Оценка состояния рекреационной зоны Таганрогского залива на основе анализа мультиспектральных данных (Landsat)

О. Е. Архипова^{1,2}, В. С. Герасюк^{1,2}

¹ Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, 344006, Россия

² Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 344006, Россия

E-mails: arkhipova@ssc-ras.ru, gerasyuk.v@mail.ru

Для выявления наиболее развивающихся районов и оценки изменения различных типов пространственных объектов необходима работа с архивными материалами прошлых лет. Использование мультиспектральных и мультिवременных данных космических снимков, дополненных результатами полевых исследований, позволяет получить наиболее объективную информацию о современном состоянии местности и произошедших изменениях. Цель исследования — оценка современного состояния прибрежной зоны Таганрогского залива и определение потенциальных площадей развития инфраструктуры. В ходе выполнения работы был проведён пространственный анализ разновременных мультиспектральных космических снимков прибрежной зоны, период исследования: 2006–2016 гг. Для обработки мультиспектральных данных применялся метод классификации с обучением и метод обнаружения изменений на основе мультिवременного композита. Постклассификационная обработка и обнаружение изменений путём составления статистики и расчёта карты различий показали, что отмечаются изменения площадей всех выделяемых классов объектов, связанных как с активной хозяйственной деятельностью, так и с особенностью геоморфологии района. Полученные результаты были сопоставлены с результатами экспедиционных исследований, проводимых в эти годы специалистами Южного научного центра РАН и Южного федерального университета. С использованием данных о геоморфологических процессах в береговой зоне Азовского моря и степени застройки были выявлены наиболее благоприятные районы для развития инфраструктуры.

Ключевые слова: прибрежная зона, Таганрогский залив, рекреационная нагрузка, территориальное планирование, космоснимки, Landsat, дешифрирование

Одобрена к печати: 03.04.2018

DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-65-74

Введение

Наличие крупных агломераций на территории Ростовской области (РО) определяет высокую потребность в учреждениях рекреации и зонах отдыха. Существующие базы отдыха, пансионаты, санатории, детские оздоровительные лагеря и другие учреждения рекреации обслуживают в основном население РО и ориентированы главным образом на летний отдых. Прибрежная зона Таганрогского залива обладает богатыми природными ресурсами, является объектом культурно-исторического наследия, а также частью рекреационной зоны «Европейский Юг России», специализирующейся на лечебно-оздоровительном отдыхе и познавательном туризме. Большому рекреационно-туристическому потенциалу способствует благоприятный климат и удобное географическое положение. Азовское море, в том числе Таганрогский залив, является самым доступным по стоимости местом отдыха для многих граждан России. Схема территориального планирования рекреационных зон Таганрогского залива предусматривает выделение потенциально пригодных мест для развития соответствующей инфраструктуры, расширение имеющихся либо строительство новых рекреационных и других народнохозяйственных объектов. Основные положения о территориальном планировании данного района были подготовлены Министерством территориального развития, архитектуры и градостроительства РО и опубликованы в 2008 г. на официальном портале

Правительства РО*. С тех пор информация по изменениям, вносимым в данное положение, и об объёме реализованных мероприятий не обновлялась. Вопросы, связанные с территориальным планированием, являются достаточно актуальными в урбанизационно-расселенческом аспекте.

Перспективность развития побережья Таганрогского залива Азовского моря подтверждается данными многих исследований. Значительное количество работ (Архипова и др., 2011; Гагай, Джуха, 2012; Ивлиева, Беспалова, 2011; Ивлиева, Хибухина, 2013, 2015; Ивлиева, Кушнир, 2016; Ивлиева и др., 2013; Косолапов и др., 2012) посвящено географическим аспектам проблемы, где особое внимание уделяется изучению рекреационного потенциала прибрежной зоны Таганрогского залива с точки зрения экзогенных процессов, влияющих на состояние береговой линии. Эти работы основаны по большей части на полевых материалах, полученных во время экспедиционных исследований. Для выявления наиболее развивающихся районов и оценки изменения различных типов пространственных объектов необходима работа с архивными материалами прошлых лет. Использование мультиспектральных и мультिवременных данных космических снимков, дополненных результатами полевых исследований, позволит получить наиболее объективную информацию о современном состоянии местности и произошедших изменениях.

