УДК 504.05, 504.03

А.И. Банчева[1], Н.Н. Алексеева[2]

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА О. ХОККАЙДО

Предложен алгоритм геоэкологической оценки территории, создана карта современных ландшафтов о. Хоккайдо, разработаны соответствующие тематические разделы базы геоданных, где отражены интенсивность техногенных воздействий (на примере расчетных концентраций диоксида серы в воздухе) и устойчивость к ним ландшафтов, которая оценивалась по климатическим характеристикам, геохимическим особенностям почв, растительному покрову. Результатом оценочных действий стала карта экологической напряженности состояния ландшафтов под влиянием аэротехногенного загрязнения воздуха SO_2. В случае потенциального увеличения техногенного или природного загрязнения SO_2 соотношение факторов устойчивости и воздействия может быть использовано для прогнозирования геоэкологического состояния о. Хоккайдо.

Ключевые слова: современные ландшафты, аэротехногенное загрязнение, оксиды серы, Хоккайдо, устойчивость ландшафтов к подкислению, геоинформационные технологии, базы геоданных.

Постановка проблемы. Геоэкологическая оценка зарубежных территорий, помимо общенаучных и образовательных целей, представляет определенный интерес и для решения ряда прикладных задач. Учет территориального проявления и напряженности экологических проблем в зарубежных странах важен в связи с потенциальным риском ухудшения состояния окружающей среды и возникновения техногенных катастроф, которые могут приводить к трансграничному переносу загрязнителей на территорию России воздушным, водным и подземным путем, появлению миграционных потоков «экологических беженцев», растущей конкуренции за природные ресурсы.

Методология, разработанная для экологического картографирования России и ее регионов [Оценка качества …, 1995; Жуков с соавт., 1999; Стурман, 2003; География, общество …, 2004; Кочуров с соавт., 2009], применима и для зарубежных территорий, но с определенными ограничениями. Прежде всего, представляет сложность получение актуальной информации – статистических и фондовых материалов об условиях поступления загрязняющих веществ в окружающую среду (ОС), фактически измеренном составе и объемах загрязнений (часто с запозданием в несколько лет), результатах мониторинга, биоиндикации и пр., необходимых для интерпретации пространственных данных о состоянии среды. Малочисленность доступных источников информации усугубляется невозможностью проведения полевых и инструментальных наблюдений. Осложняют геоэкологическую оценку проблема выбора операционно-территориальных единиц (ОТЕ) и иной набор критериев состояния ОС, применяемых за рубежом, далеко не всегда сопоставимых с отечественными. В то же время в этих исследованиях возможно применение материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), доступных статистических данных, в том числе о здоровье населения, методов математического моделирования процессов рассеяния загрязняющих веществ и др. Таким образом, геоэкологическая оценка зарубежных территорий значительно осложняется фрагментарностью данных, а доступная информация, основанная на различных и не всегда сопоставимых шкалах измерения, нуждается в дополнительной интерпретации.

В качестве *объекта* геоэкологической оценки выбран о. Хоккайдо (Япония)[3] – самый северный из японских островов и соседствующий с Россией. Как известно, в Японии около 40 лет назад благодаря эффективной экологической политике, в том числе внедрению новых технологических и организационных решений, были решены серьезные экологические проблемы [Иванов с соавт., 1991]. Сейчас ситуация по основным показателям качества окружающей среды стабилизировалась на удовлетворительном уровне, однако существует региональная дифференциация загрязнения воздуха, водных объектов и почв. Отчасти это объясняется возникновением новых проблем на территории самой Японии (например, вследствие аварии на АЭС Фукусима в результате сильнейшего землетрясения и цунами 11.03.2011 г. произошло радиоактивное загрязнение почв, побережья и прибрежных вод в одноименной префектуре) [Hirose, 2016], отчасти – трансграничным пере-

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии мира и геоэкологии, инженер; *e-mail*: ban-sai@mail.ru

[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии мира и геоэкологии, доцент, и.о. заведующего кафедрой, канд. геогр. н.; *e-mail*: nalex01@mail.ru

[3] Остров расположен в умеренном поясе с господством бореальных (преимущественно в горах) и суббореальных типов ландшафтов; около 37% занято равнинами и холмистыми территориями, 63% – горами. Население острова – 5,5 млн человек, средняя плотность – 67 чел/км^2 – меньше, чем в любой другой префектуре Японии. Экономическая специализация связана с пищевой промышленностью, сельским хозяйством, туризмом, нефтепереработкой (г. Идэмицу, г. Синнисэй), теплоэнергетикой (г. Сунагава, г. Сириути), черной металлургией (г. Саппоро, г. Муроран, г. Томакомаи), целлюлозно-бумажной промышленностью (г. Сираои, г. Эбецу, г. Асахикава).

носом загрязнителей (например, привносом твердых частиц диаметром менее 2,5 мкм ($PM_{2,5}$)) из Китая в префектуры Фукуока, Сага, Киото, Осака [Shimadera et al., 2009; PM 2.5 …].

