

Оригинальная статья
Original article

УДК 911.3:796.5(658)

DOI: 10.18413/2408-9346-2020-6-1-0-4

Плохих Р.В.¹
Шакен А.Ш.²
Мика М.³

Индикация ландшафтно-экологического состояния
территориально-рекреационной системы
с использованием ГИС-технологий

^{1,2}Казахский национальный университет имени аль-Фараби
(КазНУ им. аль-Фараби),
ГУК-6, пр. аль-Фараби, 71, Алматы 050040, Казахстан
³Ягеллонский университет,
Краков, 30-387, Польша

¹e-mail: roman.plokhikh@kaznu.kz

²e-mail: shaken_a@mail.ru

³e-mail: mirosław.mika@uj.edu.pl

*Статья поступила 12 января 2020 г.; принята 10 февраля 2020 г.;
опубликована 31 марта 2020 г.*

Аннотация. В статье рассмотрена проблема индикации ландшафтно-экологического состояния территориально-рекреационной системы с использованием ГИС-технологий. Закономерности реакции комплексного естественного индикатора (ландшафта) и частных индикаторов (его компоненты) на многофакторную антропогенную нагрузку – важное направление определения условий ландшафтно-экологического состояния (ЛЭС) территориально-рекреационной системы (ТРС). Авторы описывают процесс изучения экологически-обусловленных проблем на пути развития территориально-рекреационных систем Казахстана в рамках системной парадигмы. Отмечено, что Казахстан – страна смешанного туристско-рекреационного освоения, поскольку ее пространство не имеет четкого внутреннего доминанта, а характеризуется наличием территорий с развитием разных видов туризма. Территория по степени туристско-рекреационной освоенности подразделяется на хорошо освоенные пригородные зоны, ООПТ, побережья озер, слабо или практически неосвоенную основную часть. Карта эколого-рекреационного районирования Казахстана выполнена в результате расчета в баллах определённых показателей. Оценка функциональных ограничений для развития индустрии отдыха и туризма в каждой административно-территориальной единице Казахстана произведена по равномерной пятибалльной шкале на основе трех ключевых индикаторов. Детальная индикация ландшафтно-экологического состояния была выполнена для Щучинско-Боровской ТРС с использованием ГИС-технологий. Программной платформой создания карт выступила ArcGIS 11 компании ESRI. Были проведены маршрутные исследования. Описаны карты природопользователей и ландшафтно-экологического состояния Щучинско-Боровской ТРС.

Ключевые слова: индикация, ландшафтно-экологическое состояние, территориально-рекреационная система, туризм, ГИС-технологии, Казахстан

Для цитирования: Плохих Р.В., Шакен А.Ш., Мика М. Индикация ландшафтно-экологического состояния территориально-рекреационной системы с использованием ГИС-технологий // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. – Т. 6, № 1, 2020, с. 30-44, DOI: 10.18413/2408-9346-2020-6-1-0-4

UDC 911.3:796.5(658)

R.V. Plokhikh¹
A.Sh. Shaken²
M. Mika³

**Indication of the landscape-ecological state
of the territorial-recreational system with GIS technologies**

^{1,2}Al-Farabi Kazakh National University (Al-Farabi KazNU),
MEB 6, 71 Al-Farabi Ave., Almaty 050040, Kazakhstan
³Jagiellonian University,
30-387, Cracow, Poland

¹e-mail: roman.plokhikh@kaznu.kz

²e-mail: shaken_a@mail.ru

³e-mail: mirosław.mika@uj.edu.pl

Abstract. The article covers the problem of indicating the landscape-ecological state of the territorial-recreational system using the GIS technologies. Regularities for reaction of a complex natural indicator (landscape) and private indicators (its components) to a multi-factorial anthropogenic load are an important direction for determining the conditions of the landscape-ecological state (LES) of the territorial-recreational system (TRS). The authors describe the process of studying the environmentally-related problems in development of Kazakhstan' territorial-recreational systems within the framework of the system paradigm. It is noted that Kazakhstan is a country of mixed tourist-recreational development because its space does not have a clear internal dominant, but is characterized by the presence of territories with development of tourism of different types. According to the degree of tourist-recreational development, the territory is divided into well-developed suburban areas, protected areas, lake coasts, and a poorly or practically undeveloped main part. The map of Kazakhstan' ecological-recreational zoning is developed as a result of calculating the certain indicators in points. The assessment of functional limitations for development of the recreation and tourism industry in each Kazakhstan' administrative-territorial unit was made by use of a uniform five-point scale based on three key indicators. Detailed indication of the landscape-ecological state was performed for Shuchinsk-Borovoe TRS using GIS technologies. The software platform for creating maps was ESRI's ArcGIS 11. Route studies were conducted. The map of nature users and landscape-ecological state of Shuchinsk-Borovoe TRS is described.

Keywords: indication; landscape-ecological state; territorial-recreational system; tourism; GIS technologies; Kazakhstan

For citation: Plokhikh R.V., Shaken A.Sh., Mika M. (2020), Indication of the landscape-ecological state of the territorial-recreational system with GIS technologies. Research Result. Business and Service Technologies, 6(1), 30-44, DOI: 10.18413/2408-9346-2020-6-1-0-4

Введение. Закономерности реакции комплексного естественного индикатора (ландшафта) и частных индикаторов (его компоненты) на многофакторную антропогенную нагрузку – важное направление определения условий ландшафтно-экологического состояния (ЛЭС) территориально-рекреационной системы (ТРС). Успешное решение проблемы повышения экологической безопасности туристско-рекреационного природопользования (ТРП) тесно связано с созданием и развитием системы мониторинга и регулирования антропогенного воздействия на ландшафтную среду. Формирование экологически неблагоприятных очагов на территории Казахстана и ухудшение ситуации в их пределах подтверждают недостаточную эффективность современной системы управления туристско-рекреационным природопользованием и важность разработки альтернативных направлений перехода к экологически безопасному развитию ТРС. Одно из них – ландшафтная индикация. Особенно необходимы индикационные исследования для староосвоенных территорий Казахстана, где в результате длительного антропогенного прессинга нарушена естественная устойчивость геокомплексов, и в них интенсивно развиваются процессы деградации.