Материалы и методы

Материальную базу исследования составляют данные дистанционного зондирования Земли (разновременные снимки с искусственных спутников Landsat-5 и Landsat-8). Мультиспектральные цифровые изображения с пространственным разрешением 30 м получены через сервис EarthExplorer Геологической службы США (<http://earthexplorer.usgs.gov>). Все они представлены в картографической проекции UTM, основанной на координатной системе отсчёта WGS-84, и предварительно обработаны.

Выбор снимков обуславливался сезонностью (летний период), разрешением (спектральный канал — 30 м), а также полным отсутствием облачности (*табл. 1*). Особое внимание уделялось тому, чтобы космические снимки были получены однотипными съёмочными системами, имеющими близкие спектральные каналы съёмки, близкие пространственное и радиометрическое разрешения зональных снимков.

Таблица 1. Используемые данные дистанционного зондирования Земли (космоснимки Landsat)

Дата	Тип спутника/камеры
20.08.2016	Landsat-8 OLI/TIRS
19.09.2015	Landsat-8 OLI/TIRS
31.08.2014	Landsat-8 OLI/TIRS
24.09.2011	Landsat-5 TM
04.08.2010	Landsat-5 TM
17.08.2009	Landsat-5 TM
28.08.2007	Landsat-5 TM
26.09.2006	Landsat-5 TM

В работе также использованы материалы полевых геоморфологических исследований ЮФУ, ЮНЦ РАН, ИАЗ ЮНЦ РАН, опубликованные в печати (Матишов и др., 2015; Экологический атлас..., 2011).

* Схема территориального планирования рекреационного комплекса прибрежных территорий Азовского моря и Нижнего Дона, <http://www.donland.ru/Default.aspx?pageid=86893>.

Необходимость получения данных о правовом статусе и категории использования земель, попадающих в зону потенциально перспективных рекреационных участков, обусловила использование Публичной кадастровой карты.

Для достижения поставленных целей были выбраны следующие методы обработки мультиспектральных данных: метод интерактивной классификации с обучением (Interactive Supervised Classification) и метод оценки разновременных данных с помощью мультिवременного композита. Дешифрирование проводилось по семи классам объектов. Выбор эталонов для обучения осуществлялся вручную, для идентификации использовались данные из интерфейса Google EarthPro, основанные на мозаике снимков высокого разрешения (QuickBird), а также данные экспедиционных исследований прибрежной полосы Таганрогского залива за период с 2006 по 2015 г. (Матишов и др., 2015).

Метод интерактивной классификации с обучением предполагает, что статистические данные для каждого класса в каждом канале нормально распределены, при этом вычисляется вероятность того, что каждый пиксель принадлежит определённому классу. Если имело место полное совпадение, выбранный участок становился эталонным.

Для решения задачи выявления новых объектов был использован алгоритм оценки разновременных данных с помощью мультिवременного композита (снимок, представляющий собой RGB-композит, в котором используется красный спектральный канал более позднего снимка, синий и зелёный спектральные каналы — более раннего снимка). При составлении композита учтена разница в глубине цветности используемых снимков (8 бит — Landsat-5 и 16 бит — Landsat-8). Оба снимка приведены к 8-битовому разрешению. Надо отметить, что небольшое различие в спектральных диапазонах сенсоров спутников Landsat-5 и Landsat-8 (например, диапазон красного канала для Landsat-5 — 0,63–0,69 мкм, Landsat-8 — 0,636–0,673 мкм) при составлении мультिवременного композита большого значения не имеет. Для сравнения использовались снимки Landsat-5 2006 г. и Landsat-8 2016 г. Далее стандартный алгоритм обнаружения изменений заключался в применении метода неконтролируемой классификации полученного мультिवременного композита. При использовании метода главных компонент оценивалась «типичность» изменения яркостей, а в качестве меры отклонения от «типичности» рассматривалась вторая главная компонента, ортогональная первой. Последний этап включал интерпретацию полученных результатов путём определения пороговых значений для создания тематического раstra выявленных изменений (Никитина, Никитин, 2010). В качестве программного обеспечения был использован набор инструментов геообработки ArcGis Professional 2.0, модуль Spatial Analyst, Image Classification tools gallery.

