

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО РЕГИОНА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

С. Г. Платонова, В. В. Скрипко, Т. О. Стрельникова, Ю. А. Манаков

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Россия

Алтайский государственный университет, Россия

Институт экологии человека СО РАН, Россия

Поступила в редакцию 5 февраля 2018 г.

Аннотация: Для создания благоприятных условий восстановления растительности на отвалах предлагается проводить на основе геоэкологической оценки и разработанного алгоритма ГИС-анализа выделение участков ненарушенных естественных ландшафтов – центров концентрации биологического разнообразия, как естественных источников биоматериала. Оценка базируется на выявлении экологической уязвимости ландшафтов к антропогенному воздействию, а также выявлении уровня биологического разнообразия.

Ключевые слова: геоэкологическая оценка, угледобывающий район, биоразнообразие, уязвимость ландшафтов, ГИС-технологии.

Abstract: The authors proposed to allocate areas of undisturbed natural landscapes – centres for the concentration of biological diversity as natural sources of biomaterial based on geoecological assessment and developed algorithm of GIS analysis, which will create favorable conditions for restoration of vegetation on dumps. The assessment is based on the identification of ecological vulnerability of landscapes to anthropogenic impact, as well as identification of the level of biological diversity.

Key words: geoecological assessment, coal mining area, biodiversity, vulnerability of landscapes, GIS-technologies.

К настоящему времени крупные горнодобывающие компании накопили значительный позитивный опыт решения экологических проблем, связанных с их деятельностью, в том числе и по реализации программ сохранения (восстановления) биоразнообразия [20, 30, 32]. В России значимые результаты по этому направлению в рамках, утвержденных Президентом РФ в 2012 году «Основ государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года», получены в угледобывающих районах Кемеровской области.

Кемеровская область – особая территория. В природном отношении она входит в состав Алтае-Саянского экорегиона (АСЭР), который по версии

WWF (2000 г.) отнесен к 200 регионам, где сосредоточено основное биоразнообразие планеты. С другой стороны, по добыче полезных ископаемых, особенно, угля, область занимает ведущее место не только в Сибирском Федеральном округе (438200 млн. руб. в год) [21], но и в России. При разработке угольных месторождений в этом регионе Сибири образовались большие площади нарушенных земель – более 100 тыс. га [15], среди которых на породные отвалы приходится 34,3 тыс. га [23]. Отвалы являются теми объектами, на которых разнообразие флоры может быть восстановлено, как в результате биологической рекультивации, так и в результате самозарастания, и тем быстрее, чем ближе к ним расположены источники поступления биологического материала (семян).

Для создания благоприятных условий восстановления растительности на отвалах предлагает-

ся проводить на основе геоэкологической оценки с использованием ГИС-технологий выделение участков ненарушенных естественных ландшафтов – центров концентрации биологического разнообразия, как естественных источников биоматериала – на землях, непосредственно примыкающих к угледобывающим предприятиям, а выделенные участки затем передать для охраны недропользователям.

Новокузнецкий район расположен на юге Кемеровской области преимущественно в пределах горных сооружений Алтае-Саянской горной страны: Кузнецкого Алатау и Салаира. Ландшафтное разнообразие здесь представлено 22 местностями в пределах двух лесных горных провинций Кузнецко-Алатауской (88,5 % общей площади) и Салаирской (10,5 %), а также одной степной – Кузнецкой межгорно-котловинной (1,0 %). Наиболее распространенными по площади (46 % от площади района) являются лесные ландшафты низкогорий (на высотах 300-600 м) и долинные ландшафты крупных и малых рек (29,1 %) (анализ проведен по [12]). Уникальными не только для исследуемой территории, но и для всей Сибири являются леса липовые (0,5 %) и пихтовые с примесью липы (1,3 %).

Разнообразие ландшафтов определило видовое богатство растений. Здесь выделено 775 высших сосудистых растений и около 313 видов мохообразных. При этом в Новокузнецком районе встречается 46,3 % (в том числе 57 видов высших сосудистых, 7 мохообразных, 9 лишайников, 2 грибов) растений, включенных в Красную книгу Кемеровской области [22].

Реализация геоэкологического подхода для угледобывающего региона и оценка ландшафтов с учетом биоразнообразия

Формой реализации геоэкологического подхода в настоящем исследовании является оценка экологической уязвимости ландшафтов к антропогенному воздействию, а также выявление уровня биологического разнообразия.

Оценка экологической уязвимости ландшафтов к антропогенному воздействию. Под уязвимостью ландшафтов понимается неспособность природных систем (биоценозов, ландшафтов и т.д.) противостоять действию внешних сил [14]. Методики ее оценки, отраженные как у зарубежных [27, 28, 29, 31], так и отечественных исследователей [4, 6, 7, 17, 18], значительно отличаются в зависимости от целей, масштаба и особенностей объекта. В рамках настоящего исследования оценка уязвимости ландшафтов проведена для целей восстановления биоразнообразия нарушенных при угле-

добыче земель на уровне ландшафтной местности в границах муниципального района и базируется на сопоставлении в матричной форме показателей устойчивости ландшафтов и степени их антропогенной преобразованности.

Устойчивость ландшафтов – это способность системы к сохранению нормального функционирования путем самоочищения от продуктов техногенеза¹ [3]. Оценка устойчивости природных ландшафтов к антропогенному воздействию основана на методологических подходах к анализу состояния и устойчивости почв, ландшафтов и экосистем, изложенных в [3, 19]. Для условий юга Кемеровской области экспертным путем было выбрано десять показателей устойчивости ландшафтов: 1) геохимическое положение; 2) крутизна склонов; 3) покрытая растительностью площадь; 4) степень гидроморфности почв; 5) механический состав почвы; 6) тип водного режима; 7) мощность гумусово-аккумулятивного горизонта; 8) содержание гумуса в почве; 9) кислотность почвенного раствора; 10) интенсивность биологического круговорота. Анализ перечисленных показателей позволил установить, что ландшафты Новокузнецкого района относятся, в основном, к устойчивым к антропогенному воздействию (50 %) и относительно устойчивым (36 %). Малоустойчивые ландшафты составляют не более 14 %, а неустойчивые и весьма неустойчивые типы на территории не представлены [2].

Антропогенная преобразованность (АП) в пределах контуров ландшафтных местностей рассчитана с использованием средневзвешенного по площади коэффициента АП [9] для восьми видов хозяйственного использования земель, выделенных для Новокузнецкого района. К ним отнесены: населенные пункты и промышленные зоны; угольные разрезы; железные дороги; автомобильные дороги; пашни и залежи; искусственные леса; естественные леса и ООПТ [2].

