочуров Б. И., Хакимзянова Ф. И. Современное состояние степей Минусинской котловины. Новосибирск : Наука, 1979. 92 с.

Книжников Ю. Ф., Кравцова В. И., Тутубалина О. В. Аэрокосмические методы географических исследований. М. : Академия, 2011. – 412 с.

Кышпанаков В. А., Кустов Ю. И. Экономическая и социальная география Хакасии. Абакан : Хакас. книж. изд-во, 1994. 100 с.

Лысанова Г. И., Артеменок В. Н. Ландшафтно-экологические исследования геосистем Минусинской котловины // География и природ. ресурсы. 2006. № 4. С. 65–69.

Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск : Наука, 1978. 318 с.

Танзыбаев М. Г. Почвы Хакасии. Новосибирск : Наука, 1993. 256 с.

Щетников А. И., Зайченко О. А. Динамика и устойчивость степных геосистем Юга Сибири // Аридные экосистемы. 2000. Т. 6, № 3. С. 66–75.

Jensen J. R. Remote sensing of the environment: an Earth resource perspective. NY: Prentice Hall, 2000. 544 p.

Kanianska R. Agriculture and Its Impact on Land-Use, Environment, and Ecosystem Services // Landscape Ecology – The Influences of Land Use and Anthropogenic Impacts of Landscape Creation. NY: InTech, 2016. 138 p.

Mather P. M. Computer Processing of Remotely-Sensed Images. An Introduction. NY: John Wiley press, 2004. 350 p.

Popovich V., Galiano F. Algorithmic component of an Earth remote-sensing data-analysis system // Information fusion and intelligent Geographic Information Systems (GIS). Springer. 2018. P. 127–137.

Richards J. A. Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction. Springer, 2013. 503 p.

Schowengerdt R. A. Remote Sensing. Models and Methods for Image Processing – Academic Press, 2007. 558 p.

Shiguo Xu., Yanzhao Fu, Qi Wang. Soil Salinization and Mitigation Measures in Land Reclamation Regions // Soil Contamination – Current Consequences and Further Solutions. InTech. 2016. P. 159–175.

Ulmus pumila L. Published in: Sp. pl. 1:226. 1753 // GBIF 2018. URL: <https://www.gbif.org/species/5361877> (дата обращения 24.02.2018).

USGS science for a changing world. GloVis. U.S. Geological Survey: <https://glovis.usgs.gov/app?fullscreen> (дата обращения 22.03.2018).

Analysis of the Dynamics of Steppe Geosystems Using the Cartographic Method on the Example of the Koibal Steppe

I. V. Balyazin

V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk

Abstract. This paper presents of the current state of geosystems and landscape mapping of the most developed region of South-Minusinsk depression. In the land use process, extensive terrains were involved, a network of irrigation canals was built, forest stands were used. Geoinformation mapping (GIM) allows you to systematize the construction of maps, analyze, classify and generalize data, combine them on the basis of creating a single database and the ability to display, depending on the need for solving specific tasks. GIM of studying the earth's surface allow us to quickly process large amounts of data, systematize them, cover significant time intervals of economic activity on the surveyed territory, compare modern space images with retrospective maps and field research data, and ultimately build a landscape-interpretation cartographic model dynamics of natural and disturbed geosystems of the South Minusinsk depression. The map obtained from the synthesis of time-lapse satellite images, available literature sources and field data, are the most representative models of the ecological state of the South Minusinsk depression at different stages of anthropogenic development at the turn of the 20th and 21st centuries.

Keywords: restoration processes, steppe geosystems, thematic mapping.