Результаты и обсуждение

В результате использования метода интерактивной классификации с обучением была получена серия дешифрированных космических снимков за период с 2006 по 2016 г. На снимках были выделены следующие классы объектов: песчаные пляжи, инфраструктура, водная поверхность (внутренние водоёмы), сельскохозяйственные поля двух типов — убранные и находящиеся в периоде вегетации, а также естественная растительность и открытая почва. На *рис. 1* (см. с. 68) представлены данные пограничных годов исследования. Большую часть исследуемого района занимают сельскохозяйственные угодья, а потенциально перспективными рекреационными участками, согласно Схеме территориального планирования рекреационного комплекса прибрежных территорий Азовского моря, являются в первую очередь приморские посёлки и прилегающие пляжи со своей инфраструктурой, расположенные на косах Таганрогского залива.

На основе проведённой классификации была рассчитана площадь каждого класса и построен график, отражающий динамику изменения площади представляющих интерес классов пространственных объектов: песчаных пляжей, естественной растительности и инфраструктуры; выбранный период: с 2006 по 2016 г. (*рис. 2*, см. с. 68).

Рис. 1. Результат классификации методом интерактивной классификации с обучением

На графике рис. 2 прослеживается взаимосвязь между изменениями двух классов: естественной растительности и песчаными пляжами. Максимальные пики растительности соответствуют минимуму по песчаным пляжам. Это, скорее всего, связано с климатическими характеристиками года исследования, а также с основными факторами природной трансформации кос: постоянным влиянием моря и экстремальностью эдафических и гидрохимических факторов (Мамыкина, Хрусталева, 1980; Матишов и др., 2015) (рис. 3, см. с. 69). Однако оценка коэффициентов корреляции для всех выбранных классов прямых связей не выявила.

Для подтверждения достоверности классов, образованных на основании обучающих выборок, их спектральные характеристики необходимо подвергать проверке и сравнению. Так как визуальное сравнение классифицированного изображения с исходным не даёт статистических оценок точности классификации, была проведена оценка полученных результатов на основе случайно сгенерированных проверочных точек по всему исследуемому изображению.

Были созданы произвольно расположенные точки, в каждой из которых прописаны значения, полученные на основании данных классифицированного изображения в местоположениях этих точек. Точки распределялись поровну по каждому классу. Оценка проводилась в среде ArcGis Pro. Затем было выполнено сравнение классифицированных значений на снимке и точек с реальным типом землепользования по исходному снимку и составлена таблица соответствия. Если идентифицировать объект по исходному снимку не удавалось, использовался эталон, созданный на основе снимка QuickBird.

Рис. 2. Динамика площадей, занятых основными классами пространственных объектов. Период исследования: с 2006 по 2016 г.

Рис. 3. Типы берегов, вертикальные движения, режим уровня, участки стационарных наблюдений побережья (Мамыкина, Хрусталев, 1980)

Далее была сформирована матрица несоответствий, в которой сравнивались атрибуты классифицированных и реальных значений из точек проверки точности, и на основании этого сравнения определялся процент точности. Процесс проводился при оценке каждого классифицированного изображения. В случае больших невязок процесс классификации повторялся. В табл. 2 представлен пример расчёта матрицы невязки для 2016 г. (идентификационный снимок QuickBird 2016 г.).

Ошибки в точности классификации двух классов — «песчаные пляжи» и «водная поверхность» связаны в первую очередь с достаточно низким разрешением используемых снимков. Ширина пляжей не превышает 22 м, что меньше разрешения снимков, поэтому при классификации в класс «песчаные пляжи» попала часть Таганрогского залива, где глубина у берега не превышает 10–15 см. Однако следует отметить, что изменения площадей, занимаемых расчётными классами, позволяют уловить общие тенденции в развитии прибрежной части Таганрогского залива, что подтверждается натурными данными экспедиционных исследований на основе реперной сети обследований ЮНЦ РАН береговых обрывов (Матишов и др., 2015).