Оценка уровня биологического разнообразия базируется на анализе видовых списков флоры, полученных по данным полевых геоботанических работ и опубликованных источников [5, 8, 10, 24], и последующем расчете показателей и индикаторов состояния разнообразия растительности на популяционно-видовом уровне по методике, приведенной в [26]. Результаты выполненных расчетов

¹ Правильнее – техногенеза (см. В.И. Федотов «Техногенные ландшафты: теория, региональные структуры, практика». – Воронеж, 1985. (прим. гл. редактора).

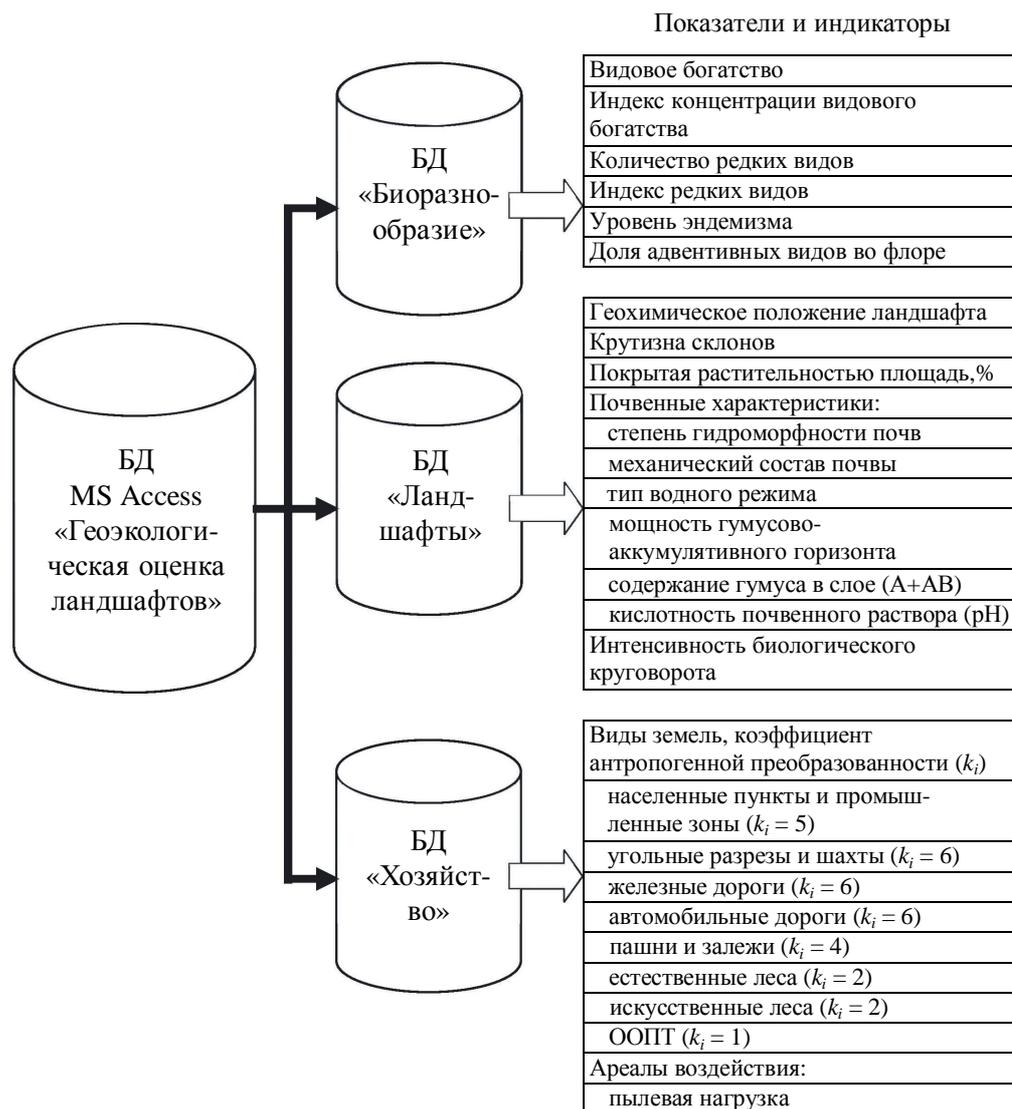


Рис. 1. База данных ГИС-анализа

свидетельствуют о высоком уровне для АСЭР таксономического богатства высших сосудистых растений исследуемого района. Индекс концентрации видового богатства составил 126,6; уровень эндемизма – 3,1 %; индекс редких видов – 43,7; доля адвентивных видов – 7,1 %. Нарушенность флоры (55 адвентивных видов) не превышает 10 % [22].

Для геоэкологической оценки биоразнообразия в пределах ландшафтных местностей из названных показателей экспертным путем выбран индекс редких видов, рассчитанный по формуле: $IPB = \sum (Ni/Ci)$, где Ni – число видов определенной категории редкости; Ci – категория редкости вида, принятая в соответствии с классификацией региональной Красной книги [10].

ГИС-обеспечение геоэкологической оценки

ГИС-технологии являются современным инструментом для интеграции разнородных данных,

используемых при геоэкологической оценке территории. Реализация процедуры ГИС-анализа осуществлена в три этапа.

Первый этап заключается в формировании базы данных «Геоэкологическая оценка ландшафтов», состоящей из трех блоков «Биоразнообразие», «Ландшафты» и «Хозяйство». Каждый блок содержит атрибутивную и позиционную составляющие. Структура базы данных представлена на рисунке 1.

Атрибутивную составляющую определяют показатели и индикаторы, которые необходимы для анализа на следующем этапе, позиционную – соответствующие векторные слои (исходные для геоэкологической оценки тематические карты). Например, точечный векторный слой «Мест обитания на территории района редких, нуждающихся в охране видов растений» определяет содержа-