Цель исследования – изучить основные возможности и экологически обусловленные проблемы на пути развития территориально-рекреационных систем Республики Казахстан в рамках системной парадигмы и с использованием ГИС-технологий.

Материалы и методы исследования. В качестве источников исходной информации выступили: текстовые, статистические, картографические материалы. Преимущество имели официальные данные государственных ведомств и организаций. В их числе: официальные Интернет-ресурсы Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, Департаментов статистики и Акиматов административно-территориальных единиц и

др. В качестве источников информации использованы государственные стратегические документы. По периодичности преимущественно использована годовая и полугодовая официальная отчетность.

При выполнении научно-прикладных работ использованы общенаучные и специальные методы, учитывающие специфику ТРС как объектов с особыми качественно-количественными характеристиками, процессами функционирования и развития. Из общенаучных методов использованы: описательный, научной абстракции и восхождения от абстрактного к конкретному, сравнительный, аналогий, анализа и синтеза, выдвижения и проверки гипотез, экстраполяции результатов. К категории частных методов относятся: стандартизация количественных показателей, статистический анализ, компьютерные технологии для обработки информации и ГИС-технологии.

Результаты исследования и их обсуждение. Казахстан – страна смешанного туристско-рекреационного освоения, поскольку ее пространство не имеет четкого внутреннего доминанта, а характеризуется наличием территорий, пригодных для развития разных видов туризма. В целом характерно начальное освоение: большое количество туристско-неизвестных территорий и туристско-неразвита организация. Территория по степени туристско-рекреационной освоенности подразделяется на: хорошо освоенные пригородные зоны, ООПТ, побережья озер, слабо или практически неосвоенное основное пространство (Сводный аналитический отчет ..., 2019).

В пределах Казахстана площадь земель ООПТ, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения составляет до 4 652,1 тыс. га, в том числе земель оздоровительного назначения – 3,7 тыс. га, земель рекреационного и историко-культурного назначения – 1031,4 тыс. га. Площадь данных категорий земель увеличилась на 111,3 тыс. га, а ООПТ – на 844,5 тыс. га, в основном

вследствие перевода из земель рекреационного и историко-культурного назначения в Актыбинской области (Будникова, Плохих, 2007; Плохих, Баумтрог, 2008; Плохих, 2009).

Интегральная оценочная шкала ранжирования территории согласно уровню угроз для экологически безопасного разви-

тия ТРС включает следующие категории: минимальный или отсутствует – 1 балл, слабый – 2 балла, умеренный – 3 балла, высокий – 4 балла, очень высокий – 5 баллов. Частные оценки проведены по двум группам критериев: природные факторы и условия, антропогенные факторы и условия (рис. 1).



Рис. 1. Оценка угроз экологически безопасному развитию ТРС
Fig. 1. Assessment of threats to the environmentally safe development of tourist and recreational systems

Карта эколого-рекреационного районирования выполнена в результате расчета в баллах ряда показателей: функциональные ограничения для развития индустрии отдыха и туризма, суммарная оценка природных и антропогенных факторов формирования экологической ситуации, уровень угроз для экологически безопасного функционирования ТРС (рис. 2). Оценка функциональных ограничений для развития индустрии отдыха и туризма в каждой административно-территориальной единице Казахстана произведена по равномерной пятибалльной шкале на основе индикаторов, представленных в таблице 1.

Опыт показывает, что рекреация и туризм – довольно значительные факторы трансформации ландшафтов, причем их значение возрастает экспоненциально, после того как плотность рекреантов на единицу территории превышает порог. Отдыхающие и занимающиеся туризмом люди влияют практически на все компоненты ландшафта, а механизм влияния не представляет особенного, поскольку воздействие отдыхающих, например, на геоморфолитогенную основу аналогично воздействию стада крупного рогатого скота.