Для оценки тенденций изменения непосредственно прибрежной зоны было проведено обнаружение изменений пространственных объектов с помощью мультитременного композита. После использования данного алгоритма были выявлены участки, подверженные наибольшему изменению за период с 2006 по 2016 г.

Таблица 2. Матрица несоответствий

Класс	Песок	Инфра-структура	Открытая почва	с.-х. поля	Водная поверхность (внутренний водоём)	Естественная растительность	с.-х. поля (убранные)	Итого точек	Д1	Карра
Песок	10	2	0	0	10	0	3	25	0,40	0
Инфра-структура	1	19	4	0	0	0	1	25	0,76	0
Открытая почва	0	1	23	0	0	1	0	25	0,92	0
с.-х. поля	0	0	1	21	0	2	1	25	0,84	0
Водная поверхность (внутренний водоём)	0	0	0	0	25	0	0	25	1,00	0
Естественная растительность	0	0	1	0	0	24	0	25	0,96	0
с.-х. поля (убранные)	0	0	2	0	0	0	23	25	0,92	0
Итого точек	11	22	31	21	35	27	28	175	0,00	0
Д2	0,91	0,86	0,74	1,00	0,71	0,89	0,82	0,00	0,83	0,00
Карра	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,80

Примечание: Д1 — доля пикселей, правильно классифицированных относительно всей классификации; Д2 — доля пикселей, корректно классифицированных относительно наземных значений; Карра — общая оценка точности классификации.

Класс изменённых изображений содержит изменения, которые относятся ко всем рассматриваемым объектам. Конечный этап обработки растрового изображения — выделение прибрежной зоны, подвергнутой максимальной трансформации, с изъятием лишних полигонов, и подсчёт площади изменений прибрежной зоны. По данным расчёта, площадь береговой зоны, которая была подвержена наибольшей динамике, составила 99,5 км² (рис. 4).

Рис. 4. Динамика кос Таганрогского залива: результат применения метода мультитременного композита. Красным цветом выделены изменённые области

На снимках 2006 и 2016 гг. можно видеть изменения в формах кос и береговых линий. Выявленные изменения совпадают с описанными ранее процессами динамики кос. Например, согласно данным проводимых исследований по южному берегу Таганрогского залива в районе Очаковской косы, под воздействием волнений западных румбов произошло смещение береговой линии западного побережья косы к востоку: у основания — на 18–70 м (2,3 м/год); в средней части — на 30–60 м (2,0 м/год); в конечности — на 35–45 м (1,5 м/год) (Матишов и др., 2015). Отсюда можно сделать вывод, что значительные изменения береговой зоны во времени связаны, прежде всего, с особенностью геоморфологической составляющей этой территории, что подтверждается данными полевых исследований ЮФУ, ЮНЦ РАН и ИАЗ ЮНЦ РАН (Матишов и др., 2015; Экологический атлас..., 2011), результаты которых представлены, в частности, на рис. 3. Как показал анализ динамики изменения площадей различных классов пространственных объектов, наиболее вариabельными

являются: инфраструктура, линия песчаных пляжей (песок) и естественная растительность, которая также располагается вдоль береговой линии.

Наиболее значительные изменения приходятся на зону абразивных и оползневых берегов Таганрогского залива (см. *рис. 3*). Основываясь на материалах исследования, можно выделить несколько участков, наиболее пригодных для развития инфраструктуры: это районы Чумбуркосы, Сазальникской косы (пос. Шабельское) и Ейского лимана (пос. Глафировка).

Если обратиться к Публичной кадастровой карте, то можно увидеть, что эти зоны состоят в большей степени из земель сельскохозяйственного назначения. В тоже время берега в районе Сазальникской косы подвержены интенсивной абразии (см. *рис. 3*), а в районе Ейского лимана — оползневым процессам (см. *рис. 3*), несмотря на то, что в научной литературе эти районы отмечены как территории, находящиеся в стадии освоения и обладающие минимумом необходимых сооружений и условий для рекреации (Гагай, Джуха, 2012; Кропянко, 2014). Региональные власти, ответственные за планирование развития территорий, должны учитывать особенности береговых процессов. Следует более эффективно реализовывать рекомендации об ограничительных мерах при планировании строительства в зонах активных абразионно-оползневых процессов.