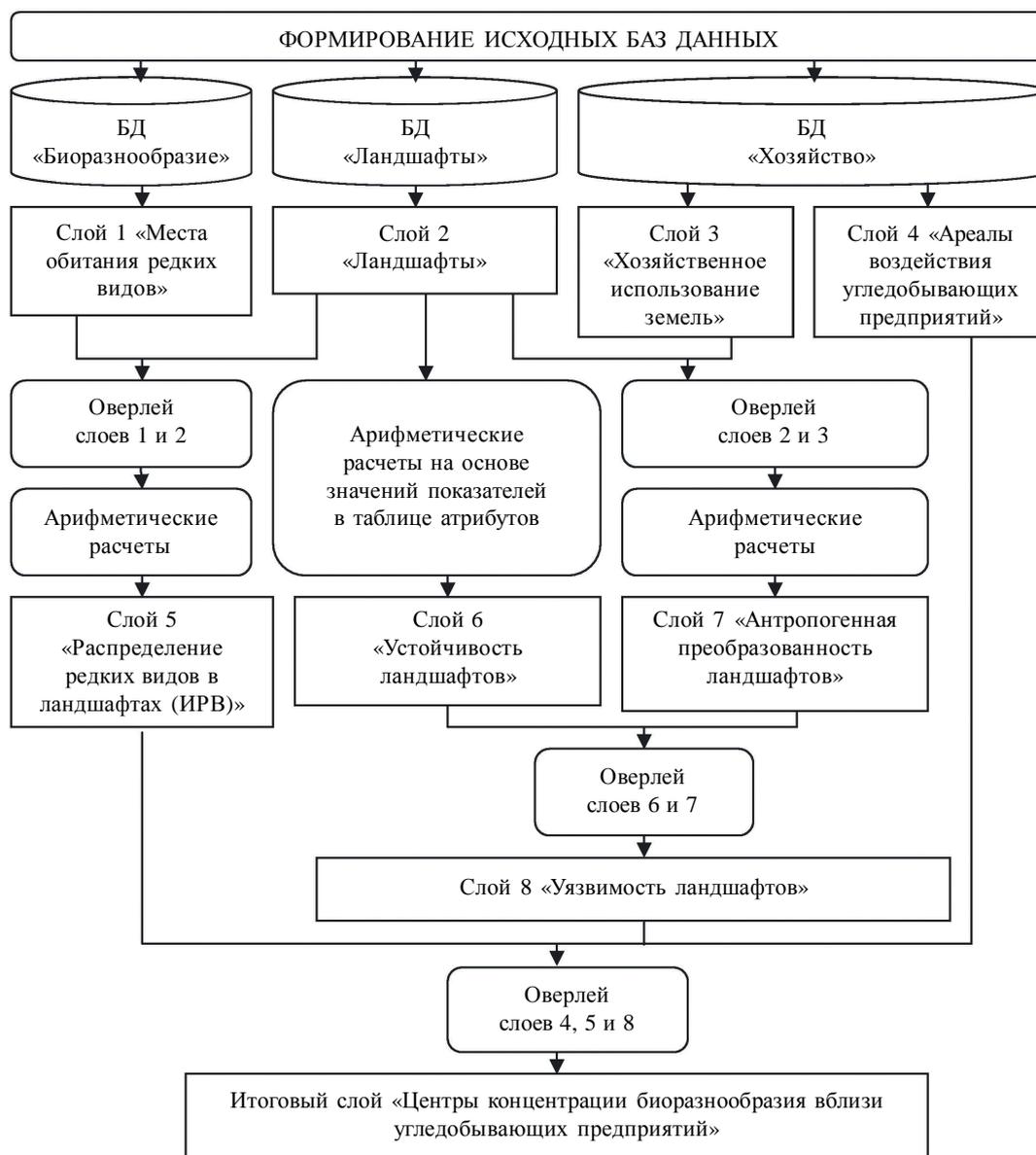


Рис. 2. Алгоритм ГИС-анализа

ние блока «Биоразнообразие». Ключевым элементом блока «Ландшафты» стал фрагмент оцифрованной Ландшафтной карты Кемеровской области (масштаба 1:500000) [12]. БД «Хозяйство» включает 2 слоя. Первый – полигональный векторный слой «Хозяйственное использование земель» – составлен в результате дешифрирования космических снимков с использованием картографических материалов различного масштаба. Второй слой – «Ареалы воздействия угледобывающих предприятий» – отражает положение пяти-километровой зоны пылевого (частично – химического) загрязнения, возникающей в результате взрывных работ при разработке угольных месторождений и выделенной на основании [25]. Ширина зоны для уголь-

ных разрезов определена по эмпирическим данным [16].

На *втором этапе* в соответствии с алгоритмом (рис. 2) производится интеграция базовых тематических слоев для формирования производных (промежуточных) карт, каждая из которых в случае изменения исходной задачи может являться отдельным самостоятельным результатом.

Механизм реализации этого этапа – топологический оверлей векторных слоев в сочетании с расчетом необходимых показателей на основе данных атрибутивных таблиц (рис. 1). Оверлей представляет собой операцию наложения двух или более слоев, в результате которого образуется один итоговый слой, содержащий: геометрическую

