

УДК 629.782.519.711

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ НА ОСНОВЕ ЗАПОВЕДНИКОВ (ОПЫТ ЦЕНТРАЛЬНО-ЛЕСНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА)

© 2011 А.С. Желтухин¹, И.П. Котлов¹, А.С. Кренке², Ю.Г. Пузаченко²,
Р.Б. Сандлерский²

¹ Центрально-лесной государственный природный биосферный заповедник

² Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва

Поступила в редакцию 07.05.2011

Рассматриваются подходы к анализу ресурсного потенциала территории с позиций экологической экономики, в частности, пути вовлечения особо охраняемых природных территорий в систему регионального мониторинга и информационного обеспечения. Предложена методика использования многочисленных общедоступных дистанционных данных о состоянии ландшафтного покрова наряду с технологиями их математической обработки и методов сбора полевых данных. Технология разработана для Нечерноземной зоны России.

Ключевые слова: экологическая экономика, устойчивое развитие, биологические ресурсы, мультиспектральная дистанционная информация, статистические методы интерполяции

Под устойчивым развитием в большинстве редакций имеется в виду растущее увеличение благосостояния населения на основе неистощимого использования природного, производственного, человеческого и социального капиталов. Материальной основой развития является природный капитал. Природный капитал обычно подразделяется на невозобновимый (ископаемое сырье) и возобновимый: живое вещество, газовый состав атмосферы, пресная вода. Это деление условно, так как большинство полезных ископаемых возобновимы на очень большом интервале времени. Теоретические и методологические основания устойчивого развития разрабатываются в рамках экологической экономики [16]. В соответствии с экономическим языком в ее рамках было сформулировано понятие: экосистемные услуги – «продукты функционирования экосистем на различных иерархических уровнях организации биосферы, прямо или опосредованно

определяющие возможность жизни и благосостояния человека». Множество экосистемных услуг в процессе социально-экономического развития может расширяться как в регионе, так и в целом для человечества. Экологические услуги, определяемые биологической продуктивностью живого вещества и конкретных видовых популяций, являются областью биоэкономики. В рамках биоэкономики одновременно рассматриваются параметры, определяющие динамику используемых популяций и рынка. На этой основе устанавливаются соотношения спроса на продукцию, допустимые нормы изъятия, уровень занятости в отрасли во взаимосвязи со средствами производства, учетная ставка, допустимый уровень налогообложения, нормы и пути управления этими параметрами. Биоэкономические методы в настоящее время наиболее широко применяются в рыболовстве, лесном и охотничьем хозяйстве [24], но они применимы и для управления другими биологическими ресурсами, включая такой ресурс, как сфагновые мхи и их производную – торф.

Для большинства регионов лесной зоны России, возможности интенсивного товарного сельского хозяйства крайне ограничены. Это определяется неблагоприятным климатом, тяжелыми почвообразующими породами, моренным рельефом, создающим большую мозаичность земель, пригодных для пашни и животноводства. Скорее всего, эти земли образуют

Желтухин Анатолий Семенович, кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе. E-mail: azheltukhin@mail.ru

Котлов Иван Павлович, младший научный сотрудник. E-mail: natura21@yandex.ru

Кренке Александр Николаевич, инженер. E-mail: krenke-igras@yandex.ru

Пузаченко Юрий Георгиевич, доктор географических наук, главный научный сотрудник. E-mail: jpruzak@mail.ru

Сандлерский Роберт Борисович, младший научный сотрудник. E-mail: srobert_landy@mail.ru

основу для рекреационной экосистемной услуги в форме экологических ферм с производством чистой экологической продукции. Основным же источником роста благосостояния являются биологические ресурсы, связанные с лесом: древесина и ее производные, охотничьи ресурсы, дикоросы, пчеловодство, лекарственные растения. Безусловный вклад в экономику будут вносить и экосистемные услуги, связанные с различными формами туризма. Очевидно, что социально-экономический анализ потенциала устойчивого развития, устанавливающего соотношения между ресурсным потенциалом, численностью населения, производственными фондами, инфраструктурой, подушным доходом, учетной ставкой и налогами возможен, если известна первая материальная составляющая и ее пространственное варьирование. Формально учет важнейших ресурсов древесины и охотничье-промысловых животных организован в рамках лесотаксации и охоттаксации. Однако традиционные технологии, положенные в их основе и обеспечивающие более или менее приемлемые оценки, в первую очередь в результате острого дефицита дешевой рабочей силы, в настоящее время практически не реализуемы, а их экономически приемлемые дериваты дают весьма слабые результаты. Современные технологии и, в первую очередь, мультиспектральная дистанционная информация позволяют существенно улучшить качество оценки состояния любых биологических ресурсов и любых экосистемных услуг [2, 5, 11, 15, 16]. Данные дистанционного зондирования содержат прямую информацию о состоянии физических параметров многих экосистемных услуг, создают основу для интерполяции полевых измерений любого вида ресурсов и услуг. Основным условием оценки пространственного варьирования их значений являются качественные измерения в природе, репрезентативно отражающие все разнообразие их состояний. Территории заповедников и их хозяйственно освоенные охранные зоны являются наилучшей основой для получения этой информации. Опираясь на территорию заповедника, можно получить информацию об объекте учета, как для его состояний, близких к естественному, так и находящихся под хозяйственным воздействием. В последующем мониторинг их состояния может автоматически использоваться для решения задач оперативного управления [9, 14, 23].