Заключение

Анализ разновременных космических снимков на территориях, потенциально пригодных для развития рекреационных зон, за период с 2006 по 2016 г. с использованием классификации с обучением, постклассификационной обработки и обнаружения изменений показал, что наблюдаются изменения площадей всех выделяемых классов объектов, связанных как с активной хозяйственной деятельностью, так и особенностью геоморфологии района.

На основе данных о геоморфологических процессах в береговой зоне Азовского моря и степени застройки выявлены наиболее благоприятные районы для развития инфраструктуры. Проведённые экспериментальные исследования показали, что данный подход можно применять для тематической обработки космических многозональных изображений с целью изучения динамики природно-антропогенных объектов и состояния особо охраняемых природных территорий, а также для выявления функциональных изменений в землепользовании за различные периоды времени. Применённый метод мультитременного композита позволил выделить объекты, которые подвержены наибольшим изменениям, что необходимо, прежде всего, для целей подготовки схем и различных документов территориального планирования. Очень важным на данном этапе является определение скорости изменения площадей и условий землепользования для размещения различных объектов капитального строительства, рекреационных зон, сельского хозяйства, промышленных производств и т. д.

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН на 2018 г. (проект № 01201363188).

Литература

1. Архипова О. Е., Беспалова Л. А., Ивлиева О. В. Влияние геоморфологических характеристик на рекреационную значимость берегов. Оценка рекреационного потенциала // Экология. Экономика. Информатика. XXXIX Международная конференция «Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования»: материалы конференции. Абрау-Дюрсо, 6–11 сентября 2011 г. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2011. С. 395–399.
2. Гагай М. С., Джуха В. М. Приазовская туристско-рекреационная зона как фактор инвестиционной привлекательности туристического рынка Ростовской области // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2012. № 1 (37). 35 с.
3. Ивлиева О. В., Беспалова Л. А. Оценка рекреационного потенциала морских берегов Таганрогского залива Ростовской области // Перспективные разработки науки и техники: материалы 7-й Международной научно-практической конф. 7–15 ноября 2011 г. Т. 36. Пшемысль: Изд-во «Наука и образование», 2011. С. 45–49.

4. *Ивлиева О. В., Хибухина Т. Ю.* Перспективы развития экологического туризма на юге Ростовской области // Проблемы региональной экологии. 2013. № 6. С. 21–27.
5. *Ивлиева О. В., Хибухина Т. Ю.* Геоэкологическая оценка памятников природы Ростовской области в целях развития экологического туризма // Естественные и технические науки. 2015. № 11. С. 48–53.
6. *Ивлиева О. В., Кушнир К. В.* Стимулирующие факторы развития туризма на Азовском побережье // Факторы и стратегии регионального развития в меняющемся геополитическом и геоэкономическом контексте: материалы международной научной конференции. Грозный, 20–25 сентября 2016 г. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2016. С. 248–253.
7. *Ивлиева О. В., Ивлиев П. П., Беспалова Л. А.* Опасные природные и техноприродные процессы морского побережья // Вестник Тамбовского ГУ. 2013. Т. 18. № 2. С. 606–610.
8. *Косолапов А. Е., Дандара Н. Т., Беспалова Л. А., Ивлиева О. В., Ляшик А. Н., Никаноров В. А., Калиманов Т. А., Дорожкин Е. В., Клименко О. А., Шеффер Е. А., Косолапова Н. А., Коржов И. В., Дандара А. Н., Беспалова Е. В., Цыганкова А. Е., Ивлиев П. П., Филиппов В. В.* Таганрогский залив Азовского моря: современное состояние и проблемы природопользования. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2012. 556 с.
9. *Кропьянко Л. В.* Геоэкологическая оценка и районирование Азово-Черноморского побережья России: дис. ... канд. геогр. наук (спец. 25.00.36). Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2014. 216 с.
10. *Мамыкина В. А., Хрусталева Ю. П.* Береговая зона Азовского моря. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1980. 176 с.
11. *Матишов Г. Г., Бердников С. В., Беспалова Л. А., Ивлиева О. В., Цыганкова А. Е., Хартиев С. М., Иошпа А. Р., Архипова О. Е., Кропьянко Л. В., Сушко К. С., Швердяев И. В., Беспалова Е. В.* Современные опасные экзогенные процессы в береговой зоне Азовского моря: монография. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2015. 324 с.
12. *Никитина Ю. В., Никитин В. Н.* Разработка методики автоматизированного дешифрирования незаконных рубок леса по разновременным космическим снимкам // Гео-Сибирь-2010. Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 3. № 2. С. 175–180.
13. *Экологический атлас Азовского моря.* Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. 328 с.