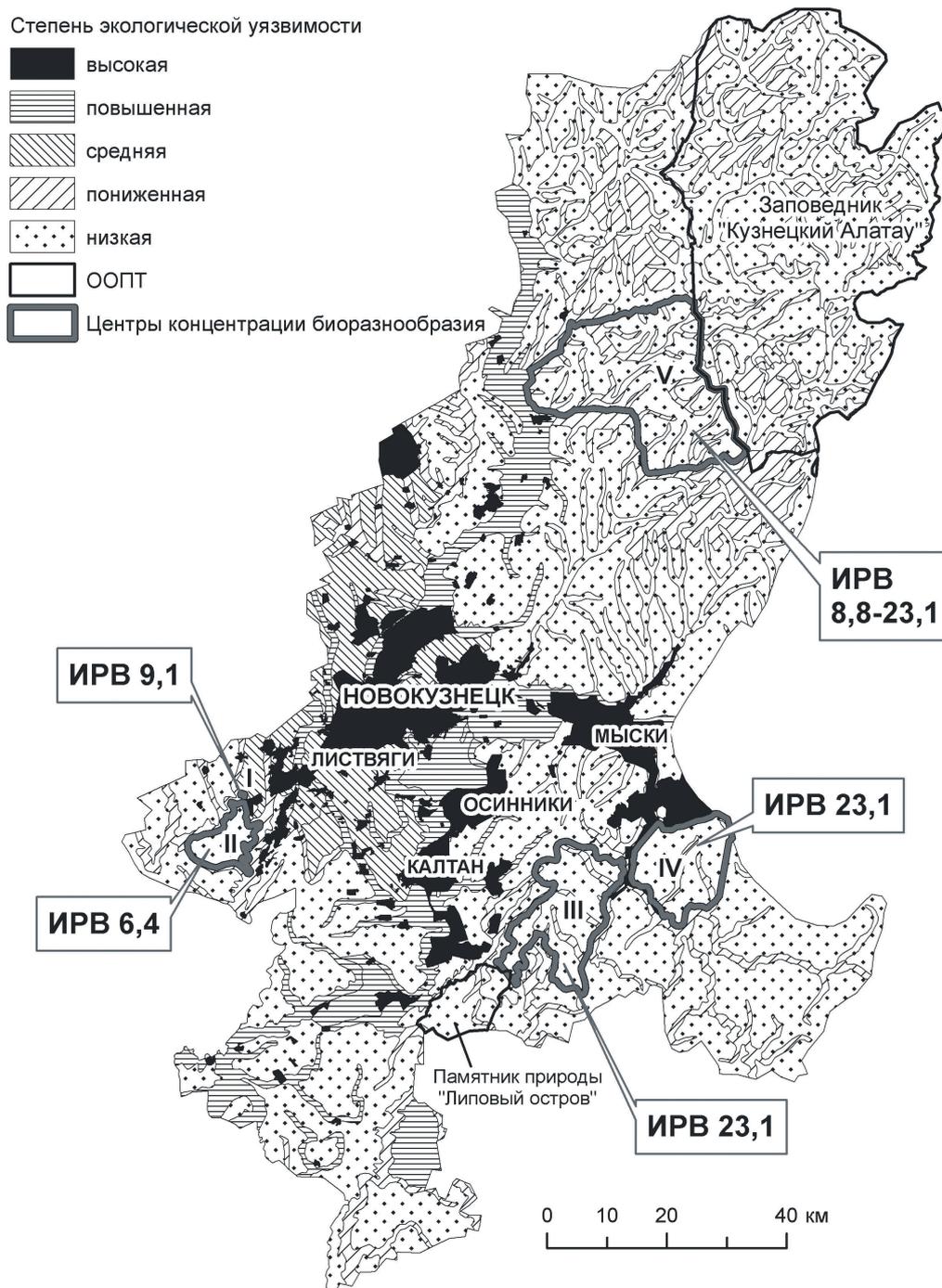


Рис. 3. Центры концентрации биоразнообразия вблизи угледобывающих предприятий Новокузнецкого района
 I – Костенковские скалы; II – таежные ландшафты правобережья р. Чумыш; III – ландшафты с участием липы сибирской; IV – таежные ландшафты низкогорий Кузнецкого Алатау в окрестностях д. Чувашка; V – таежные ландшафты в междуречье рек В. Терсь и С. Терсь.

композицию пространственных объектов исходных слоев, топологию этой композиции, а так же атрибуты, арифметически или логически производные от значений атрибутов исходных объектов [1, 13]. Все пространственно-аналитические операции и расчеты показателей выполнялись в программной среде ArcGIS.

На основе атрибутивной таблицы слоя «Ландшафты», содержащей значения показателей устойчивости, с помощью инструмента «Калькулятор полей» рассчитан интегральный балл потенциальной устойчивости природных комплексов к антропогенной нагрузке. Итогом расчетов является слой «Устойчивость ландшафтов».

Слой «Распределение редких видов в ландшафтах (ИРВ)» получен путем оверлея слоев «Места обитания редких видов» и «Ландшафты», после чего произведены необходимые расчеты в атрибутивной таблице.

Наложение слоев «Ландшафты» и «Хозяйственное использование земель» способом пересечения позволяет затем рассчитать средневзвешенную антропогенную преобразованность ландшафтного контура. Балл антропогенной преобразованности для каждого вида земельных угодий принят на основе рекомендаций Б. И. Кочурова [9].

Расчет средневзвешенного по площади коэффициента антропогенной преобразованности ландшафтных контуров выполнен с помощью инструментов «Калькулятор растров», «Суммарная статистика» и «Соединение полей» по формуле:

$$\bar{k}_i = \frac{\sum_1^n k_{ij} \cdot S_{ij}}{S_i}, \quad (1)$$

где \bar{k}_i – средневзвешенный по площади коэффициент антропогенной преобразованности в пределах i -го ландшафтного контура; k_{ij} – коэффициент антропогенной преобразованности в пределах j -ой, соответствующей определенному виду хозяйственного использования земель, части i -го ландшафтного контура; n – общее количество видов хозяйственного использования земель в пределах i -го ландшафтного контура; S_{ij} – доля j -ой части от площади i -го ландшафтного контура; S_i – общая площадь i -го ландшафтного контура.

В результате получен слой «Антропогенная преобразованность ландшафтов».

Третий этап заключается в создании двух итоговых карт. Первой является карта «Уязвимости ландшафтов», полученная путем наложения слоев «Устойчивости» и «Антропогенной преобразованности ландшафтов». А затем на ее основе, используя наложение слоев «Распределение редких видов в ландшафтах (ИРВ)» и «Ареалы воздействия угледобывающих предприятий», формируется вторая итоговая карта «Центры концентрации биоразнообразия вблизи угледобывающих предприятий».

В результате проведенной оценки в пределах Новокузнецкого района ландшафты отнесены к пяти степеням уязвимости (высокой, повышенной, средней, пониженной, низкой) (рис. 3), качественная характеристика которых основана на [11].

Высокая степень уязвимости характеризует неустойчивые (2 балла) и малоустойчивые (3 бал-

ла) ландшафты с высокой и очень высокой (средневзвешенный по площади коэффициент антропогенной преобразованности $k_i \geq 3$) степенью антропогенной преобразованности (АП), вплоть до их полного уничтожения в зоне горных отводов и границах крупных городов. Естественные экосистемы замещены здесь производными и не способны к самовосстановлению. Постоянные нарушения литогенной основы прерывают ход естественных сукцессий. Потеря видового разнообразия значительная или полная.

Повышенная степень уязвимости характерна для ландшафтов в зоне горных отводов и населенных пунктов: относительно устойчивых (4 балла) со средней и высокой ($\bar{k}_i \geq 3$) степенью АП, а также неустойчивых (1-2 балла) и малоустойчивых (3 балла) с низкой степенью АП ($\bar{k}_i = 2$). В контурах этих ландшафтов происходит снижение уровня биологического разнообразия, и возникают угрозы существования редких и уязвимых видов биоты.

Средняя степень уязвимости характеризует устойчивые (5 баллов) ландшафты с высокой и средней ($\bar{k}_i \geq 3$) степенью АП и малоустойчивые (3 балла) с очень низкой ($\bar{k}_i = 1$) степенью АП. В пределах таких участков отмечается снижение доли естественных экосистем.

Пониженной уязвимостью обладают устойчивые (5 баллов) и относительно устойчивые (4 балла) ландшафты с низкой ($\bar{k}_i = 2$) или очень низкой ($\bar{k}_i = 1$) степенью АП в пределах локальных участков, прилегающим к горнодобывающим разрезам и шахтам. Угроза биоразнообразию может проявляться более локально, например, в уничтожении единственного местообитания редкого вида.