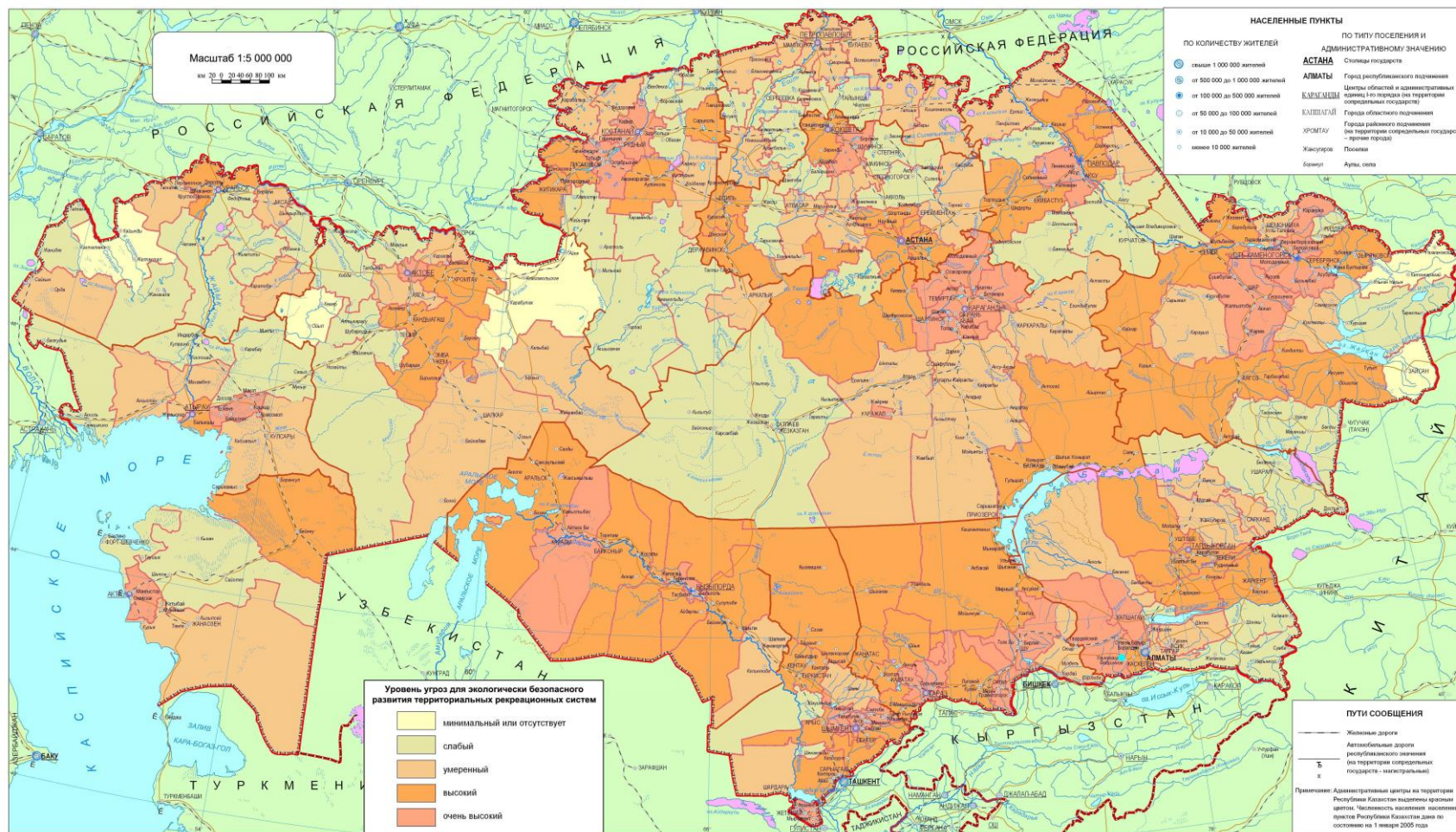


Рис. 2. Карта районирования территории Казахстана по уровню угроз для экологически безопасного развития ТРС с учетом ландшафтно-экологической составляющей

Fig. 2. Zoning map of the territory of Kazakhstan by the level of threats to the environment development of tourist and recreational systems taking into account the landscape and environmental component

Соответственно, рекреационно перегруженные уголья, на первый взгляд, не слишком отличаются от испытывших перевыпас пастбищ (Дончева, Казакова, Калущков, 1992; Herweg, Steiner, 2002). Прокладывание пешеходных троп в пределах речных долин приводит к образованию таких же микротеррас на склонах, как и пастбищный перевыпас, также нагружает пойменные бровки или уступы надпойменных террас, вызывая осыпи и обвалы блоков супесчаного грунта или оползни блоков суглинистого грунта. Распространенный вид нарушения природного рельефа в зонах самодеятельной рекреации – копани. Ямы разных форм и конфигураций отрываются отдыхающими для различных целей: хранения продуктов «в тени», «захоронения отходов», прикапывания палаток и кемпингов, заглубления костров, устройства временных туалетов и др. Дальнейшая судьба их определяется культурой рекреантов (Regier, 1992; Жучкова, Раковская, 1982; Верещака, Добс, 1997).

Воздействие рекреантов и туристов на почвы сказывается в уплотнении верхних корнеобитаемых горизонтов почвы. Лесные ПТК – хороший полигон для изучения стадий рекреационной дегрессии.

Сначала происходит увеличение освещенности под пологом и образование световых окон в древесном пологе, дробление массива тропами и вытоптанymi пятнами-сбоями, уменьшение мощности подстилки вследствие вытаптывания. Нарушается целостность нижнего яруса, внедряются луговые и рудеральные виды, площадь троп возрастает до 30%. В подросте начинают преобладать тонкомерные стволы, а в древостое появляются больные и усыхающие деревья (Изменение природных условий ..., 1984).

Особенно неустойчивы к вытаптыванию боры на поверхности эоловых дюн, поскольку в таких ландшафтах необратимые явления могут начаться при нагрузке 10 человек на 1 га/ч. В лиственных (осиновых, березовых, тополевых) рощах повреждения подстилки и почвы происходят на тропинках и дорогах. Следствие уплотнения – нарушение дренажа, которое вызывает эрозию, затрудняется доступ влаги и воздуха к корням растений и почвенным организмам. На суглинистых грунтах в местах активной рекреационной деятельности уплотнение почвы может вызвать развитие глеевых процессов, что изменяет общий характер ландшафта.

Таблица 1

**Индикаторы оценки функциональных ограничений
развития индустрии отдыха и туризма**

Table 1

**Indicators for evaluating functional limitations
development of the leisure and tourism industry**

Индикаторы	Шкала балльной оценки				
	1	2	3	4	5
Антропогенная нарушенность природных комплексов, % от всей площади	<10	10-30	30-50	50-70	>70
Заселенность, % от всей площади	<10	10-20	20-30	30-40	>40
Условия доступности участков для рекреантов	оптимальные	хорошие	удовлетворительные	плохие	затрудненные

Схожие процессы наблюдаются в луговых рекреационных ландшафтах, в тех

местах, где в течение длительного времени располагаются палаточные лагеря. Наибо-

лее распространенные результаты воздействия рекреации, содействующие эрозии, – сокращение растительного покрова и уплотнение почвы.