Assessment of the state of the Taganrog Bay recreational zone on the basis of multispectral data (Landsat) analysis

O. E. Arkhipova^{1,2}, V. S. Gerasyuk^{1,2}

¹ Southern Scientific Center RAS, Rostov-on-Don 344006, Russia

² Southern Federal University, Rostov-on-Don 344000, Russia

E-mails: arkhipova@ssc-ras.ru, gerasyuk.v@mail.ru

Identification of the most developing areas and assessment of changes in different types of spatial objects is impossible without the use of archival materials. The use of multispectral, multivariate data simultaneously with the data of expeditions allows obtaining objective information about the current state of the terrain and the changes that have taken place. The purpose of this paper is to study the current state of the coastal zone of the Taganrog Bay, as well as to identify potential areas for the development of recreational infrastructure.

During the research, spatial analysis of multispectral Landsat data of the coastal zone was carried out, the study period was 2006–2016. For the processing of space images, the method of classification with training and the method for detecting changes based on a multivariate composite were applied. The post-classification processing of the obtained data was carried out.

Comparison of statistics and maps of differences showed that there were changes in the areas of all the allocated classes of objects. The main reasons were active economic activity and features of geomorphology of the region. The obtained results with the results of expeditionary studies (expeditions of specialists of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences and the Southern Federal University, 2006–2015) were compared. In addition, data on the geomorphologic processes in the coastal zone of the Azov Sea, the degree of development coastal zone were used. The most favorable areas for the development of infrastructure were identified.

Keywords: coastal zone, Taganrog Bay, recreational load, territorial planning, satellite imagery, Landsat, interpretation