Низкая уязвимость характеризует устойчивые (5 баллов) ландшафты с очень низкой ($\bar{k}_i = 1$) степенью АП вне зоны интенсивной хозяйственной деятельности, как правило, на территории ООПТ. Угроза биологическому разнообразию здесь практически отсутствует. В случае локальных нарушений экосистемы могут легко вернуться к климаксовому состоянию в ходе естественных сукцессий.

Всего в пределах Новокузнецкого района 70,8 % от общей площади приходится на таежные ландшафты Кузнецкого Алатау и Салаира пониженной уязвимости и 7 % – низкой уязвимости, т.е. исследуемая территория обладает достаточно высоким потенциалом для восстановления экосистем. Фрагменты именно этих ландшафтов с высоким уровнем биоразнообразия (высокими значениями ИРВ) могут «поставлять» на нарушенные

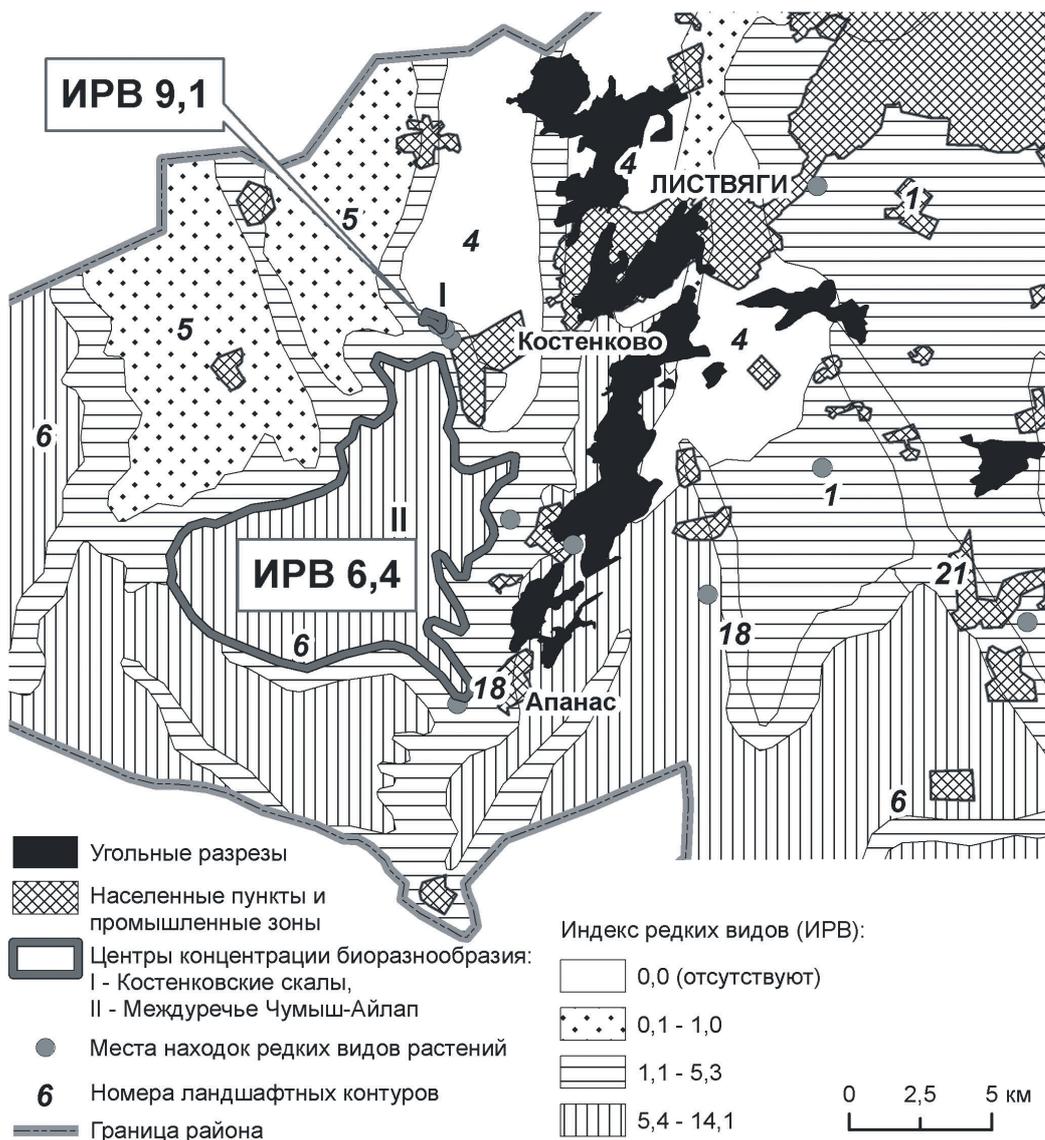


Рис. 4. Участок I – «Костенковские скалы»

Ландшафты (фрагмент легенды с сокращениями по [12]). Водоразделы и приводораздельные поверхности: 1 – с осиново-березовыми колками на темно-серых лесных почвах в сочетании с суходольными лесными лугами на выщелоченных черноземах (200-400 м); 6 – с черневой пихтово-осиновой тайгой и березово-осиновыми лесами в сочетании с крупнотравными лесными лугами на горно-таежных глубокоподзоленных почвах (400-600 м). Склоны расчлененные: 4 – пологие с березово-осиновыми колками и суходольными лугами на серых лесных почвах, черноземах оподзоленных и лугово-болотных почвах (300-400 м); 5 – средней крутизны с березово-осиновыми с примесью сосны лесами на темно-серых лесных и дерново-подзолистых почвах (300-450 м). Долины мелких рек: 18 – с березовыми с примесью осины и мощным разнотравьем закустаренными лесами в сочетании с высокотравными лесными лугами на аллювиально-луговых, дерново-подзолистых и лугово-подзолистых почвах; 21 – заболоченные с елово-березовыми с участием осины лесами и высокотравными лесными лугами на лугово-болотных и болотно-подзолистых почвах.

земли семенной биоматериал для восстановления растительности.

Проведенный при помощи ГИС пространственный анализ позволил выделить пять участков – центров концентрации биологического разнообразия – в пределах различных ландшафтов

(рис. 3). Для каждого из этих участков составлена картосхема масштаба 1 : 250000.