Достаточно актуальна для Японии и проблема загрязнения воздушной среды оксидами серы. По данным Сети мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии (EANET), в Японии при невысоком уровне выпадений (28–77 ммоль/м^2 в год за период наблюдений – 2005–2008 гг.) отмечается значительная разница их распределения по территории, в том числе из-за трансграничного переноса и вулканических извержений [Review …, 2015]. Отмечается отчетливый тренд увеличения объемов трансграничного поступления серы в атмосферу Японии из Китая. По оценкам японских специалистов, из-за увеличения выбросов оксидов серы в странах Восточной Азии общее количество влажных выпадений серы в Японии за этот период было больше, чем в Северной Америке и Европе [Endo et al., 2011]. Основной источник поступления серы в окружающую среду в самой Японии – предприятия теплоэнергетики, хотя после внедрения эффективных технологий по обессериванию нефти выбросы SO_2 в атмосферу заметно сократились. По данным EANET, антропогенное поступление серы в ландшафты уже сопоставимо с природными источниками [Review …, 2015]. Так, в 2000 г. в процессе извержения вулкана Ояма на о. Миякедзима группы Идзу ежедневно с вулканическими газами в атмосферу выбрасывалось 42 тыс. т оксидов серы, в результате чего жители были вынуждены покинуть остров. Извержение только этого вулкана дало 30% всех поступлений серы в атмосферу Японии в 2000–2005 гг. [Kuribayashi et al., 2012].

Цель исследования – геоэкологическая оценка о. Хоккайдо на примере одной из проблем – загрязнения диоксидом серы. В задачи входили интеграция имеющихся геопространственных и прочих данных для создания карты современных ландшафтов, разработка алгоритма геоэкологической оценки под воздействием аэротехногенных выбросов оксидов серы от теплоэнергетики и ее проведение для территории о. Хоккайдо.

Материалы и методы исследований. Любое геоэкологическое исследование регионального масштаба базируется на разнородных источниках информации – картах, космических снимках, базах геоданных, статистических материалах, данных мониторинга окружающей среды. Задачам геоэкологического анализа, включая сбор, хранение и обработку пространственной информации, в полной мере отвечают геоинформационные технологии [Лурье с соавт., 2015]. В условиях ограниченного доступа к пространственно определенной информации, важным инструментом геоэкологического анализа зарубежных территорий может стать специализированная тематическая база геоданных с разработкой необходимых атрибутов данных и метаданных объектов по отдельным слоям. На ее основе может быть создана серия электронных карт, включающая в себя разнообразные тематические разделы, принятые при геоэкологической оценке: от 3–4 [Исаченко, 2003; Стурман, 2003] до 15 [Заиканов с соавт., 2014].

Материалы для проведения геоэкологической оценки Хоккайдо получены из электронных баз данных Статистического бюро Японии, министерств и научных институтов, глобальных баз данных, с официальных сайтов промышленных предприятий. Данные представлены в векторном, растровом, табличном и текстовом форматах на японском или английском языках.

Результаты исследований и их обсуждение. В изучении территориального проявления геоэкологических проблем первоочередной задачей является выбор операционных территориальных единиц. Здесь существует несколько подходов. Наиболее простой вариант – интерпретация статистических данных по административно-территориальным образованиям. Этот подход имеет как известные недостатки [Стурман, 2003], так и преимущества, поскольку он адекватно отражает проблемы, решение которых зависит от административно контролируемых факторов. Поэтому он может служить мерой оценки эффективности региональной экологической политики. Так, например, проведенная оценка управления отходами на уровне префектур Японии в целом удовлетворительно отразила дифференциацию регионов с точки зрения эффективности политики по утилизации и рециклированию ТБО [Банчева, 2016]. В то же время картограммы, создаваемые для анализа осредненных показателей загрязнения атмосферы, вод, почв и др. по административным единицам, зачастую не учитывают территориальные различия в состоянии окружающей среды как в связи с дифференциацией современных ландшафтов, так и антропогенной нагрузки на городских, сельских или малозаселенных землях.

Второй подход, широко используемый в геоэкологических оценках – ландшафтно-географический или геосистемный, когда в основу исследования кладется ландшафтная структура территории. Геоэкологическая оценка в этом случае включает в себя ряд последовательных этапов: вначале проводится инвентаризация геосистем (или при наличии берется готовая ландшафтная карта), проводится оценка их состояния (антропогенной трансформации, устойчивости или других показателей), дается прогноз развития и разрабатываются необходимые рекомендации [Исаченко, 2003; Заиканов, Минакова, 2008]. В соответствии с задачами и масштабом исследования ОТЕ могут служить ландшафты или единицы физико-географического районирования, так как они отличаются схожим эколого-ресурсным потенциалом, типами хозяйственного освоения и воздействия, близкими условиями депонирования и рассеяния загрязнителей, а также набором и интенсивностью природно-антропогенных процессов.

На наш взгляд, в качестве ОТЕ для задач геоэкологической оценки регионов целесообразно использовать сетку современных ландшафтов, представляющих собой мозаику природных (условно-коренных), природно-антропогенных и техногенных геосистем. Границы современных ландшафтов подвижны во времени, они определяются, наряду с природными условиями, целым комплексом факторов, имеющих социально-экономическую сущность. Поэтому при их картографировании в региональных масштабах (от 1:100 000 до 1:2 млн) часто применяются геоданные о земельном покрове и материалы ДЗЗ, хорошо отражающие фактическую дифференциацию ландшафтов в конкретный момент времени. Хозяйственная деятельность приводит к усложнению ландшафтной структуры за счет возникновения новых ландшафтных выделов и границ, далеко не всегда совпадающих с естественными рубежами природных геосистем (на примере агроландшафтов это было доказано О.Н. Трапезниковой [Трапезникова, 2014]), а также разнообразных техногенных систем. Поскольку ландшафтные карты для большинства зарубежных территорий отсутствуют (кроме стран СНГ), геоэкологическую оценку, как правило, приходится начинать с разработки ландшафтной основы и определения ранга геосистем, отвечающего задачам исследования.