Основная дистанционная информация. Для оценки состояния экосистемных услуг наиболее приемлема среднемасштабная мультиспектральная дистанционная информация с разрешением около 30 м на местности, с

охватом в рамках одной сцены достаточно большой территории и включающая дальние инфракрасные части спектра, хорошо индицирующие содержание влаги в экосистеме. Работа с информацией с большим разрешением просто бессмысленна, так как в этом варианте за деревьями в прямом смысле не видно леса. В настоящее время этим требованиям в наибольшей степени отвечает информация, получаемая со спутника Landsat [12, 25]. Важной основой для интерполяции является цифровая модель рельефа. Она может быть получена на основе радиолокации из космоса SRTM [26]. Для территории России эта информация в прямом доступе представлена с разрешением в 100 м на местности (для США – 30 м). Этой информации вполне достаточно для решения практических задач. Оцифровка топографических карт масштаба 1:25 000 – 1:10 000, с последующим переводом их в растровый формат дает, конечно, лучшие результаты, однако требует значительных трудовых затрат. Обратим внимание на тот факт, что оцифровка, выполняемая на картографических предприятиях, всегда требует тщательной коррекции и редакции.

Для того чтобы эффективно планировать полевые работы, целесообразно осуществить классификацию дистанционного изображения, раскрывающую разнообразие ландшафтного покрова. Наиболее целесообразно использовать дихотомическую классификацию методом К-средних [22]. Такая классификация на каждом уровне потенциально увеличивает разнообразие ландшафтного покрова на 1 бит и легко позволяет идентифицировать основные его типы: лес, вода, болота, сельскохозяйственные земли и более детально: леса: хвойные – лиственные, старые – молодые, сельскохозяйственные земли: закустаренные и луговые, заросшие и распаханые. На рис. 1а приведена классификация, выполненная по спутнику Landsat для территории заповедника и его охранных зон для восьмого уровня с выделением 256 классов. Далее для классификации на восьмом уровне, используя меру Шеннона (рис. 1б), можно оценить пространственное варьирование ландшафтного разнообразия для скользящего квадрата со стороной 5 или 7 пикселей [22], а на основе индекса уникальности (рис. 1в)

$$U = -\sum_{i=1}^k \log(p_i)$$

где $p_i = n_i/N$, n_i – число элементов класса i в квадрате с числом пикселей k , N – общее число пикселей на рассматриваемой территории, выделите наиболее типичные и уникальные сочетания вариантов ландшафтного покрова.

Мера разнообразия хорошо отражает элементы структурной организации территории: максимальным значениям (светлый тон) соответствуют области границ между классами и территории с мозаичным ландшафтным покровом, минимальным (темный тон) – наиболее однородные территории. Мера уникальности позволяет выделить территории с относительно редкими состояниями, описание которых необходимо для охвата всего разнообразия состояний. В данном случае они связаны в первую очередь с болотами, бывшими сельскохозяйственными землями и долинами рек.

На основе рангового распределения частоты типов ландшафтного покрова для седьмого уровня классификации можно рассчитать число описаний (L_i), которое нужно осуществить в каждом типе, используя соотношение

$$L_i = w \log_2 m_i$$

где m_i – частота класса i во всей выборке, w – класс точности.

Анализ качества воспроизведения состояния экосистемных услуг на основе 1300 полевых описаний показал, что приемлемый уровень точности достигается при 200-300 описаниях для площади около 50 тыс. га (рис. 2). Для территории заповедника на седьмом уровне классификации (128 классов растительного покрова) подбираем коэффициент класса точности w таким образом, чтобы на наиболее распространенный класс приходилось по 2 полевых описания (но не менее одного описания для редких классов). Суммируя по 128 классам, получаем 201 точку – минимальная выборка, обеспечивающая учет как характерных, так и уникальных классов растительного покрова, на основе которой планируется оптимальная схема полевых маршрутов.

Поддерживающие услуги экосистемы в значительной степени определяются рельефом территории. Цифровая модель рельефа позволяет измерить в каждой точке поверхности морфометрические параметры, отражающие поле перераспределения тепла и влаги [8]. Целесообразно оценивать эти параметры с учетом иерархической структуры территории [6], отражая тем самым различные режимы увлажнения. С помощью спектрального анализа рельефа [4] выделяются соподчиненные пространственные уровни с известными линейными размерами на местности – микро-, мезо- и макрорельеф. Иерархические уровни отражают действие соответствующих генетических процессов, в т.ч. ледниковых и эрозийных (рис. 3). Для каждого уровня в каждой точке поверхности измеряются морфометрические параметры (рис. 4) – сравнительная освещенность при заданных высоте и азимуте

солнца, уклоны, лапласиан (степень выпуклости-вогнутости), кривизны горизонтальная, плановая и продольная [19]. Спектральные каналы снимка вместе с высотами рельефа, иерархических уровней и морфометрическими величинами объединяются в виде слоев в растровую пространственную сетку данных (грид) и используются для интерполяции полевых данных.