Два участка (I и II) примыкают к землям Бунгуро-Чумышского угольного месторождения (рис. 4). Участок «Костенковские скалы» (I) расположен на стыке лесных ландшафтов Салаира,

степных (группа склоновых урочищ в пределах лесных ландшафтов) и долинных левобережья реки Чумыш. Таксономическое разнообразие отражает высокое значение *ИРВ* (9,1). Второй участок (II) включает типичные таежные ландшафты Салаира, также с достаточно высоким значением *ИРВ* = 6,4 на правом берегу реки Чумыш в междуречье Чумыш – Айлап. Границы его в основном проходят вдоль реки Чумыш, а с юга – вдоль притоков Чумыша – реки Бол. Речка и реки Айлап.

Участок III охватывает редкие в Сибири естественные насаждения липы сибирской и леса с участием липы (*ИРВ* 23,1) среди пихтово-осиновой черневой тайги и березово-осиновых лесов Кузнецкого Алатау. Участок расположен в зоне влияния Калтанского угольного разреза и примыкает к памятнику природы «Липовый остров» (рис. 3). Участок IV представляет таежные ландшафты низкогорий восточной части Кузнецкого Алатау на правом берегу реки Мрас-су, вблизи деревни Чувашка в зоне влияния Сибиргинского разреза. Ландшафты пихтово-осиновой черневой тайги имеют высокий уровень *ИРВ* (23,1).

Таежные ландшафты низкогорий Кузнецкого Алатау северной части Новокузнецкого района характеризует Терсинский участок V, выделенный в междуречье рек В. Терсь и С. Терсь и прилегающий к территории заповедника «Кузнецкий Алатау» (*ИРВ* от 8,8 до 23,1). Представленные здесь ландшафты пихтово-осиновой черневой тайги, кедрово-пихтовых и осиново-березовых с примесью пихты лесов, являются резервом для восстановления биоразнообразия, после планируемой отработки угольных месторождений в бассейнах рек, примыкающих к ГПЗ «Кузнецкий Алатау».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты геоэкологической оценки, реализованной в угледобывающем регионе, прошли успешную апробацию и внедрены в Схему территориального планирования Новокузнецкого муниципального района. Основу методики составила интеграция географической и биологической информации с использованием ГИС-технологий, реализованная в форме оценки экологической уязвимости ландшафтов к антропогенному воздействию и выявления уровня биологического разнообразия через расчетные индексы.

Промежуточные результаты, отраженные в виде слоев ГИС проекта (карт): «Распределение редких видов растительности», «Устойчивости ландшафтов», «Антропогенной преобразованности ландшафтов» – представляют самостоятельный

интерес, и могут использоваться в составе материалов обоснования для поддержки принятия управленческих решений органами государственной власти и местного самоуправления.

Ранжирование территории Новокузнецкого района позволило выделить здесь среди ландшафтов Кузнецкого Алатау и Салаирского кряжа группы, относящиеся к пяти степеням уязвимости (высокой, повышенной, средней, пониженной, низкой). Среди которых фрагменты ландшафтов пониженной, низкой уязвимости с высоким значением расчетного индекса редких видов определили основу для выделения пяти участков – центров концентрации биологического материала в зоне влияния угледобывающих предприятий для целей восстановления биоразнообразия.

Работа выполнена в рамках программы развития ООН (ПРООН)/ ГЭФ Минприроды России «Задачи сохранения биоразнообразия в политике и программах развития энергетического сектора России» (2012-2017 гг.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геоинформатика / под ред. В. С. Тикунова. – Москва : Академия, 2005. – 480 с.
2. Геоэкологическая оценка районов угледобычи (на примере Новокузнецкого района) / С. Г. Платонова [и др.] // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов : материалы 4-й Международной конференции. – Кемерово, 2015. – С. 120-126.
3. Глазовская М. А. Технобиогермы – исходные физико-географические объекты ландшафтно-геохимического прогноза / М. А. Глазовская // Вестник Московского государственного университета. Сер. География. – 1972. – № 6. – С. 21-34.
4. Дмитриев В. В. Интегральные оценки состояния сложных систем в природе и обществе / В. В. Дмитриев // Биосфера : междисциплинарный научный и прикладной журн. – 2010. – № 4. – С. 507-520.
5. Заповедники России. Заповедники Сибири / ред. Д. С. Павлов, В. Е. Соколов, Е. Е. Сыроечковский. – Москва : Логата, 2000. – Т. 2. – С. 110-121.
6. Значимость рельефа для оценки уязвимости природных комплексов к антропогенным воздействиям / С. И. Зотов [и др.] // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2013. – Вып. 1. – С. 46-52.
7. Кесорецких И. И. Методика оценки уязвимости природных комплексов к антропогенным воздействиям / И. И. Кесорецких, И. С. Зотов // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2012. – Вып. 1. – С. 51-57.
8. Ключевые ботанические территории Кемеровской области / Т. Е. Буко [и др.] – Кемерово : КРЭО Ирбис, 2009. – 112 с.
9. Кочуров Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. / Б. И. Кочу-

ров. – Смоленск : Издательство Смоленского гуманитарного университета, 1999. – 154 с.

10. Красная книга Кемеровской области. Т. 1 : Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. – Кемерово : Азия принт, 2012. – 208 с.

11. Критерии оценки экологической обстановки для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – Москва : Минприроды РФ, 1992. – 58 с.

12. Ландшафтная карта Кемеровской области. М-б 1 : 500 000 / отв. ред. Ю. И. Винокуров, В. Л. Гросс. – Барнаул : Институт водных и экологических проблем СО РАН, 1991.

13. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование / И. К. Лурье. – Москва : Книжный дом Университет, 2008. – 424 с.

14. Малашевич Е. В. Краткий словарь-справочник по охране природы / Е. В. Малашевич. – Минск : Ураджай, 1987. – 223 с.

15. Манаков Ю. А. Формирование растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса / Ю. А. Манаков, Т. О. Стрельникова, А. Н. Куприянов. – Новосибирск : Издательство СО РАН, 2011. – 168 с.

16. Мониторинг, оценка и прогноз состояния окружающей природной среды на основе современных информационных технологий / отв. ред. А. Н. Куприянов. – Кемерово : Издательский дом «Азия», 2013. – 112 с.

17. Новиков М. А. Интегрированная оценка экологической уязвимости акватории Белого моря / М. А. Новиков // Экологические системы и приборы. – 2006. – № 1. – С. 21-27.

18. Опыт проведения экспертного анализа экологического состояния геосистем / М. Г. Опекунова [и др.] // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7, География. Геоэкология. – 2001. – С. 71-78.