Длющаяся годами умеренная рекреация приводит к выборке сухостоя, уничтожению кустарникового яруса, разреживанию подлеска, невозможности возобновления деревьев и кустарников. В результате формируется «просветленный» лес, законсервированный в субклимаксовой стадии, поэтому можно говорить о рекреации как факторе, способном пролонгировать чередование сукцессионных стадий ПТК.

Детальная индикация ландшафтно-экологического состояния территориально-рекреационной системы с использованием ГИС-технологий была выполнена на территории Щучинско-Боровской ТРС и основывалась на использовании суще-

ствующих фондовых материалов, тематических карт, схем и составлении двух новых карт методами геоинформационного картографирования. Материалы тематического картографирования – структурный элемент модели ландшафтно- и экологически сбалансированного туристско-рекреационного природопользования, необходимой для управления территорией в условиях усиливающейся антропогенной нагрузки (Гусева, Дайман, Хотулева, 1998; Берлянт, Востокова, 2003; Колбовский, 2006). Программной платформой создания карт природопользователей и ЛЭС выступила ArcGIS 11, разработанная компанией ESRI. Рисунок 3 показывает, что космические снимки (КС) – полезный и важный источник информации при исследовании свойств геокомплексов.

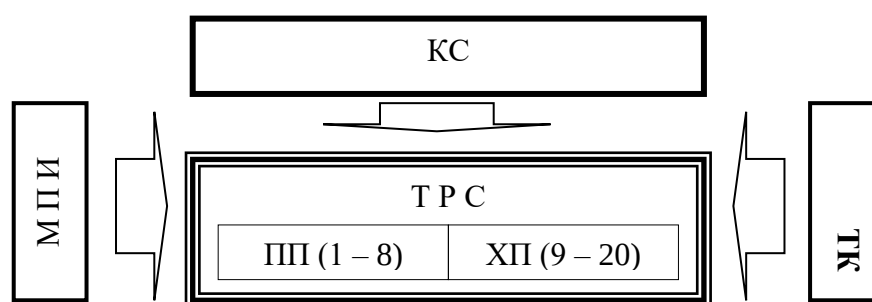


Рис. 3. Информационное обеспечение исследований в ТРС

Fig. 3. Information support of research in tourist and recreational systems

Обозначения: ПП – природная подсистема (1 – геология, 2 – геоморфология и цифровая модель поверхности, 3 – климат и метеорология, 4 – гидрография и гидрология; 5 – почвы; 6 – геоботаника; 7 – лесной фонд; 8 – ландшафты); ХП – хозяйственная подсистема (9 – административно-территориальное деление; 10 – землепользование и землепользователи; 11 – инфраструктура; 12 – гидротехнические сооружения и ирригационные системы; 13 – кормовые угодья и их экологическое состояние; 14 – земли по активности хозяйственной деятельности; 15 – загрязнение почвенного покрова; 16 – засоление почв; 17 – радиационный фон; 18 – размещение отходов; 19 – источники химического загрязнения; 20 – специальные рекреационно-туристские информация и карты); ТК – топографические карты разных лет издания; КС – космические снимки; МПИ – материалы полевых исследований.

С позиции системного подхода ТРС рассматривается как целостность, состоящая из хозяйственных объектов, природных и природно-антропогенных ландшафтов, обладающих определенным природ-

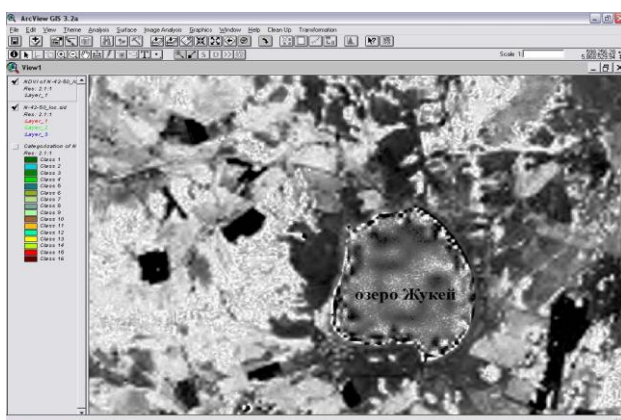
ным потенциалом, экологической устойчивостью и специфическими механизмами функционирования. При применении КС в картографировании важна их разрешающая способность, которая определяет сте-

пень отображения узловой территориальной единицы – вида ландшафта, ландшафта, сочетания урочищ, урочища, фации. В.Б. Сочава отметил, что отдельные урочища или фации не дают полного представления о ландшафтной среде и не могут рассматриваться как основные таксономические единицы ландшафтной иерархии, поэтому применение космоснимков сантиметрового разрешения не всегда целесообразно (Сочава, 1978).

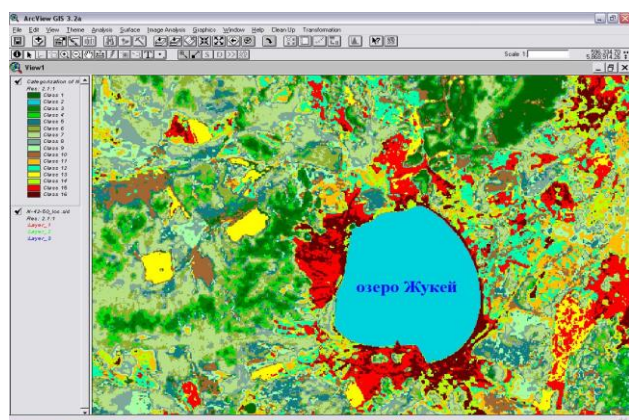
На КС обнаружимы природные рубежи: границы геологических структур, литологических разностей коренных и четвертичных отложений, орографических ступеней, форм рельефа, почв и растительных сообществ и др. Наиболее четкие границы связаны с геолого-геоморфологическими факторами, особенно когда выходы разных по петрографическому составу толщ образуют в рельефе четкие уступы. Индикация с применением

КС осуществлена в три этапа: предполетной, полетной, камеральной.