Еще один подход, используемый для геоэкологической оценки, предполагает создание непрерывных полей воздействия (состояния) способом изолиний. Изолинейные карты составляются на основе данных о природных условиях территории (метеорологических, гидрологических и др.) и данных мониторинга загрязняющих веществ в соответствующих средах. Вместо материалов мониторинга могут быть использованы результаты расчетов концентраций веществ на основе данных об объемах выбросов и метеорологических характеристиках территории. Возможно картографирование распределения загрязнения как по отдельным веществам, так и по обобщающим индексам загрязнения атмосферы, воды и проч. [Природопользование ..., 2013]. Существует еще целый ряд применяемых ОТЕ (например, регулярная сетка, речные бассейны и др.). Также путем совместного применения методов кластер-анализа и многомерного шкалирования возможно выделение особых геоэкологических объектов районирования [Зибров с соавт., 2010].

После проведения пофакторных и комплексных оценок составляются итоговые карты, интегрирующие полученные оценочные результаты: геоэкологической стабильности состояния геосистем [Заиканов с соавт., 2013] или экологической напряженности [Ивашкина, 2010; Битюкова, 2012]. Итогом геоэкологической оценки в ряде случае становится оценка эффективности проектных решений развития региона [Заиканов с соавт., 2013].

Таким образом, выбрав ландшафты в качестве ОТЕ, было определено содержание первого тематического раздела базы геоданных Хоккайдо: современные ландшафты. При составлении карты «Современные ландшафты о. Хоккайдо» использовались следующие тематические слои: геологическое строение, типы рельефа, цифровая модель рельефа, почвы, современная растительность, земельный покров. Последний слой имеет принципиально важное значение для картирования современных ландшафтов, так как интегрирует геоданные об актуальной мозаике растительности естественного и антропогенного происхождения (в том числе, посевах сельскохозяйственных культур и пастбищах), пустошах, застроенных территориях, других техногенных объектах, а также водоемах и водотоках. Слой «земельный покров» отражает объективную картину современного землепользования, поскольку он создается в результате обработки космических снимков разного разрешения на основе измеряемых биофизических свойств поверхности. В работе использовалась база геоданных о земельном покрове Modis Land Cover, с разрешением 30 секунд. В ряде случаев для уточнения контуров привлекались снимки высокого и сверхвысокого пространственного разрешения, размещенные на общедоступных интернет-порталах (GoogleEarth, EOS Data Analytics). Всего на ландшафтной карте о Хоккайдо было выделено 28 родов и 90 типологических групп видов ландшафтов.

Второй и третий разделы базы геоданных посвящены оценке воздействия выбросов диоксида серы теплоэлектростанциями (ТЭС) и устойчивости ландшафтов к нему. Интенсивность воздействия выражается через расчетные концентрации загрязняющих веществ, поступающих в ландшафт от источников, располагающихся в нем и/или поступающих из-за его границ с ветровым переносом, переносом со стоком и пр. В данной работе в качестве источников выбросов анализировались только ТЭС. В 2011 г. в префектуре о-ва Хоккайдо предприятия теплоэнергетики давали 46% выбросов SO_2 (около 12% – пищевая промышленность, 8% – целлюлозно-бумажная, 7% – нефтеперерабатывающая) [Сейфу…, 2017]. Поэтому для количественной оценки негативного техногенного воздействия на основе данных о выбросах семи теплоэлектростанций Хоккайдо построены карты распределения расчетных концентраций SO_2. В расчетах концентраций и ареалов воздействия, согласно формуле В.В. Петрухина и В.В. Вишенского, учитывались такие климатические характеристики, как высота слоя перемешивания, повторяемость направлений ветра, скорость ветра, а также время присутствия примеси в атмосфере и расстояние до источника [Стурман, 2013]. В качестве исходных использованы срочные данные Национального центра экологического прогнозирования (США) [Saha et al., 2011], так как данных метеорологических наблюдений оказалось недостаточно. Моделирование ареалов расчетных концентраций проводилось для каждой ТЭС, после чего рассчитывался суммарный ареал воздействия и осуществлялось осреднение концентраций по ландшафтам.

Степень потенциальной устойчивости по отношению к конкретному типу воздействия определяется свойствами компонентов самого ландшафта [Казаков, Чижова, 2001]. В нашем случае в соответствии с поставленными задачами оценивались:

1) климатические данные, характеризующие способность атмосферы к самоочищению, на основе которых проводился расчет индекса потенциального риска загрязнения атмосферы (ПРЗА); 2) геохимические особенности почв, по которым определялся показатель эколого-геохимической устойчивости почв (ЭГУ); 3) современная растительность с различной чувствительностью видов к техногенному подкислению (рис. 1). Аналогичный набор компонентов применялся в работе Всемирного банка RAINS-ASIA для оценки чувствительности территории Восточной Азии к кислотным выпадениям (анализировались климатические факторы; геохимические особенности почв; типы растительного покрова и землепользования) [Downing et al., 1997].