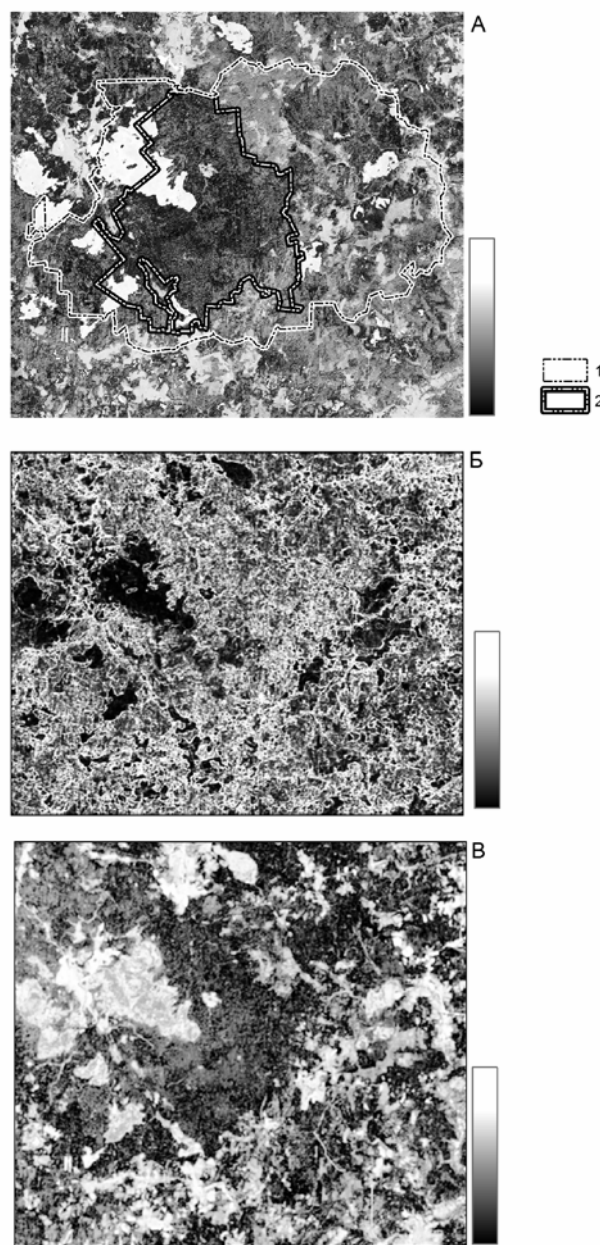


Рис. 1. Обработка дистанционной информации со сканера Landsat:

1 – граница буферной зоны заповедника, 2 – граница ядра, А. Классификация сцен Landsat 5 августа 2007 и Landsat 5 сентября 2000, Светлый тон – верховые сфагновые болота, темный – влажные хвойные леса и вода, Б. Мера разнообразия Шеннона, скользящий квадрат 7 пикселей. Светлый тон – высокое разнообразие, темный тон – низкое, В. Индекс уникальности, скользящий квадрат 7 пикселей. Светлый тон – высокий индекс, темный тон – низкий индекс

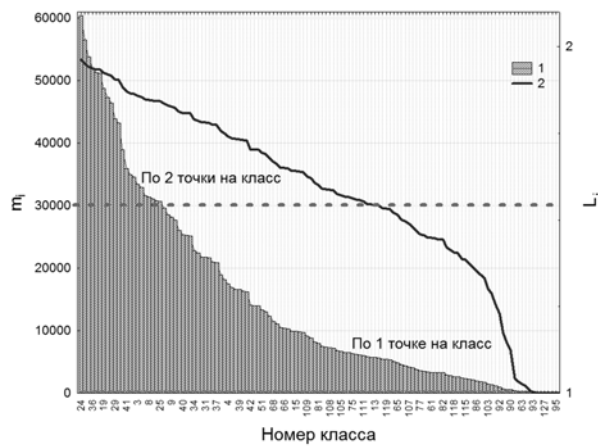


Рис. 2. Расчет числа необходимых полевых от частоты встречаемости класса $L = 0,178 \times \log(m_i)$: 1 – частота встречаемости класса, 2 – число полевых описаний

Оценив приемлемый объем выборки и, используя карты типов ландшафтного покрова, разнообразия и уникальности можно оптимизировать размещение точек описания по территории, обеспечив максимально полный охват разнообразия типов ландшафтного покрова при минимальных затратах труда. Эта схема приемлема для оценки любых услуг, связанных с растительностью.