Анализ и оценка состояния растительного компонента геокомплексов геоинформационными методами обработки КС основаны на анализе спектральной отражательной способности. При классификации растительного покрова пиксели изображения образуют элементарную территориальную единицу (ЭТЕ) с фиксированными размерами (для Landsat – 30x30 м) (рис. 4а). Цель классификации – сгруппировать элементы классификации (пиксели или ЭТЕ) в группы (классы), чтобы различия дешифровочных признаков между группами были больше, чем различия внутри групп (рис. 4б). Надежность классификации, определяемая с помощью дискриминантного анализа, снижается с каждым уровнем. На четвертом уровне (16 классов) результат классификации может быть признан достоверным почти на 94 %.



а



б

**Рис. 4. Фрагменты цифрового космоснимка:
а – консистентная структура комплексной цифровой матрицы;
б – фрагмент космоснимка («supervised classification»)**

**Fig. 4. Fragments of a digital satellite image:
a-consistency structure of a complex digital matrix
b – fragment of a satellite image ("supervised classification")**

Для анализа и оценки растительного компонента геокомплексов используют методы линейных комбинаций спектральных каналов или вегетационные индексы.

Метод вегетационных индексов дает количественную оценку проективного покрытия растительности. Определение фитомассы основывается на использовании ко-

эффициента простого зонального отношения или вегетационного индекса, рассчитываемого делением коэффициента яркости в ближней части ИК-спектра на коэффициент яркости в красной части ИК-спектра. Полезен NDVI, в котором разность зональных коэффициентов яркости нормализуется к их сумме (Жири́н, 1998). NDVI усиливает контраст зеленой растительности с другими объектами покрытия, например, почвами и сухой растительностью.

При предварительной классификации геокомплексов анализировались морфометрические величины распределения геофизических полей, характеризующие элементарные ландшафтные единицы. Важны три рода параметров, отражающих классификацию поверхности по: распределению тепла и солнечной радиации, гидрологическому стоку и заболачиванию, ландшафтно-геохимическим механизмам переноса вещества. В качестве критериев распределения геофизических полей выступили морфометрические величины: уклоны поверхности, абсолютная высота, горизонтальная и вертикальная кривизна, площадь водосбора, величина радиационного баланса и ориентация склонов. В результате классификации рельефа выделяются элементарные геокомплексы, появление которых обусловлено действием основных средоформирующих факторов.

Маршрутные исследования включали: наблюдения, измерения, описания, засечку координат по GPS, фотографирование. Полезный вспомогательный материал – предварительно классифицированный КС. Такие процессы функционирования геокомплексов, как влагооборот, биологический круговорот веществ, почвообразование, продуцирование биомассы, определяются тепло- и влагообеспеченностью ПТК или поступлением солнечной энергии и активной влаги. Различают несколько видов ландшафтной динамики в ТРС: функциональная, развития, эволюции, локальных катастроф, восстановительных сукцессий, антропогенная.

Влагооборот – важный механизм взаимодействия между компонентами и самими геокомплексами. Другое звено – минеральный обмен или геохимический круговорот. Интенсивность влагооборота в геокомплексах ТРС и его структура специфичны и зависят, прежде всего, от энергообеспеченности и количества осадков, подчиняясь зональным и азональным закономерностям. Количество влаги определяет степень гидроморфности геокомплексов. Признаки повышенной влагообеспеченности для геокомплексов – наличие озер; плоскоравнинный недренированный рельеф с депрессионными формами; наличие влаголюбивой растительности; сложная структура почвенного покрова с преобладанием фоновых гидроморфных почв; нарастание гидроморфизма от периферии междуречных пространств к их центру; застой воды в западинах и повышенная влажность почв на межзападинных пространствах; неглубокое залегание уровня грунтовых вод и наличие водоупора на небольшой глубине; пятнистость посевов, связанная с их вымоканием; болотистость местности.

Биогенный оборот веществ (биогеохимический цикл или малый биокруговорот) – одно из главных звеньев функционирования геокомплексов. Важнейший показатель – запас фитомассы и величина годичной первичной продукции, а также количество спада и аккумулируемого мертвого органического вещества. Запасы фитомассы увеличиваются в ландшафтах следующим образом: долинные ПТК → лесные ПТК аккумулятивных равнин → лесные ПТК мелкосопочника и низкогорий → ПТК делювиально-пролювиальных равнин → ПТК денудационных равнин. Некоторые элементы, имеющие природное и антропогенное происхождение, способны влиять на создание первичной биопродукции.

Энергетика ландшафта – поглощение, преобразование, накопление и высвобождение энергии – сопровождает

его функционирование. Вертикальные связи в геокомплексах и многие горизонтальные прямо или косвенно связаны с трансформацией солнечной энергии. Преобразование приходящей солнечной радиации начинается с ее поглощения, хотя некоторая часть и отражается от земной поверхности. Потери радиации на отражение изменяются в зависимости от характера поверхности. Преобразование энергии – важный показатель интенсивности функционирования и связанной с ней устойчивости геокомплексов. Годичный цикл их функционирования подчинен цикличности поступления солнечной энергии. Цикличность процессов функционирования сопровождается изменениями вертикальной структуры. Для геокомплексов умеренного пояса различают летний и зимний варианты этой структуры. Летний, ассимилирующий зеленый покров со сложной системой горизонтов (древесный полог, подлесок, травяной ярус и др.) зимой полностью или частично деградирует, но в этот сезон появляются снежный покров и мерзлый почвенный слой.