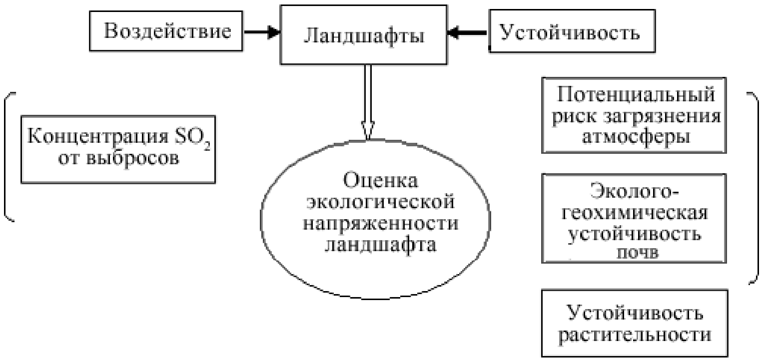

Рис. 1. Алгоритм оценки геоэкологического состояния ландшафтов при аэротехногенном загрязнении оксидами серы

Fig. 1. Algorithm of the geoecological assessment of landscapes with regard to SO_x air pollution

Для расчетов ПРЗА использована методика [Pykh, Malkina-Pykh, 2011], наиболее подходящая для региональных масштабов. В качестве исходных анализировались данные 157 метеостанций, равномерно размещенных на территории Хоккайдо. Рассчитывались январские, июльские и среднегодовой показатели; временной ряд данных – 30 лет (1986–2015 гг.). Зимой наименьший потенциал загрязнения свойственен ландшафтам западной части Хоккайдо (равнины Румой и Исикари, нагорье Сирибеси, полуостров Осима) и равнине Консен на крайнем востоке острова. В летний период наибольший потенциал самоочищения характерен для восточной части острова. Такая ситуация, вероятно, во многом объясняется годовым распределением осадков.

Устойчивость почв к техногенному подкислению оценивалась по методике М.А. Глазовской [1997]. Для этого проведено сравнение общей противокислотной буферности почв (которая формируется, исходя из мощности органического и гумусового горизонтов и суммы обменных оснований в них, а также содержания обменного натрия, глубины присутствия карбонатов и окислительно-восстановительных условий) и кислотной сенсорности почв (выражается через кислотно-щелочные условия и содержание аморфных оксидов). Расчеты проводились для ареалов, представленных сочетаниями реферативных почвенных групп, геопространственные данные для которых свободно предоставляются Международным центром по почвенным исследованиям и информации [Batjes, 2015]. Результаты оценки свидетельствуют, что наибольшей эколого-геохимической устойчивостью к подкислению на о. Хоккайдо обладают глейсоли в сочетании с флювисолями и гистосолями, а также камбисолями. Наиболее устойчивые ландшафты по этому показателю – низкие аллювиально-морские равнины в низовьях рек Исикари, Кусиро, Юбецу, Тесио. Минимальная устойчивость характерная для районов распространения подзолювисолей и лептосолей на склонах гор Тайсецу и Хидака.

С учетом того, что Хоккайдо на 71% покрыт лесами [Forestry Agency …, 2014], оценка устойчивости растительности к аэротехногенному подкислению основывалась на дифференциации типов леса. Поскольку хвойные леса более чувствительны к выбросам диоксида серы, чем широколиственные [Дончева, 1992; Sicard et al., 2016], в расчетах устойчивости ландшафта введены коэффициенты, отражающие породный состав лесов и занимаемые ими площади в ландшафтах. Наибольшей устойчивостью к подкислению по данному показателю характеризуются ландшафты п-ова Осима и Сякотан, нагорья Сирибеси с широколиственными и смешанными лесами, а также равнины Румой и северной части равнины Абасири с преобладанием смешанных лесов.

Завершающим этапом в оценке устойчивости является пересчет полученных данных покомпонентных оценок в границах ландшафтов (с помощью инструментария программы ArcGIS), нормирование значений (методом линейного масштабирования) и суммирование.

Итогом оценочных действий стала результирующая карта, отражающая экологическую напряженность (ЭН) ландшафтов под влиянием аэротехногенного загрязнения воздуха оксидами серы от ТЭС (рис. 2). Экологическая напряженность – комплексная характеристика, которая рассчитывается как сумма нормированных показателей антропогенного воздействия и устойчивости среды [Битюкова, 2012].

Максимальный уровень ЭН (1,36 баллов) наблюдается в пределах древнеаллювиально-древнеморских равнин долины р. Исикари с кленово-буковыми лесами на андосолях (№ 5.25 на рис. 2), хотя максимальная концентрация в воздухе SO_2 отмечается в другом ландшафте. По-видимому, наиболее неблагоприятную экологическую обстановку формирует определенное сочетание уровней воздействия и устойчивости в ландшафте, а не каждый из факторов отдельно. Высокая ЭН отмечена также в сельскохозяйственных модификациях ландшафтов долины р. Исикари (№ 3.40); в ландшафтах предгорий Юбари, занятых лесными плантациями (№ 17.34).