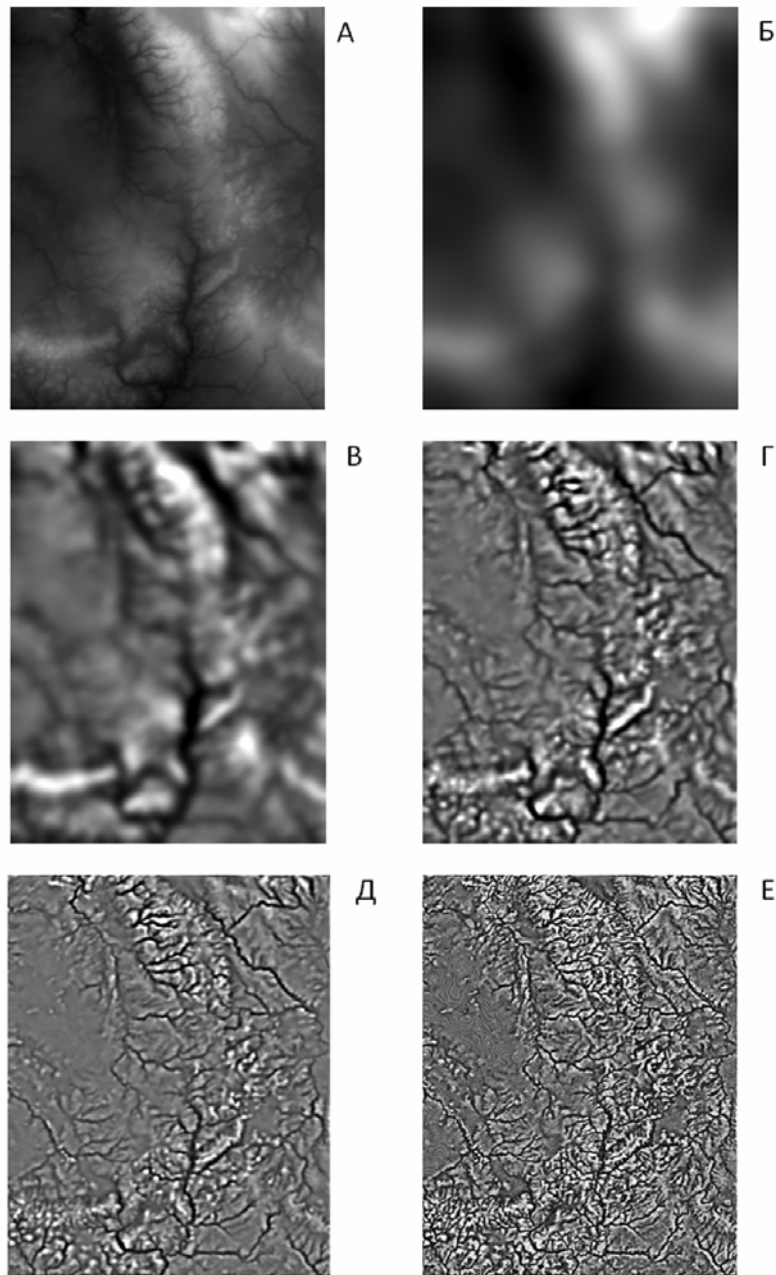


Рис. 3. Обработка цифровой модели рельефа. Выделение иерархических уровней:

А – исходный рельеф, Б – уровень с линейными размерами 1000 м, В – уровень с линейными размерами 450 м, Г – уровень с линейными размерами 380 м, Д – уровень с линейными размерами 270 м, Е – уровень с линейными размерами 150 м