For citation: Balyazin I.V. Analysis of the Dynamics of Steppe Geosystems Using the Cartographic Method on the Example of the Koibal Steppe. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2018, vol. 26, pp. 18-30. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.26.18> (in Russian)

References

- Belov A.V., Sokolova L.P. *Nekotoryye aspekty ekologicheskikh riskov prirodopolzovaniya na yuge Baykalskoy Sibiri* [Some aspects of environmental risks of nature management in the south of Baikal Siberia]. *Geografiya i prirodnnye resursy*. [Geography and natural resources], 2012, no. 4, pp. 90-97. (in Russian)
- Volkova V.G., Kochurov B.I., Khakimzyanova F.I. *Sovremennoe sostoyanie stepey Minusinskoy kotloviny* [The current state of the steppes of the Minusinsk depression]. Novosibirsk, Nauka, 1979, 92 p. (in Russian)
- Knizhnikov Yu.F., Kravtsova V.I., Tutubalina O.V. *Aerokosicheskie metody geograficheskikh issledovaniy* [Aerospace methods of geographical research]. Moscow, Akademia, 2011, 412 p. (in Russian)
- Kyshpankov V.A., Kustov Yu.I. *Ekonomicheskaya i socialnaya geografiya Hakasii* [Economic and social geography of Khakassia]. Abakan, Hakasskoe knizhnoe izdatelstvo, 1994, 100 p. (in Russian)
- Lysanova G.I., Artemenok V.N. *Landshaftno-ekologicheskiye issledovaniya geosistem Minusinskoy kotloviny* [Landscape-ecological studies of the geosystems of the Minusinsk depression]. *Geografiya i prirodnnye resursy* [Geography and natural resources], 2006, no 4, pp. 65-69. (in Russian)
- Sochava V.B. *Vvedeniye v ucheniye o geosistemakh* [Introduction to the theory of geosystems]. Novosibirsk, Nauka, 1978, 318 p. (in Russian)
- Tanzybayev M.G. *Pochvy Khakasii* [Soil of Khakassia]. Novosibirsk, Nauka, 1993, 256 p. (in Russian)
- Shchetnikov A.I., Zaychenko O.A. *Dinamika i ustoychivost stepnykh geosistem Yuga Sibiri* [Dynamics and stability of steppe geosystems of the South of Siberia] *Aridnye ekosistemy* [Arid ecosystems], 2000, vol. 6, no 3, pp. 66-75. (in Russian)

- Jensen J.R. Remote sensing of the environment: an Earth resource perspective. NY: *Prentice Hall*, 2000, 544 p.
- Kanianska R. Agriculture and Its Impact on Land-Use, Environment, and Ecosystem Services. Landscape Ecology. *The Influences of Land Use and Anthropogenic Impacts of Landscape Creation. InTech*, 2016, 138 p.
- Mather P.M. Computer Processing of Remotely-Sensed Images. An Introduction. NY: *John Wiley press*, 2004, 350 p.
- Popovich V. Galiano F. Algorithmic component of an Earth remote-sensing data-analysis system. *Information fusion and intelligent Geographic Information Systems (GIS). Springer*, 2018, pp. 127-137.
- Richards J.A. Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction. *Springer*, 2013, 503 p.
- Schowengerdt R.A. Remote Sensing. Models and Methods for Image Processing *Academic Press*, 2007, 558 p.
- Shiguo Xu, Yanzhao Fu, Qi Wang Soil Salinization and Mitigation Measures in Land Reclamation Regions. *Soil Contamination – Current Consequences and Further Solutions. InTech*, 2016, pp. 159-175.
- Ulmus pumila L. Published in: Sp. pl. 1:226. 1753. GBIF 2018. URL: <https://www.gbif.org/species/5361877> (дата обращения 24.02.2018)
- USGS science for a changing world. GloVis. U.S. Geological Survey: [https://glovis.usgs.gov/app? fullscreen](https://glovis.usgs.gov/app?fullscreen) (дата обращения 22.03.2018)

Балязин Иван Валерьевич

кандидат географических наук,
научный сотрудник, лаборатория
физической географии и биогеографии
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск,
ул. Улан-Баторская, 1
тел.: (3952)42-70-95
e-mail: grave79@mail.ru

Balyazin Ivan Valerievich

Candidate of Science (Geography),
Researcher, Physical Geography
and Biogeography Laboratory
V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
tel.: (3952)42-70-95
e-mail: grave79@mail.ru

Дата поступления: 07.08.2018
Received: August, 07, 2018