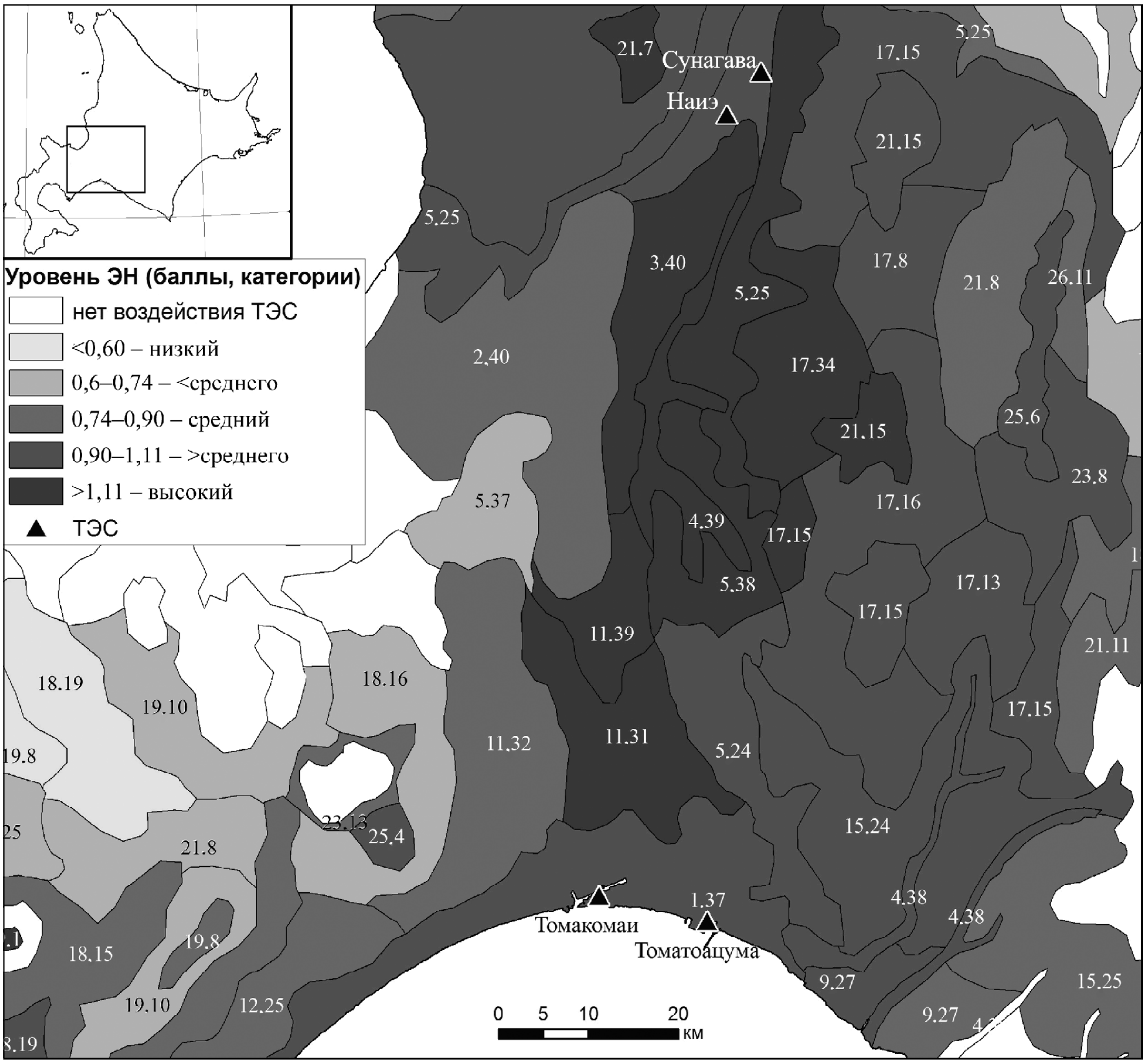

Рис. 2. Экологическая напряженность (ЭН) в ландшафтах о. Хоккайдо в зоне воздействия ТЭС, 2015 г. (цифрами обозначены номера современных ландшафтов, расшифровка выборочно дана в тексте)

Fig. 2. Index of Ecological stress in Hokkaido landscapes under the impact of thermal power plants (numerals indicate present-day landscapes, see details in the text)

В настоящее время расчетные концентрации диоксида серы в воздухе в ландшафтах Хоккайдо, формирующиеся в результате выбросов ТЭС, не превышают значения предельно допустимых концентраций и не создают потенциальную угрозу здоровью населения. В то же время в случае потенциального увеличения аэротехногенного или природного загрязнения SO_2 соотношение факторов устойчивости и воздействия может использоваться для прогнозирования геоэкологического состояния о. Хоккайдо. Так, ландшафты, имеющие относительно низкую устойчивость, могут иметь достаточно высокий уровень экологической напряженности при усилении такого воздействия, что необходимо учитывать при разработке превентивных мероприятий в области окружающей среды.

Выводы:

– для составления интегральной геоэкологической карты необходимо сведение покомпонентной информации, которую можно представить как на единой основе (в ландшафтных контурах, в границах систем природопользования или типов земельного покрова), так и в виде геоэкологических объектов районирования, выделенных на основе многомерной классификации. В качестве основы для геоэкологической оценки территорий в региональных масштабах в наибольшей степени подходят карты современных ландшафтов;

– основным инструментом геоэкологического анализа зарубежных территорий является региональная тематическая база геоданных. Ее разделы создаются в результате аналитической обработки пространственно определенных данных на основе разных алгоритмов. Они отражают основные этапы геоэкологической оценки в зависимости от задач исследования (проекта). Создаваемые тематические слои основаны на покомпонентных и интегральных (расчетных) атрибутивных данных, на основе которых проводится комплексная геоэкологическая оценка территории;

– для геоэкологической оценки состояния ландшафтов необходимо соотнесение интенсивности воздействий с устойчивостью ландшафтов по отношению к ним; возможно также определение ведущего фактора дифференциации экологической напряженности: высокого уровня техногенного воздействия или низкого порога устойчивости геосистемы;

– осреднение геоэкологических параметров по ландшафтам позволяет адекватно оценить состояние окружающей среды по отношению к тому или иному типу воздействия. В то же время полученные оценки в значительной степени условны, так как они находятся в зависимости от сетки ландшафтного районирования;

– при наличии соответствующих геоданных инструментарий ГИС позволяет проводить ретроспективный анализ, а также прогнозировать развитие экологической ситуации в соответствии с разными сценариями. Сопоставление карт геоэкологического содержания, отражающих фактическую и смоделированную ситуации, дает основание для принятия оптимальных решений в региональном развитии.