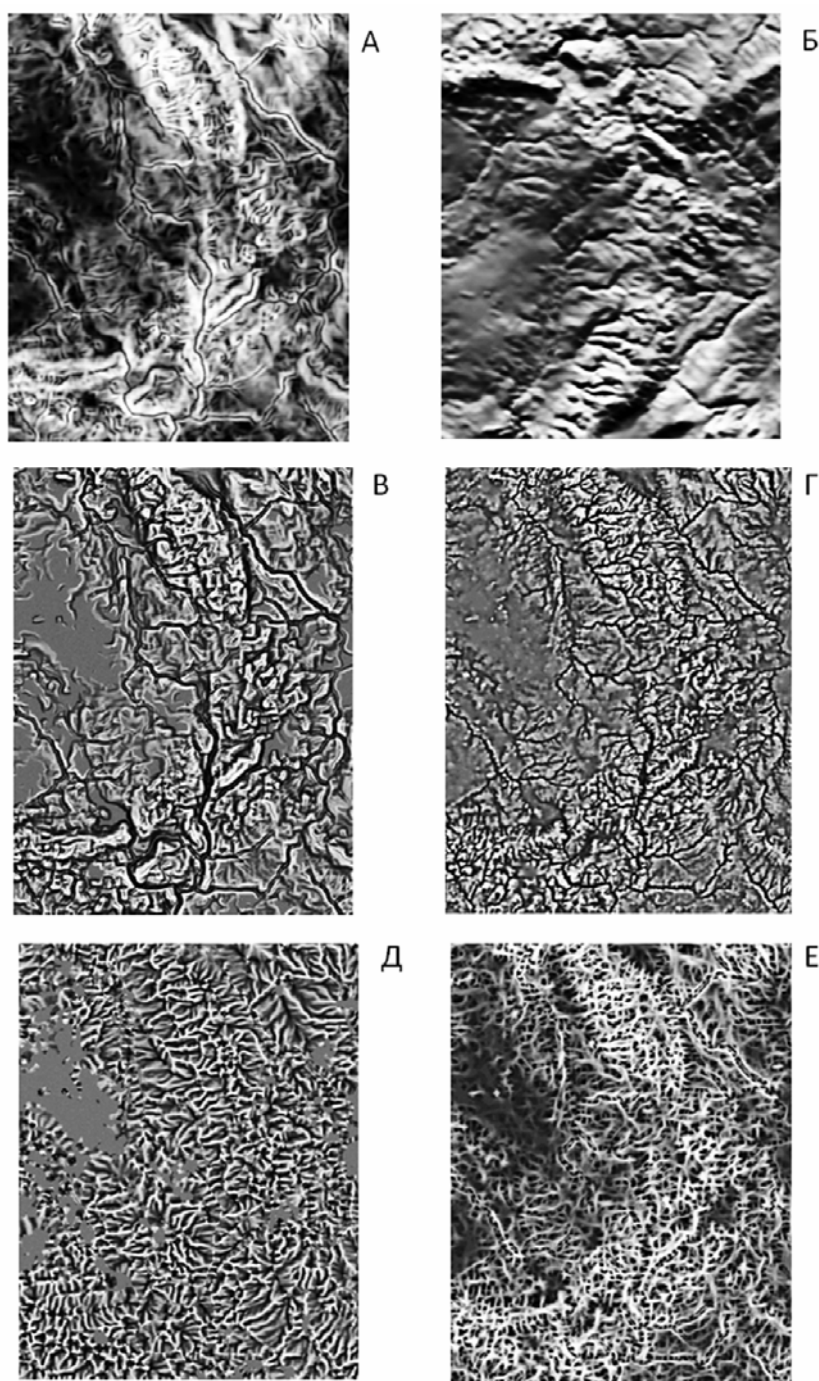


Рис. 4. Производные характеристики рельефа, определяющие перераспределение тепла и влаги для уровня 450 м:

А – уклон, Б – освещенность с юга, В – продольная кривизна, Г – лапласиан, Д – плановая кривизна, Е – максимальная кривизна

Оценка охотничьих ресурсов строится на основе маршрутов по черной и белой тропе с применением GPS [1, 7, 13]. Конечно, маршруты целесообразно закладывать так же с учетом типов ландшафтного покрова и его разнообразия. Результаты описаний и учетов переводятся в базу данных и совмещаются с дистанционной информацией и рельефом. Непосредственно используя дистанционную информацию, можно оценить через различные индексы в основном поддерживающие услуги: биологическую

продуктивность, затраты тепла на испарение, содержание влаги в почве, температуру поверхности [16]. Комбинируя эти показатели с рельефом, можно получить оценки пригодности территории для сельского хозяйства и потенциал растений-медоносов и наилучших мест размещения пастбищ.

Методы интерполяции. Полевые измерения, соединенные с мультиспектральной дистанционной информацией и характеристиками рельефа создают основу для интерполяции

измерений на всю территорию [10]. Исходные данные обычно называют обучающей выборкой, а характеристики рельефа и дистанционной информации – внешними переменными. Интерполяция может осуществляться для непрерывной и дискретной форм переменных. В большинстве случаев полевые измерения непрерывных переменных должны быть преобразованы в логарифмическую форму. Это полезно также сделать и для измерений значений спектральных яркостей дистанционной информации. Логарифмирование отражает физический смысл зависимости биологических явлений от внешних переменных и потому не является чисто механической процедурой. Интерполяция для непрерывных переменных осуществляется методами пошаговой многомерной регрессии или методом нейронных сетей. В отличие от методов регрессии, нейронные сети отражают нелинейные и мультипликативные отношения, однако на персональных компьютерах метод из-за недостатка памяти не реализуем для большого числа внешних переменных. Соответственно, для его применения необходимо, используя метод главных компонент, снизить размерность переменных дистанционной информации и рельефа до восьми-двенадцати. Непрерывные переменные через преобразования логарифмированных данных в целочисленные величины можно перевести в дискретную форму. Подбирая основание логарифма, можно добиться желаемого числа дискретных состояний. Для дискретных множеств применяется дискриминатный анализ, который в какой-то степени учитывает эффекты нелинейности. В результате дискриминатного анализа получаем ортогональные оси, описывающие рассматриваемую переменную в непрерывной форме. От этих осей целесообразно построить регрессионную модель относительно исходных логарифмированных переменных. Эта модель часто дает меньшую ошибку, чем собственно многомерная регрессионная [3]. Для дискретных множеств применяется также специальный метод нейронных сетей. Для интерполяции результатов учета следов животных и вообще для переменных, представленных двумя альтернативными состояниями, кроме дискриминантного анализа и метода нейронных сетей, применяется логистическая регрессия [1, 7, 13]. Для таких переменных получаем вероятность обнаружения состояния переменной «наличие» (след, тип ландшафта, вид-доминант и т.п.) против «прочие состояния» в пикселе, что тождественно вероятности обнаружения. Вероятность практически всегда можно перевести в желаемую единицу измерения [7, 13]. При интерполяции переменной, описывающей конкретную экосистемную услугу, желательно экспериментировать с различными методами, в конечном итоге выбрав

тот, который дает наименьшую ошибку. Все эти задачи решаются в статистической программе Statistica 7 и выше.