Карта природопользователей Щучинско-Боровской ТРС. Территория исследований достаточно велика, поэтому в распределении природных ресурсов и антропогенных нагрузок ключевую роль играет пространственный аспект. Окружающая среда курортной зоны не что иное, как пространственное распределение разных явлений и объектов, поэтому ГИС – наиболее подходящий вид информационных систем, обеспечивающих эффективное управление природопользованием и природоохранной деятельностью. Разработка, внедрение и сопровождение модели ЛЭС территории предусматривает создание подсистемы ГИС «Природопользователь», конечным продуктом которой выступает составленная с использованием схемы землепользования «Карта природопользователей». Подсистема «Природопользователь» пред-

назначена для улучшения управления и эффективности бизнес-процессов на территории в условиях усиливающейся антропогенной нагрузки.

Назначение карты природопользователей – поддержка процедуры учета всех природоиспользующих, ресурсоохраняющих и ресурсовосстанавливающих субъектов, размещенных в ее пределах. На карте показаны следующие категории природопользователей: акционерные общества и товарищества с ограниченной ответственностью (АО и ТОО), земли сельских и поселковых округов (с/о и п/о), крестьянские хозяйства частных лиц (КХЧЛ), земли сельских населенных пунктов, земли природного парка «Бурабай», санаторно-курортные и прочие объекты. В табличной легенде приведены санаторно-курортные объекты и прочие природопользователи. Тематические слои карты – граница региона, границы природопользований, реки, озера, населенные пункты, дороги и др. По каждому объекту природопользования доступны следующие данные (атрибуты): порядковый номер субъекта природопользования; субъект природопользования; полное наименование субъекта природопользования; класс субъекта природопользования; геоданные субъекта природопользования; краткое примечание. Карта – необходимый инструмент для принятия управленческих решений. Поскольку в большинстве случаев руководители и менеджеры не являются специалистами в естественно-научных дисциплинах, для них наглядное и эффективное представление информации – важная функция системы поддержки принятия решений и ситуационных действий. Возможности при работе с картой: система позволяет удаленно работать с экземпляром проекта; на сервере формируются и предоставляются пользователю проекты-шаблоны, которые можно менять и сохранять измененные копии для следующих сеансов работы; пользователь может управлять пространственными данными, добавлять на сервер новые, фильтровать и искать информацию на

основе географического положения и по атрибутивным данным, экспортировать данные к себе в компьютер, переключаться между проектами; с учетом базовых возможностей ArcMap, система пригодна для расширения и реализации нужных инструментов; система располагает удобным, полнофункциональным пользовательским интерфейсом.

Карта ландшафтно-экологического состояния Щучинско-Боровской ТРС. Работы предусматривали проведение комплексного изучения обстановки, включая нарушения компонентов ландшафтной среды. В число общих требований вошла оценка состояния компонентов на текущий период. На ста-

дии сбора и анализа данных о природных условиях территории и техногенной нагрузке анализировались фондовые материалы геологических, инженерно-геологических, гидрогеологических, климатических, ландшафтных, почвенных, геоботанических, зоогеографических и геоэкологических исследований, включая имеющиеся тематические карты. Их обработка позволила сформировать цельное представление об ЛЭС территории и ее особенностях. Перечень характеристик, определенных на основе существующих материалов, включал параметры экологического состояния компонентов ландшафтной среды и составляющих антропогенного воздействия (таблица 2).

Таблица 2

**Составляющие анализа современного ландшафтно-экологического состояния
Щучинско-Боровской ТРС**

Table 2

**Components of the analysis of the current landscape and ecological state
of the Shchuchinsk-Borovskaya TRS**

Класс индикационных параметров	Группа индикационных параметров	Индикационный параметр
Экологическое состояние ком- понентов ланд- шафтной среды	качество водных объ- ектов	качество поверхностных вод, в т.ч. минерализация в г/л
		критические показатели загрязненности подземных вод по разным компонентам
	качество почвенного покрова	преобладающие почвы, наименование
		средний балл бонитета пашни, баллы
		уровень засоленности почв, %
		наличие природных геохимических аномалий
	качество растительно- го покрова	площадь лесов и лесопосадок, %
		площадь травянистой растительности, %
		площадь кустарниковой растительности, %
	радиоэкологическая ситуация	радиационный фон, мкР/ч
Составляющие антропогенного воздействия	селитебная нагрузка	численность населения, человек
		количество поселков, единиц
		площадь земель населенных пунктов от общей, %
	транспортная нагруз- ка	густота автодорог, км на км ²
		интенсивность движения, баллы
	сельскохозяйственная нагрузка	площадь пашни, % от общей
		площадь пастбищ, % от общей
		нагрузка скота, голов на га

	промышленная нагрузка	количество перерабатывающих сельскохозяйственную продукцию цехов, единиц
		количество хозяйствующих субъектов, единиц
		наличие предприятий местной промышленности, баллы
	рекреационная нагрузка	площадь земель зоны заказного режима, % от общей
		количество объектов природно-заповедного фонда (природных ресурсов и памятников)
		санатории и дома отдыха
		стоянки автомашин и кемпинги
		прочие, в т.ч. проектируемые объекты инфраструктуры ООПТ

На основе опубликованных и фондовых материалов и карт по каждому из анализируемых компонентов выявлялся характер и особенности их влияния на экологию

гическое состояние территории. Анализ существующих материалов был дополнен данными с дешифрированного космического снимка (рис. 5).