Благодарности. Работа выполнена в рамках Госзадания кафедры физической географии мира и геоэкологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Банчева А.И. Об опыте Японии в управлении отходами // Экология урбанизированных территорий. 2016. № 2. С. 61–69.

Битюкова В.Р. Социально-экологические проблемы развития городов России. Изд. 3-е. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. 448 с.

Геоэкологическое состояние ландшафтов суши // География, общество, окружающая среда. Т. 2. Функционирование и современное состояние ландшафтов. Ч. 2. М.: Издательский дом «Городец», 2004. С. 299–476.

Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 107 с.

Дончева А.В., Казаков Л.К., Калуцков В.Н. Ландшафтная индикация загрязнения природной среды. М.: Экология, 1992. 256 с.

Жуков В.Т., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н. Комплексное геоэкологическое картографирование. М.: Научный мир, 1999. 128 с.

Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Методические основы комплексной геоэкологической оценки территории. М.: Наука, 2008. 81 с.

Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В. Подходы к геоэкологическому картографированию регионов // Геоэкология. 2013. № 6. С. 560–572.

Зибров Г.В., Умывакин В.М., Похмелкин А.В. Геоинформационно-аналитические технологии визуализации геоэкологической оценки территорий // Инновации в геоэкологии: теория, практика, образование. Мат-лы Всерос. науч. конф. М.: Географ. ф-т МГУ, 2010. С. 178–182.

Иванов О.В., Мельник Л.Г., Шепеленко А.Н. В борьбе с драконом «Когай». Опыт природопользования Японии. М.: Мысль, 1991.

Ивашкина И.В. Геоэкологические основы территориального планирования города Москвы. Автореф. дис. … канд. геогр. н. М., 2010.

Исаченко А.Г. Введение в экологическую географию. Уч. пособ. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2003. 192 с.

Казаков Л.К., Чижова В.П. Инженерная география. Уч. пособ. М.: Лэндрос, 2001. 268 с.

Кочуров Б.И., Шишкина Д.Ю., Антипова А.В., Костовска С.К. Геоэкологическое картографирование. Уч. пособ. М.: Изд. центр «Академия», 2009. 192 с.

Лурье И.К., Балдина Е.А., Прасолова А.И., Прохорова Е.А., Семин В.Н., Чистов С.В. Серия карт эколого-географической оценки земельных ресурсов территории Новой Москвы // Вестник МГУ. Серия геогр. 2015. № 1. С. 49–58.

Оценка качества окружающей среды и экологическое картографирование / Под ред. Н.Ф. Глазовского. М.: ИГРАН, 1995. 213 с.

Природопользование и геоэкология Удмуртии / Под ред. В.И. Стурман. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2013. 384 с.

Стурман В.И. Географический анализ природопользования: методика и результаты (на примере Удмуртии и Пермского края) // Инновации в геоэкологии: теория, практика, образование. Мат-лы Всерос. науч. конф. М.: Географ. ф-т МГУ, 2010. С. 113–117.

Стурман В.И. Экологическое картографирование. Уч. пособ. М.: Аспект Пресс, 2003. 251 с.

Трапезникова О.Н. Геоэкологическая концепция агроландшафта // Изв. РГО. 2014. Вып. 1. С. 73–85.

Batjes N.H. World soil property estimates for broad-scale modelling (WISE30sec, ver. 1.0). Report 2015/1, ISRIC. World Soil Information. Wageningen, 2015. 57 p.

Downing R., Ramankutty R., Shah J. RAINS-ASIA. An Assessment Model for Acid Deposition in Asia. The World Bank, 1997. 67 p.

Endo T., Yagoh H., Sato K., Matsuda K., Hayashi K., Noguchi I., Sawada K. Regional characteristics of dry deposition of sulfur and nitrogen compounds at EANET sites in Japan from 2003 to 2008 // Atmospheric Environment. 2011. V. 45(6). P. 1259–1267.

Forestry Agency of Japan. URL: http://www.rinya.maff.go.jp/ (Дата обращения: 23.01.2017)

Hirose K. Fukushima Daiichi Nuclear Plant accident: Atmospheric and oceanic impacts over the five years // J. Environmental Radioactivity. June 2016. V. 157. P. 113–130.

Kuribayashi M., Ohara T., Morino Y. et al. Long-term trends of sulfur deposition in East Asia during 1981–2005 // Atmospheric Environment. 2012. V. 59. P. 461–475.

Pykh Y., Malkina-Pykh I. Assessing air pollution risk potential: case study of the Tohoku district, Japan // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2011. V. 147.

Review on the State of Air Pollution in East Asia. Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET). February 2015. 411 p.