19. Орлова И. В. Ландшафтно-агроэкологическое планирование территории муниципального района / И. В. Орлова. – Новосибирск : Издательство СО РАН, 2014. – 254 с.

20. Сборник инновационных решений по сохранению биоразнообразия для угледобывающего сектора / отв. ред. С. А. Шейнфельд, О. И. Литвин, Ю. А. Манаков. – Кемерово : Изд-во ИнЭКА, 2017. – 254 с.

21. Сибирский федеральный округ 2014 : статистический сборник / Территориальный орган Росстата по Новосибирской области. – Новосибирск, 2015. – 107 с. – URL: <http://www.sovet.nso.ru/adm2015/doc/i0122002г.doc> (дата обращения 28.12.2015).

22. Стрельникова Т. О. Использование расчетных индексов в качестве индикаторов биоразнообразия популяционно-видового и экосистемного уровней / Т. О. Стрельникова, С. Г. Платонова, В. В. Скрипко // Проблемы изучения растительного покрова Сибири : материалы 6-й Международной научной конференции. – Томск, 2017. – С. 92-94.

23. Счастливец Е. Л. Формирование геоэкологической ситуации в угледобывающем комплексе Кузбасса

/ Е. Л. Счастливец // Рекультивация нарушенных земель в Сибири. – Кемерово, 2005. – Вып. 1. – С. 15-35.

24. Шереметова С. А. Список сосудистых растений бассейна реки Томи / С. А. Шереметова // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. – Кемерово, 2011. – Вып. 17. – С. 43-94.

25. Экологическая карта Кемеровской области. М-б. 1 : 500 000 / ред. И. М. Гаджиев, Г. И. Грицко. – Новосибирск, 1995.

26. Яшина Т. В. Индикаторы оценки биоразнообразия на особо охраняемых природных территориях Алтае-Саянского экорегиона. Руководство по использованию / Т. В. Яшина. – Красноярск, 2011. – 56 с. – URL: http://www.altai-sayan.ru/doc/Indikator_biodiver.pdf (дата обращения: 27.09.2016).

27. Analysis of ecological vulnerability based on landscape pattern and ecological sensitivity: a case of Duerbete County / J. Miao [et c.] // Remote Sensing and Modeling of Ecosystems for Sustainability. – 2008. – Vol. 7083.

28. Brooks N. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation / N. Brooks, W. N. Adger, P. M. Kelly // Global Environmental Change. – 2005. – Vol. 15(2). – P. 151-163.

29. Ecological Vulnerability Assessment Integrating the Spatial Analysis Technology with Algorithms / Qiao Zhi [et al] // A Case of the Wood-Grass Ecotone of Northeast China. – 2013. – Vol. 2013. – Article ID 207987. – 8 p. – URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/207987> (дата обращения: 10.01.2018).

30. Good Practice Guidance for Mining and Biodiversity. International Council on Mining and Metals (ICMM) / ed. L. Starke. – London, UK : CMM, 2006. – 142 p.

31. Luers A. L. The surface of vulnerability: an analytical framework for examining environmental change / A. L. Luers // Global Environmental Change. – 2005. – Vol. 15(3). – P. 214-223.

32. Mining and Biodiversity. A collection of case studies – 2010 // International Council on Mining and Metals. – London, UK, 2010. – 34 p.

REFERENCES

1. Geoinformatika / pod red. V. S. Tikunova. – Moskva : Akademiya, 2005. – 480 s.

2. Geoekologicheskaya otsenka rajonov ugledobychi (na primere Novokuznetskogo rajona) / S. G. Platonova [i dr.] // Problemy promyshlennoy botaniki industrial'no razvitykh regionov : materialy 4-j Mezhdunarodnoj konferentsii. – Kemerovo, 2015. – S. 120-126.

3. Glazovskaya M. A. Tekhnobiogermiya – iskhodnye fiziko-geograficheskie ob"ekty landshaftno-geokhimičeskogo prognoza / M. A. Glazovskaya // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geografiya. – 1972. – № 6. – S. 21-34.