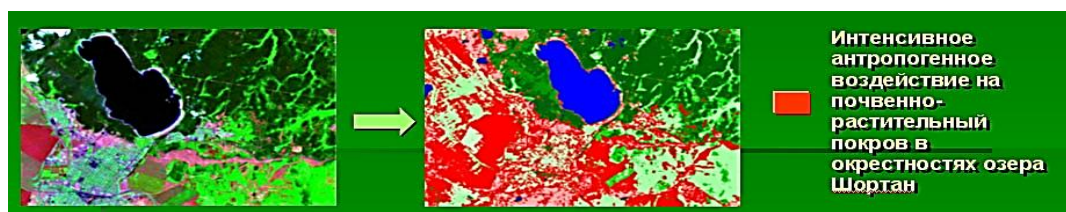


Рис. 5. Пример растровой картографии (supervised classification)
Fig. 5. Example of raster mapping (supervised classification)

При этом решались следующие задачи: привязка снимка к топографическим картам, а также существующим тематическим схемам и картам; выявление техногенных объектов и инфраструктуры, влияющих на состояние природной среды (промышленных объектов, транспортных магистралей, трубопроводов, карьеров и др.); выявление ареалов развития опасных природно-техногенных процессов и явлений; предварительная оценка негативных последствий прямого антропогенного воздействия (ареалов загрязнения, гарей, вырубок, изъятия земель и других нарушений растительного и почвенного покрова); планирование наземных работ, включая размещение ключевых участков и контрольно-уязвочных маршрутов. На основе результатов анализа фондовых и опубликованных материалов, предварительного

дешифрирования космического снимка составлена предварительная карта с оценочной шкалой. На ней показан характер использования земель, расположение существующих источников техногенных воздействий и проектируемых объектов, санитарно-защитных и водоохраных зон, функциональных зон ООПТ, места проявления экологически неблагоприятных для природной среды процессов. При отсутствии необходимых исходных данных выполнялись дополнительные исследования с детальностью, отвечающей требуемому масштабу.

Исследование растительного и почвенного покрова осуществлялось в трех аспектах: в качестве индикатора природных условий и их изменения под влиянием антропогенного воздействия (глубины залегания уровня грунтовых вод, подтопле-

ния, осушения, деградации); как биотического компонента природной среды, играющего решающую роль в структурно-функциональной организации экосистем и определении их границ; как индикатора уровня антропогенной нагрузки на природную среду (вырубки, гари, перевыпас скота, механическое нарушение, повреждение техногенными выбросами, изменение видового состава, уменьшение проективного покрытия, продуктивности).

Результатом проведенных работ стал перевод составляющих анализа современного экологического состояния территории в единую систему измерения – балльная оценка. Территория была разбита на 156 опорных квадратов, для каждого из которых определен интегральный показатель экологического состояния. Экстраполяция пространственной информации выполнялась в программном обеспечении Golden Software Surfer. При расчете поверхности и ее изображения была задана граница территории произвольной конфигурации. Полученная карта изолиний экспортировалась в ArcGIS и была совмещена со слоями: границы, инфраструктура, реки, озера, населенные пункты, вершины и др. Это позволило создать единый синтетический картографический продукт. Элементом прогноза стала вероятность неблагоприятных изменений ЛЭС территории, измеряемая в процентах трансформации ландшафтной среды относительно исходного состояния.

Заключение. Проведенные авторами исследования позволили изучить основные возможности и экологически-обусловленные проблемы на пути развития территориально-рекреационных систем Республики Казахстан в рамках системной парадигмы и с использованием ГИС-технологий. Были получены следующие результаты:

установлено, что Казахстан как страна смешанного туристско-рекреационного освоения не имеет четкого внутреннего доминанта, поскольку характеризуется наличием территорий, пригодных для развития разных видов туризма; в целом ха-

рактерно начальное туристско-рекреационное освоение территории страны;

выполнены оценка и картографирование территории Казахстана согласно уровню угроз для экологически безопасного развития ТРС; карта эколого-рекреационного районирования выполнена в результате расчета в баллах для ряда показателей: функциональные ограничения для развития индустрии отдыха и туризма, суммарная оценка природных и антропогенных факторов формирования экологической ситуации, уровень угроз для экологически безопасного функционирования ТРС;

выявлены ключевые характеристики воздействия рекреантов и туристов на геокомплексы ТРС;

выполнена детальная индикация ландшафтно-экологического состояния с использованием ГИС-технологий на примере Щучинско-Боровской ТРС; программной платформой создания карт природопользователей и ландшафтно-экологического состояния территории выступила ArcGIS 11 компании ESRI;

охарактеризованы преимущества использования индикационного подхода и ГИС-технологий для исследования ландшафтно-экологического состояния территориально-рекреационных систем Казахстана.

Информация о конфликте интересов: авторы не имеют конфликта интересов.

Conflicts of Interest: the authors have no conflict of interests to declare.

Список литературы

Берлянт А.М., Востокова А.В., Кравцова В.И., Лурье И.К., Сваткова Т.Г., Серапинас Б.Б. Картоведение. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 477 с.

Будникова Т.И., Плохих Р.В. Ландшафтно-экологические исследования в Щучинско-Боровской курортной зоне // Современное состояние лесного хозяйства и озеленения в Республике Казахстан: проблемы, пути их реше-

ния и перспективы: матер. междунар. науч.-практ. конф., 23-24 августа 2007 г. – Щучинск, 2007. – С. 124-127.

Верещака Т.В., Добс А.Р. Методика комплексной картографической оценки экологического состояния территории по интегральным показателям // Геодезия и картография. – 1997. – № 4. – С. 39-43.

Гусева Т.В., Дайман С.Ю., Хотулева М.В. и др. Экологическая информация и принципы работы с ней / под ред. В.Н. Виниченко. – М.: Эколайн, 1998. – 225 с.

Дончева А.В., Казакова Л.К., Калущков В.Н. Ландшафтная индикация загрязнения природной среды. – М.: Экология, 1992. – 256 с.