Saha S. et al. NCEP Climate Forecast System Version 2 (CFSv2) 6-hourly Products. National Center for Atmospheric Research, Computational and Information Systems Lab. 2011. URL: http://dx.doi.org/10.5065/D61C1TXF (Дата обращения: 23.01.2017).

Shimadera H., Kondo A., Kaga A., Shrestha K.L., Inoue Y. Contribution of transboundary air pollution to ionic concentrations in fog in the Kinki Region of Japan // Atmospheric Environment. 2009. V. 43(37). P. 5894–5907.

Sicard P. et al. Global topics and novel approaches in the study of air pollution, climate change and forest ecosystems // Environment pollution. 2016. № 213. P. 977–987.

PM 2.5 ко:са дэ хирай дзо:ка (Рост числа привносимых частиц PM 2.5). URL:https://yomidr.yomiuri.co.jp/article/20130318-OYTEW51900/ (Дата обращения 23.01.2017).

Сэйфу то:кэй но со:го мадогути. Тайки осэн буссицу хайсюцурэ: со:го: тэ:са (Официальный портал государственной статистики Японии. Данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу). URL: http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001048694&cycode=0 (Дата обращения 23.01.2017).

Поступила в редакцию 17.02.2017
Принята к публикации 31.03.2017

A.I. Bancheva[1], N.N. Alekseeva[2]

GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF HOKKAIDO ISLAND

Different approaches to geoecological studies are discussed, including the choice of suitable operational spatial units, as well as the lack of statistical and monitoring data for geoecological assessment (if the overseas territories are under study). Present-day landscapes are considered to be the most appropriate basis for assessing the state of the environment. Integration of existing geospatial data made it possible to compile the landscape map of Hokkaido (Japan). The elaborated algorithm of geo-ecological assessment included the development of corresponding sections and layers of thematic geo-database. As the result, the integrated index of Ecological stress was calculated for Hokkaido. The index integrates the indicators of both the anthropogenic load and the landscape sustainability. The anthropogenic load is calculated as SO_2 air concentrations from the thermal power plants emissions; the landscape sustainability is expressed through climatic, geochemical and vegetation characteristics with the focus on its sensitiveness to acid emissions (SO_2). Mapping of the Ecological stress index for the landscapes of Hokkaido may be helpful to predict the state of the environment under the increased load of sulfur dioxide emissions due to natural or technogenic impact.

Key words: present-day landscapes, aerotechogenic pollution, sulfur oxides, landscape resilience to acidification, GIS-technologies, geo-databases, the Hokkaido Island.

Acknowledgements. The study was undertaken under the state-ordered research theme of the Department of World Physical Geography and Geoecology.

REFERENCES

Bancheva A.I. Ob opyte Yaponii v upravlenii othodami [The Japanese experience in waste management] // Ekologiya urbanizirovannyh territorij. 2016. № 2. S. 61–69 (in Russian).

Batjes N.H. World soil property estimates for broad-scale modelling (WISE30sec, ver. 1.0). Report 2015/1, ISRIC. World Soil Information. Wageningen, 2015. 57 p.

Bityukova V.R. Social'no-ekologicheskie problemy razvitiya gorodov Rossii. [Social-economic problems of Russia's cities progress] Izd. 3-e. M.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2012. 448 s. (in Russian).

Doncheva A.V., Kazakov L.K., Kaluckov V.N. Landshaftnaya indikaciya zagryaznenija prirodnoj sredy.[Landscape indication of environment pollution] M.: Ekologiya, 1992. 256 s. (in Russian).

Downing R., Ramankutty R., Shah J. RAINS-ASIA. An Assessment Model for Acid Deposition in Asia. The World Bank, 1997. 67 p.

Endo T., Yagoh H., Sato K., Matsuda K., Hayashi K., Noguchi I., Sawada K. Regional characteristics of dry deposition of sulfur and nitrogen compounds at EANET sites in Japan from 2003 to 2008 // Atmospheric Environment. 2011. V. 45(6). P. 1259–1267.

Forestry Agency of Japan. URL: http://www.rinya.maff.go.jp/ (Accessed: 23.01.2017).

Geoekologicheskoe sostoyanie landshaftov sushi [Geoecological state of terrestrial landscapes] // Geografija, obshhestvo, okruzhajushhaja sreda. T. 2. Funkcionirovanie i sovremennoe sostojanie landshaftov. Ch. 2. M.: Izdatel'skij dom «Gorodec», 2004. S. 299–476 (in Russian).

Glazovskaya M.A. Metodologicheskie osnovy ocenki ekologo-geohimicheskoj ustojchivosti pochv k tehnogennym vozdejstviyam. [Methodological bases of the evaluation of ecological-geochemical resistance of soils to technogenic impacts] M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1997. 107 s. (in Russian).

Hirose K. Fukushima Daiichi Nuclear Plant accident: Atmospheric and oceanic impacts over the five years // J. Environmental Radioactivity. June 2016. V. 157. P. 113–130.

Isachenko A.G. Vvedenie v ekologicheskuyu geografiyu. [Introduction to the environmental geography] Uch. posob. SPb.: Izd-vo S.-Pb. un-ta, 2003. 192 s. (in Russian).

Ivanov O.V., Mel'nik L.G., Shepelenko A.N. V bor'be s drakonom «Kogaj». Opyt prirodopol'zovanija Japonii. [Fighting the Kogai dragon. Experience of nature management in Japan] M.: Mysl', 1991 (in Russian).