Примеры результатов. На рис 5а. показаны результаты интерполяции сомкнутости черничников для территории Нелидовского района, полученные на основе измерений состояния этого вида в заповеднике и его охранной зоне. На рис. 5б показаны результаты оценки пригодности территорий для сельского хозяйства и пчеловодства. Оценка проведена на основе зависимости дифференциального нормированного индекса вегетации (NDVI), содержания влаги в почве, температуры поверхности для мая и июля от переменных рельефа. В результате регрессионная модель позволяет получить их потенциальные значения для территории «лишенной растительности». Используя методы классификации, упорядочиваем территории от наиболее теплых, сухих, наиболее продуктивных (благоприятных для фермерского хозяйства и пчеловодства) до наиболее холодных и влажных, абсолютно неприемлемых для этих форм хозяйственной деятельности. Аналогично осуществляется оценка состояния всех биологических ресурсов и некоторых экосистемных услуг.

Выводы: рассмотренный подход апробирован на самых различных биологических переменных [1, 2, 7, 11, 20, 21] и дает вполне надежные результаты. Область репрезентативности заповедника весьма велика [17] и используя собранные на его территории полевые данные, объединенные со сценами спутника Landsat и переменными рельефа как обучающую выборку, можно получить удовлетворительные результаты и в соседних областях Нечерноземного Центра. Для этого необходимо подобрать близкие сроки съемки со спутника Landsat (для заповедника существует 20 сцен за разные сроки) и осуществить необходимые преобразования рельефа SRTM. Точки описаний и маршруты полезно закрепить на местности и на их основе осуществлять мониторинг. Полученные результаты можно положить в основу эколого-экономического и биоэкономического анализа и разработки стратегии устойчивого развития и его экономических параметров. В некотором отдаленном будущем в заповедниках, возможно, появится ставка эколога-экономиста, но пока эти расчеты могут выполнить только представители специализированных НИИ. Вместе с тем нормативное включение заповедников в систему регионального информационного обеспечения полностью соответствует их функциональному назначению и реализуемо на основе взаимодействия коллективов заповедников с региональными высшими учебными заведениями и НИИ и в настоящее время.

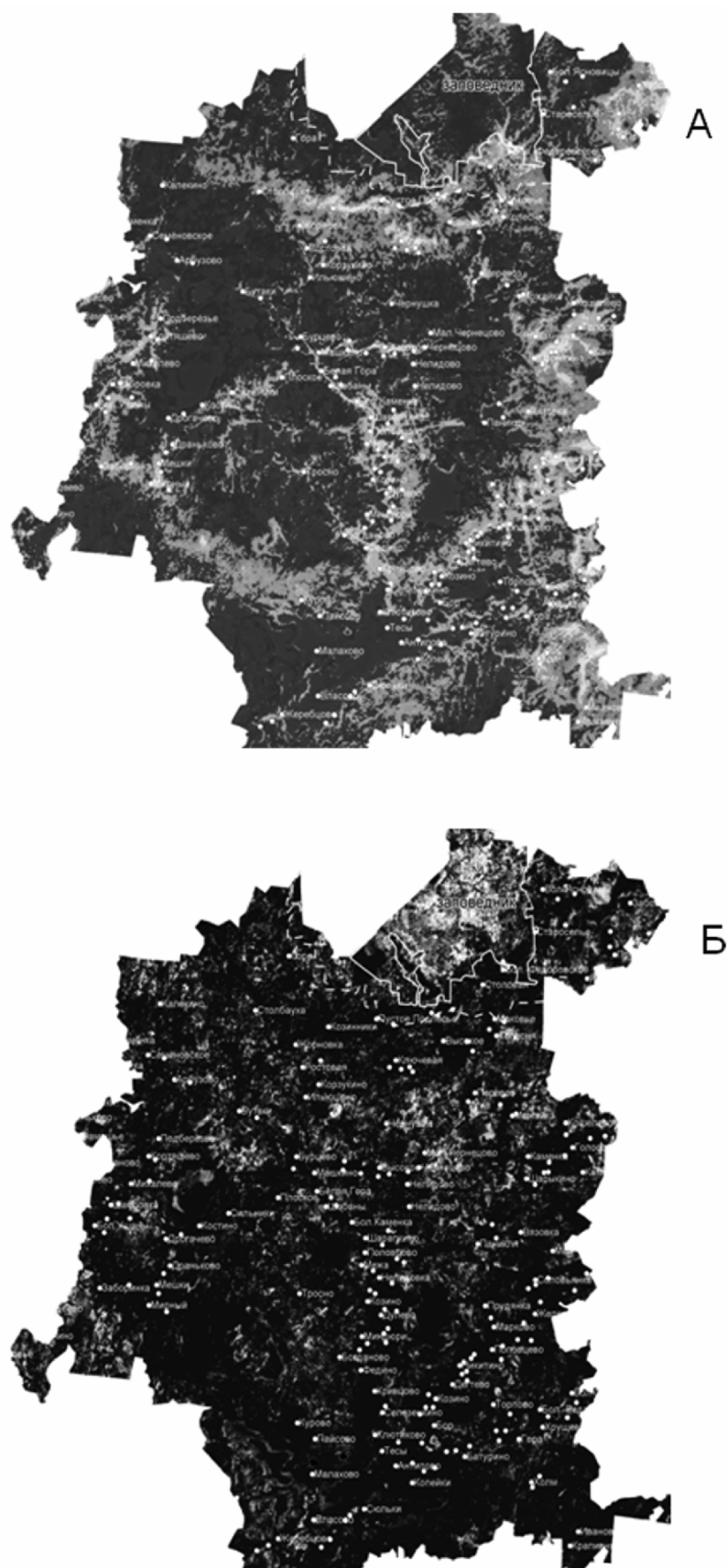


Рис. 5. Тверская область. Нелидовский район. Разрешение 60 м на местности. Уровни экосистемных услуг:

А) пригодность земель для фермерского экологического хозяйства и пчеловодства: светлые тона – пригодные земли, белый тон – высшее качество, Б) распространение черничников: светлые тона – наличие черники, белый тон – покрытие больше 40%. Белые точки – населенные пункты

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Желтухин, А.С. Оценка качества местообитаний животных на основе учетов следовой активности и дистанционной информации / А.С. Желтухин, Ю.Г. Пузаченко, Р.Б. Сандлерский // Сибирский экологический журнал. 2009. № 3. С. 341-351.
2. Козлов, Д.Н. Картографирование запасов древостоя ели в биогеоценозах южной тайги (южная часть Валдайской возвышенности) на основе дистанционной информации Landsat-7 и цифровой модели рельефа / Д.Н. Козлов, М.Ю. Пузаченко, М.В. Федяева, Ю.Г. Пузаченко // Аэрокосмические методы и информационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве: доклады 4-ой Международной конференции (Москва, 17 – 19 апреля 2007 г.). – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. С. 197-201.
3. Козлов, Д.Н. Отображение пространственного варьирования свойств ландшафтного покрова на основе дистанционной информации и цифровой модели рельефа / Д.Н. Козлов, М.Ю. Пузаченко, М.В. Федяева, Ю.Г. Пузаченко // Известия РАН. Серия географическая. 2008. Вып 4, июль-август. С. 11.
4. Котлов, И.П. Структура рельефа русской равнины как ландшафтообразующего фактора / И.П. Котлов, Ю.Г. Пузаченко // Ландшафтное планирование: общие основания. Методология, технология: Труды международной школы-конференции "Ландшафтное планирование". – М.: Изд-во Географического факультета МГУ, 2006. С. 166-172.
5. Кренке, А.Н. Построение карты ландшафтного покрова на основе дистанционной информации / А.Н. Кренке, Ю.Г. Пузаченко // Экологическое планирование и управление. 2008. №2. С. 10-25.
6. Пузаченко, Ю.Г. Анализ иерархической организации рельефа / Ю.Г. Пузаченко, И.А. Онуфреня, Г.М. Алещенко // Известия РАН. Сер. Географ. 2002. № 4. С. 29-38.
7. Пузаченко, Ю.Г. Анализ пространственно-временной динамики экологической ниши на примере популяции лесной куницы (*Martes martes*) / Ю.Г. Пузаченко, А.С. Желтухин, Р.Б. Сандлерский // Журнал общей биологии. 2010. Т. 71, №6. С. 467-487.
8. Пузаченко, Ю.Г. Количественные методы классификации форм рельефа / Ю.Г. Пузаченко, И.А. Онуфреня, Г.М. Алещенко // Изв. РАН. Серия географ. 2002. №6. С. 17-26.
9. Пузаченко, Ю.Г. Ландшафтные исследования в Центрально-лесном заповеднике // Центрально-лесной заповедник – вклад в отечественную и мировую науку. Материалы посвященные 75-летию Центрально-лесного государственного природного биосферного заповедника. – Пос. Заповедный, 2008. С. 5-18.
10. Пузаченко, Ю.Г. Математические методы в географических исследованиях. – М.: Academia, 2004. 416 с.
11. Пузаченко, М.Ю. Картографирование мощности органогенного и гумусового горизонтов лесных почв и болот южно-таежного ландшафта (юго-запад Валдайской возвышенности) на основе трехмерной модели рельефа и дистанционной информации (Landsat 7) / М.Ю. Пузаченко, Ю.Г. Пузаченко, Д.Н. Козлов, М.В. Федяева // Исследование Земли из космоса. 2006. №4. С. 70-78.
12. Пузаченко, Ю.Г. Составление мелкомасштабной карты ландшафтного покрова с использованием мультиспектральной информации / Ю.Г. Пузаченко, З.Ш. Гагаева, Г.М. Алещенко // Известия РАН. Сер. географ. 2004. №4. С. 97-109.
13. Пузаченко, Ю.Г. Организация зимних маршрутных учетов с использованием gps и дистанционной информации / Ю.Г. Пузаченко, А.С. Желтухин, Р.Б. Сандлерский // Вестник охотоведения. 2010. Т. 7, №1. С. 98-117.
14. Пузаченко, Ю.Г. Место биосферных заповедников в реализации стратегии устойчивого развития / Ю.Г. Пузаченко, С.В. Штефанов // Заповедники России и устойчивое развитие. Материалы конференции. Труды Центрально-Лесного заповедника. Выпуск 5. – Великие Луки 2007. С. 137-173.
15. Сандлерский, Р.Б. Зависимость биологической продуктивности южно-таежных ландшафтов от рельефа и характеристик растительности, измеренных в поле / Р.Б. Сандлерский, А.Н. Кренке / География продуктивности и биогеохимического круговорота наземных ландшафтов: к 100-летию профессора Н.И. Базилевич. Материалы конф. (Пушино, Московская область, 19-22 апреля 2010 г.). – М.: Товарищество научных изданий КМК. 2010. В 2-х частях. 670 с.
16. Сандлерский, Р.Б. Оценка потенциальной биологической продуктивности южно-таежных ландшафтов по данным дистанционного зондирования // Ландшафтное планирование: общие основания. Методология, технология: Труды международной школы-конференции "Ландшафтное планирование". – М.: Географический факультет МГУ, 2006. С. 217-221.
17. Сандлерский, Р.Б. Термодинамика биогеоценозов на основе дистанционной информации / Р.Б. Сандлерский, Ю.Г. Пузаченко // Журн. общ. биологии. 2009. Т. 70, №2. С. 121-142.
18. Стишов, М.С. Анализ физико-географической репрезентативности ООПТ / М.С. Стишов, Ю.Г. Пузаченко, И.А. Онуфреня // Особо охраняемые природные территории России: современное состояние и перспективы развития. Авторы-составители В.Г. Кревер, М.С. Стишов, И.А. Онуфреня. – М.: WWF России, 2008. 459 с.
19. Constanza, R.E. Toward an ecological economics. Ecological modeling. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. 1987. С. 1-7.
20. Evans, I.S. General geomorphometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics. In: Chorley, R.J. (ed.): Spatial analysis in geomorphology, 17-90. Methuen & Co. Ltd, London, 1972.
21. Krenke, A.N. Correction of medium scaled soil maps based on remote sensing data and digital relief models / A.N. Krenke, Yu.G. Puzachenko // From Digital Soil Mapping to Digital Soil Assessment: identifying key gaps from fields to continents. 4th Global Workshop on Digital Soil Mapping. Rome, 24-26 May 2010.
22. Krenke, A.N. Correction of forest resource management maps with the help of remote sensing for the purposes of the forestry regulations / A.N. Krenke, Yu.G. Puzachenko // Man and environment in boreal forest zone: past, present and future. International Conference, July 24 – 29, 2008 Central Forest State