Жирин В.М. Приближенная оценка фитомассы лесного (растительного) покрова с использованием значений вегетационного индекса // Аэро-космические методы и геоинформационные системы в лесоведении и лесном хозяйстве. – М.: ЦЭПЛ РАН, 1998. – С. 119–122.

Жучкова В.К., Раковская Э.М. Природная среда – методы исследования. – М.: Мысль, 1982. – 163 с.

Изменение природных условий под влиянием деятельности человека. – Новосибирск: Наука Сиб. отд., 1984. – 119 с.

Колбовский Е.Ю. Ландшафтоведение. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 480 с.

Плохих Р.В. Анализ фондовых материалов по флористическим и растительным ресурсам Щучинско-Боровской курортной зоны // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: матер. междунар. науч.-практ. конф. и X зоологической конф., 18-20 ноября 2009 г. – Минск, 2009. – Ч. 1. – С. 205-208.

Плохих Р.В., Баумтрог В.В. Геоинформационное картографирование для целей создания прогностической модели экологического состояния Щучинско-Боровской курортной зоны // Географические проблемы устойчивого развития: теория и практика: матер. междунар. науч.-практ. конф., 27-29 августа 2008 г. – Алматы, 2008. – С. 809-820.

Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2018 год. – Астана: Агентство РК по управлению земельными ресурсами, 2019. – 179 с.

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

Herweg K., Steiner K. Instruments for Use in Rural Development Projects with a Focus on Sustainable Land Management. – Switzerland & Germany: CDE & GTZ, 2002. – 60 p.

Regier H.A. Indicators of Ecosystem Integrity // Proceedings of the International Symposium on Ecological Indicators (October 16-19, 1990). – Ft. Lauderdale, Florida. London and New York, Elsevier. – 1992. – 2 Vol. – Pp. 183-200.

References

Berlyant, A. M., Vostokova, A. V., Kravtsova, V. I., Lourie, I. K., Svatkova, T. G., Serapinas, B. B. (2003), *Kartofelina*, Moscow, Aspect Press, 477 p.

Budnikova, T. I., Plokhikh, R. V. (2007), "Landscape and ecological research in the Shchuchinsk-Borovskaya resort zone", *Modern state of forestry and landscaping in the Republic of Kazakhstan: problems, ways of their solution and prospects mater. international. science-practice. conf.*, August 23-24, Shchuchinsk, pp. 124-127.

Changes in natural conditions under the influence of human activity (1984), Novosibirsk, Science Siberian branch, 119 p.

Doncheva, A.V., Kazakova, L. K., Kalutskov, V. N. (1992) *Landscape indication of environmental pollution*, Moscow, Ecology, 256 p.

Guseva, T. V., Daiman, S. Yu., Khotuleva, M. V. and others (1998), *Ecological information and principles of work with it*, under the editorship of V. N. Vinichenko, Moscow, Ecoline, 225 p.

Herweg, K., Steiner, K. (2002), *Instruments for Use in Rural Development Projects with a Focus on Sustainable Land Management*, Switzerland & Germany, CDE & GTZ, 60 p.

Kolbowski, E. Y. (2006), *Landscape Studies*, Moscow, Publishing center Academy, 2006, 480 p.

Plokhikh, R. V. (2009), "Analysis of stock materials on floral and plant resources of the Shchuchinsk-Borovskoy resort zone", *Problems of conservation of biological diversity and use of biological resources*, mater. international. science-practice. conf. and X zoological conf., November 18-20 2009, Minsk, 1, pp. 205-208.

Plokhikh, R. V., Baumtrog, V. V. (2008), "Geoinformation mapping for the purpose of creating a predictive model of the ecological state of

the Shchuchinsk-Borovskaya resort zone", *Geographical problems of sustainable development theory and practice*, mater. intl. science-practice. conf., August 27-29 2008, Almaty, pp. 809-820.

Regier, H.A. (1992), "Indicators of Ecosystem Integrity" *Proceedings of the International Symposium on Ecological Indicators*, October 16-19, 1990, Ft. Lauderdale, Florida, London and New York, Elsevier, 2, pp. 183-200.

Sochava, V. B. (1978), *Introduction to the doctrine of geosystems*, Novosibirsk, Nauka, 318 p.

Summary analytical report on the state and use of land in the Republic of Kazakhstan for 2018 (2019), Astana, Agency of the Republic of Kazakhstan for land management, 179 p.

Vereshchaka, T. V., Dobs, A. R. (1997), "Methods of complex cartographic assessment of the ecological state of the territory by integral indicators", *Geodesy and cartography*, 4, pp. 39-43.

Zhirin, V. M. (1998), "Approximate estimation of phytomass of forest (vegetation) cover using the values of the vegetation index", *Aerospace methods and geoinformation systems in forest science and forestry*, Moscow, CEPL RAS, pp. 119-122.

Zhuchkova, V. K., Rakovskaya, E. M. (1982), *The natural environment – methods of study*, Moscow, Thought, pp.163.

Данные об авторах

Плохих Роман Вячеславович, д.э.н., ассоциированный профессор, профессор кафедры рекреационной географии и туризма факультета географии и природопользования

Шакен Айман Шакеновна, докторат PhD кафедры рекреационной географии и туризма факультета географии и природопользования

Мика Мирослав профессор, руководитель кафедры туризма и курортологии Института географии и территориального управления

Information about the authors

Roman Plokhikh, Doctor of Sciences in Geography, Associate Professor, Professor of the Department of Recreation Geography and Tourism, Faculty of Geography and Environmental Sciences

Ayman Shaken, PhD Student, Department of Recreation Geography and Tourism, Faculty of Geography and Environmental Sciences

Miroslav Mika, Professor, Head of the Department of Tourism and Health Resort Management, Institute of Geography and Territorial Management