4. Dmitriev V. V. Integral'nye otsenki sostoyaniya slozhnykh sistem v prirode i obshchestve / V. V. Dmitriev // *Biосфера : mezhdistsiplinarynyj nauchnyj i prikladnoj zhurn.* – 2010. – № 4. – S. 507-520.
5. Zapovedniki Rossii. Zapovedniki Sibiri / red. D. S. Pavlov, V. E. Sokolov, E. E. Syroechkovskij. – Moskva : Logata, 2000. – T. 2. – S. 110-121.
6. Znachimost' rel'efa dlya otsenki uyazvimosti prirodnykh kompleksov k antropogennym vozdeystviyam / S. I. Zotov [i dr.] // *Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta.* – 2013. – Vyp. 1. – S. 46-52.
7. Kesoretskikh I. I. Metodika otsenki uyazvimosti prirodnykh kompleksov k antropogennym vozdeystviyam / I. I. Kesoretskikh, I. S. Zotov // *Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta.* – 2012. – Vyp. 1. – S. 51-57.
8. Klyucheveye botanicheskie territorii Kemerovskoj oblasti / T. E. Buko [i dr.] – Kemerovo : KREHO Irbis, 2009. – 112 s.
9. Kochurov B. I. Geoekologiya: ehkodiagnostika i ehkologo-khozyajstvennyj balans territorii. / B. I. Kochurov – Smolensk : Izdatel'stvo Smolenskogo gumanitarnogo universiteta, 1999. – 154 s.
10. Krasnaya kniga Kemerovskoj oblasti. T. 1 : Redkie i nakhodyashhiesya pod ugrozoy ischeznoeniya vidy rastenij i gribov. – Kemerovo : Aziya print, 2012. – 208 s.
11. Kriterii otsenki ehkologicheskoy obstanovki dlya vyyavleniya zon chrezvychajnoj ehkologicheskoy situatsii i zon ehkologicheskogo bedstviya. – Moskva : Minprirody RF, 1992. – 58 s.
12. Landshaftnaya karta Kemerovskoj oblasti. M-b 1 : 500 000 / otv. red. YU. I. Vinokurov, V. L. Gross. – Barnaul : Institut vodnykh i ehkologicheskikh problem SO RAN, 1991.
13. Lur'e I. K. Geoinformatsionnoe kartografirovanie / I. K. Lur'e. – Moskva : Knizhnyj dom Universitet , 2008. – 424 s.
14. Malashevich E. V. Kratkij slovar'-spravochnik po okhrane prirody / E. V. Malashevich. – Minsk : Uradzhaj, 1987. – 223 c.
15. Manakov YU. A. Formirovanie rastitel'nogo pokrova v tekhnogennykh landshaftakh Kuzbassa / YU. A. Manakov, T. O. Strel'nikova, A. N. Kupriyanov. – Novosibirsk : Izdatel'stvo SO RAN, 2011. – 168 s.
16. Monitoring, otsenka i prognoz sostoyaniya okruzhayushhej prirodnoj sredy na osnove sovremennykh informatsionnykh tekhnologij / otv. red. A. N. Kupriyanov. – Kemerovo : Izdatel'skij dom «Aziya», 2013. – 112 s.
17. Novikov M. A. Integrirovannaya otsenka ehkologicheskoy uyazvimosti akvatorii Belogo morya / M. A. Novikov // *Ehkologicheskije sistemy i pribory.* – 2006. – № 1. – S. 21-27.
18. Opyt provedeniya ehkspertnogo analiza ehkologicheskogo sostoyaniya geosistem / M. G. Opekunova [i dr.] // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ser. 7, Geografiya. Geoekologiya.* – 2001. – S. 71-78.
19. Orlova I. V. Landshaftno-agroehkologicheskoe planirovanie territorii munitsipal'nogo rajona / I. V. Orlova. – Novosibirsk : Izdatel'stvo SO RAN, 2014. – 254.
20. Sbornik innovatsionnykh reshenij po sokhraneniyu bioraznoobraziya dlya ugledobvyayushhego sektora / otv. red. S. A. SHejnfel'd, O. I. Litvin, YU. A. Manakov. – Kemerovo: Izd-vo InEHkA, 2017. – 254 s.
21. Sibirskij federal'nyj okrug 2014 : statisticheskij sbornik / Territorial'nyj organ Rosstat po Novosibirskoj oblasti. – Novosibirsk, 2015. – 107 s. – URL: <http://www.sovet.nso.ru/adm2015/doc/i0122002r.doc> (data obrashheniya 28.12.2015).
22. Strel'nikova T. O. Ispolzovanie raschetnykh indeksov v kachestve indikatorov bioraznoobraziya populyatsionno-vidovogo i ehkossistemnogo urovnej / T. O. Strel'nikova, S. G. Platonova, V. V. Skripko // *Problemy izucheniya rastitel'nogo pokrova Sibiri : materialy 6-j Mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii.* – Tomsk, 2017. – S. 92-94.
23. Schastlivtsev E. L. Formirovanie geoehkologicheskoy situatsii v ugledobvyayushhem komplekse Kuzbassa / E. L. Schastlivtsev // *Rekul'tivatsiya narushennykh zemel' v Sibiri.* – Kemerovo, 2005. – Vyp. 1. – S. 15-35.
24. SHeremetova S. A. Spisok sosudistyx rastenij bassejna reki Tomi / S. A. SHeremetova // *Botanicheskie issledovaniya Sibiri i Kazakhstana.* – Kemerovo, 2011. – Vyp. 17. – S. 43-94.
25. EHkologicheskaya karta Kemerovskoj oblasti. M-b. 1 : 500 000 / red. I. M. Gadzhiev, G. I. Gritsko. – Novosibirsk, 1995.
26. YAshina T. V. Indikatory otsenki bioraznoobraziya na osobo okhranyaemykh prirodnykh territoriyakh Altae-Sayanskogo ehkoregiona. Rukovodstvo po ispol'zovaniyu / T. V. YAshina. – Krasnoyarsk, 2011. – 56 s. – URL: http://www.altai-sayan.ru/doc/Indikator_biodiver.pdf (data obrashheniya: 27.09.2016).
27. Analysis of ecological vulnerability based on landscape pattern and ecological sensitivity: a case of Duerbete County / J. Miao [et c.] // *Remote Sensing and Modeling of Ecosystems for Sustainability.* – 2008. – Vol. 7083.
28. Brooks N. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation / N. Brooks, W. N. Adger, P. M. Kelly // *Global Environmental Change.* – 2005. – Vol. 15(2). – P. 151-163.
29. Ecological Vulnerability Assessment Integrating the Spatial Analysis Technology with Algorithms / Qiao Zhi [et al] // *A Case of the Wood-Grass Ecotone of Northeast China.* – 2013. – Vol. 2013. – Article ID 207987. – 8 p. – URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/207987> (data obrashheniya: 10.01.2018).
30. Good Practice Guidance for Mining and Biodiversity. International Council on Mining and Metals (ICMM) / ed. L. Starke. – London, UK : CMM, 2006. – 142 p.
31. Luers A. L. The surface of vulnerability: an analytical framework for examining environmental change /

A. L. Luers // *Global Environmental Change*. – 2005. – Vol. 15(3). – P. 214-223.

Платонова Софья Григорьевна
кандидат геолого-минералогических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории ландшафтно-водноэкологических исследований и природопользования Института водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, т. 8-905-082-4876, E-mail: sgplatonova@mail.ru

Скрипко Вадим Валерьевич
кандидат географических наук, доцент кафедры природопользования и геоэкологии географического факультета Алтайского государственного университета, г. Барнаул, т. 8-913-249-8148, E-mail: skripko@inbox.ru

Стрельникова Татьяна Олеговна
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории промышленной ботаники Кузбасского ботанического сада Института экологии человека СО РАН, г. Кемерово, т. 8-913-273-4262, E-mail: strelnikova21@yandex.ru

Манаков Юрий Александрович
доктор биологических наук, заведующий лабораторией промышленной ботаники Кузбасского ботанического сада Института экологии человека СО РАН, г. Кемерово, т. 8-913-401-4860, E-mail: jm515@yandex.ru

32. *Mining and Biodiversity. A collection of case studies* – 2010 // International Council on Mining and Metals. – London, UK, 2010. – 34 p.

Platonova Sofia Grigor'yevna
Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Laboratory of Landscape and Water-Ecological Research and Nature Management of the Institute of Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Barnaul, tel. 8-905-082-4876, E-mail: sgplatonova@mail.ru

Skripko Vadim Valer'yevich
Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Nature Management and Geoecology, Geographical Faculty, Altai State University, Barnaul, tel. 8-913-249-8148, E-mail: skripko@inbox.ru

Strel'nikova Tatiana Olegovna
Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Industrial Botany of the Kuzbass Botanical Garden of the Institute of Human Ecology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, tel. 8-913-273-4262, E-mail: strelnikova21@yandex.ru

Manakov Yuriy Alexandrovich
Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Industrial Botany of the Kuzbass Botanical Garden of the Institute of Human Ecology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, tel. 8-913-401-4860, E-mail: jm515@yandex.ru