- Natural Biosphere Reserve, Russia / Institute of Geography RAS, A.N. Severtsov Institute for Ecology and evolution RAS – Moscow, 2008. Pp. 47-49.
23. *Puzachenko, Y.* Using the SPOT/VEGETATION S10 Product for designing General Schemes for Ecological Networks / Yu. Puzachenko, M. Puzachenko, V. Krever et al. // BOOK OF ARTICLES. Second International SPOT/VEGETATION Users Conference March 24-26. – Antwerp., 2004. P.439-451.
24. *Sandlerskiy, R.* Baseline assessment of ecosystem services in respect of remote information, terrain digital models and field values / R. Sandlerskiy, S. Stefanov // European Landscapes in Transformation: Challenges for Landscape Ecology and Management. European IALE Conference 2009, 70 years of Landscape Ecology in Europe, Salzburg: University of Salzburg. pp. 417-420.
25. *Seijo, J.C.* Fisheries bioeconomics. Theory, modelling and management / J.C. Seijo, O. Defeo, S. Salas // FAO Fisheries Technical Paper. – Rome: FAO, 1998. p. 108.
26. The Landsat Program. 2011. [http:// landsat.gsfc.nasa.gov/](http://landsat.gsfc.nasa.gov/).
27. The Shuttle Radar Topography Mission. 2011. <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>.

INFORMATIONAL SUPPORT OF SUSTAINABLE REGIONAL DEVELOPMENT ON THE RESERVES BASIS (CENTRAL-FOREST STATE NATURE BIOSPHERE RESERVE EXPERIENCE)

© 2011 A.S. Zheltuhin¹, I.P. Kotlov¹, A.N. Krenke², Yu.G. Puzachenko²,
R.B. Sandlerskiy²

¹ Central-Forest state natural biosphere reserve

² Institute of Ecology and Evolution Problems named after A.N. Severtsov RAS, Moscow

Approaches to territory resources potential analysis are considered from positions of ecological economics. Ways of conserved territories including into regional monitoring and informational support system are discussed. Methodic of application of multiple accessible remote sensing data is proposed as well as technologies of data mathematical processing and field sample data collection. Technology is well developed for boreal zone of Russia.

Key words: *ecological economy, sustainable development, biological resources, multispectral distance information, statistical methods of interpolation*

Anatoliy Zheltuhin, Candidate of Biology, Deputy Director
on Scientific Work. E-mail: azheltukhin@mail.ru

Ivan Kotlov, Minor Research Fellow. E-mail:
natura21@yandex.ru

Alexander Krenke, Engineer. E-mail: krenke-igras@yandex.ru

Yuriy Puzachenko, Doctor of Geography, Main Research
Fellow. E-mail: jpuzak@mail.ru

Robert Sandlerskiy, Minor Research Fellow. E-mail:
srobert_landy@mail.ru