Ivashkina I.V. Geoekologicheskie osnovy territorial'nogo planirovanija goroda Moskvy. [Geoecological bases of spatial planning in the Moscow city] Avtoref. dis. … kand. geogr. n. M., 2010 (in Russian).

Kazakov L.K., Chizhova V.P. Inzhenernaya geografiya. [Engineering geography] Uch. posob. M.: Ljendros, 2001. 268 s. (in Russian).

Kochurov B.I., Shishkina D.Ju., Antipova A.V., Kostovska S.K. Geoekologicheskoe kartografirovanie. [Geoecological mapping] Uch. posob. M.: Izd. centr «Akademija», 2009. 192 s. (in Russian).

Kuribayashi M., Ohara T., Morino Y. et al. Long-term trends of sulfur deposition in East Asia during 1981-2005 // Atmospheric Environment. 2012. V. 59. P. 461–475.

Lur'e I.K., Baldina E.A., Prasolova A.I., Prohorova E.A., Semin V.N., Chistov S.V. Serija kart ekologo-geograficheskoj ocenki zemel'nyh resursov territorii Novoj Moskvy [A series of maps of the ecological-geographical assessment of land resources within the New Moscow territory] // Vestnik MGU. Serija geogr. 2015. № 1. S. 49–58 (in Russian).

Ocenka kachestva okruzhajushchej sredy i ekologicheskoe kartografirovanie [Evaluation of environment quality and ecological mapping] / Pod red. N.F. Glazovskogo. M.: IGRAN, 1995. 213 s.

Prirodopol'zovanie i geoekologiya Udmurtii [Nature management and geoecology of Udmurtiya] / Pod red. V.I. Sturman. Izhevsk: Izd-vo «Udmurtskij universitet», 2013. 384 s. (in Russian).

Pykh Y., Malkina-Pykh I. Assessing air pollution risk potential: case study of the Tohoku district, Japan // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2011. V. 147.

[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of World Physical Geography and Geoecology, Engineer; *e-mail*: ban-sai@mail.ru

[2] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of World Physical Geography and Geoecology, Associate Professor, PhD. in Geography; *e-mail*: nalex01@mail.ru

Review on the State of Air Pollution in East Asia. Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET). February 2015. 411 p.

Saha S. et al. NCEP Climate Forecast System Version 2 (CFSv2) 6-hourly Products. National Center for Atmospheric Research, Computational and Information Systems Lab. 2011. URL: http://dx.doi.org/10.5065/D61C1TXF (Accessed: 23.01.2017).

Shimadera H., Kondo A., Kaga A., Shrestha K.L., Inoue Y. Contribution of transboundary air pollution to ionic concentrations in fog in the Kinki Region of Japan // Atmospheric Environment. 2009. V. 43(37). P. 5894–5907.

Sicard P. et al. Global topics and novel approaches in the study of air pollution, climate change and forest ecosystems // Environment pollution. 2016. № 213. P. 977–987.

Sturman V.I. Ekologicheskoe kartografirovanie. [Ecological mapping] Uch. posob. M.: Aspekt Press, 2003. 251 s. (in Russian).

Sturman V.I. Geograficheskij analiz prirodopol'zovaniya: metodika i rezul'taty (na primere Udmurtii i Permskogo kraja) [Geographical analysis of nature management; methods and results (case study of Udmurtiya and Perm Krai] // Innovacii v geoekologii: teoriya, praktika, obrazovanie. Mat-ly Vseros. nauch. konf. M.: Geograf. f-t MGU, 2010. S. 113–117 (in Russian).

Trapeznikova O.N. Geoekologicheskaya koncepciya agrolandshafta [Geoecological concept of agrolandscape] // Izv. RGO. 2014. Vyp. 1. S. 73–85 (in Russian).

Zaikanov V.G., Minakova T.B. Metodicheskie osnovy kompleksnoj geoekologicheskoj ocenki territorii. [Methodical bases of the integrated geoecological assessment of territories] M.: Nauka, 2008. 81 s. (in Russian).

Zaikanov V.G., Minakova T.B., Buldakova E.V. Podhody k geoekologicheskomu kartografirovaniyu regionov [Approaches to the regional geoecological mapping] // Geoekologiya. 2013. № 6. S. 560–572 (in Russian).

Zhukov V.T., Novakovskij B.A., Chumachenko A.N. Kompleksnoe geoekologicheskoe kartografirovanie. [Synthetic geoecological mapping] M.: Nauchnyj mir, 1999. 128 s. (in Russian).

Zibrov G.V., Umyvakin V.M., Pohmelkin A.V. Geoinformacionno-analiticheskie tehnologii vizualizacii geoekologicheskoj ocenki territorij [Geoinformational-analytical techniques for visualization of the geoecological assessment of territories] // Innovacii v geoekologii: teorija, praktika, obrazovanie. Mat-ly Vseros. nauch. konf., M.: Geograf. f-t MGU, 2010. S. 178–182 (in Russian).

PM 2.5 ko:sa de hirai zo:ka. URL: https://yomidr.yomiuri.co.jp/article/20130318-OYTEW51900/ (Accessed 23.01.2017).

Seifu to:kei no so:go madoguchi. Taiki osen busshitsu haishitsuryo: so:go cho:sa. URL: http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001048694&cycode=0 (Accessed 23.01.2017).

Received 17.02.2017
Accepted 31.03.2017