References

1. Arkhipova O. E., Bessalova L. A., Ivlieva O. V., Vliyanie geomorfologicheskikh kharakteristik na rekreatsionnyu znachimost' beregov. Otsenka rekreatsionnogo potentsiala (Influence of geomorphological characteristics on the recreational significance of the shores. Estimation of recreational potential), *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Matematicheskoe modelirovanie v problemakh ratsional'nogo prirodopol'zovaniya* (Ecology. Economy. Informatics. Mathematical Modeling in Problems of Rational Nature Management), Proc. XXXIX International Conference, Abrau-Dyurso, 6–11 September 2011, Rostov-on-Don: Izd. SKNTs VSh, 2011, pp. 395–399.
2. Gagai M. S., Dzhukha V. M., Priazovskaya turistsko-rekreatsionnaya zona kak faktor investitsionnoi privlekatel'nosti turistscheskogo rynka Rostovskoi oblasti (The tourist-recreational zone “Priazovskaya” as a factor of investment attractiveness of the tourist market of the Rostov region), *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektronnyi nauchnyi zhurnal*, 2012, No. 1(37), 35 p.
3. Ivlieva O. V., Bessalova L. A., Otsenka rekreatsionnogo potentsiala morskikh beregov Taganrogskego zaliva Rostovskoi oblasti (Estimation of recreational potential of the sea coasts of the Taganrog Bay of the Rostov Region), *Perspektivnye razrabotki nauki i tekhniki* (Perspective Developments of Science and Technology), Proc. VII International Scientific-Practical Conference, Przemysl: Nauka i obrazovanie, 2011, pp. 45–49.
4. Ivlieva O. V., Khibukhina T. Yu., Perspektivy razvitiya ekologicheskogo turizma na yuge Rostovskoi oblasti (Prospects for the development of ecological tourism in the south of the Rostov region), *Problemy regional'noi ekologii*, 2013, No. 6, pp. 21–27.
5. Ivlieva O. V., Khibukhina T. Yu., Geoekologicheskaya otsenka pamyatnikov prirody Rostovskoi oblasti v tselyakh razvitiya ekologicheskogo turizma (Geoecological assessment of nature monuments of the Rostov Region to develop ecological tourism), *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2015, No. 11, pp. 48–53.
6. Ivlieva O. V., Kushnir K. V., Stimuliruyushchie faktory razvitiya turizma na Azovskom poberezh'e (The stimulating factors of tourism development on the Azov coast), *Faktory i strategii regional'nogo razvitiya v menyayushchemsya geopoliticheskom i geoeconomicheskoy kontekste* (Factors and Strategies for Regional Development in a Changing Geopolitical and Geo-economic Context), Proc. International Scientific Conference, Grozny, 20–25 September 2016, Rostov-on-Don: Izd. YuFU, 2016, pp. 248–253.
7. Ivlieva O. V., Ivliev P. P., Bessalova L. A., Opasnye prirodnye i tekhnoprirodnye protsessy morskogo poberezh'ya (Dangerous natural and techno-natural processes of the sea coast), *Vestnik Tambovskogo GU*, 2013, Vol. 18, No. 2, pp. 606–610.
8. Kosolapov A. E., Dandara N. T., Bessalova L. A., Ivlieva O. V., Lyashik A. N., Nikanorov V. A., Kalimanov T. A., Dorozhkin E. V., Klimenko O. A., Sheffer E. A., Kosolapova N. A., Korzhov I. V., Dandara A. N., Bessalova E. V., Tsygankova A. E., Ivliev P. P., Filippov V. V., *Taganrogskei zaliv Azovskogo morya: sovremennoe sostoyanie i problemy prirodopol'zovaniya* (Taganrog Bay of the Sea of Azov: current state and problems of nature management), Rostov-on-Don: Izd. YuFU, 2012, 556 p.
9. Kropyanko L. V., *Geoekologicheskaya otsenka i raionirovanie Azovo-Chernomorskogo poberezh'ya Rossii: diss. kand. geog. nauk* (Geoecological assessment and zoning of the Azov-Black Sea coast of Russia. Cand. geogr. sci. thesis), Rostov-on-Don: Izd. YuFU, 2014, 216 p.
10. Mamykina V. A., Khrustalev Yu. P., *Beregovaya zona Azovskogo morya* (Coastal zone of the Azov Sea), Rostov-on-Don: Izd. RGU, 1980, 176 p.
11. Matishov G. G., Berdnikov S. V., Bessalova L. A., Ivlieva O. V., Tsygankova A. E., Khartiev S. M., Ioshpa A. R., Arkhipova O. E., Kropyanko L. V., Sushko K. S., Sheverdyayev I. V., Bessalova E. V., *Sovremennye opasnye ekzogennye protsessy v beregovoii zone Azovskogo morya: monografiya* (Modern dangerous exogenous processes in the coastal zone of the Sea of Azov), Rostov-on-Don: Izd. YuFU, 2015, 324 p.
12. Nikitina Yu. V., Nikitin V. N., Razrabotka metodiki avtomatizirovannogo deshifirovaniya nezakonnykh rubok lesa po raznovremennym kosmicheskim snimkam (Development of a technique automated interpretation of illegal logging by multitemporal satellite images), *GEO-SIBIR'-2010*, Novosibirsk: SGGA, 2010, Vol. 3, No. 2, pp. 175–180.
13. *Ekologicheskii atlas Azovskogo morya* (Environmental Atlas of the Sea of Azov), Rostov-on-Don: Izd. YuNTs RAN, 2011, 328 p.