

УДК 911.53:502.175:)004.65(477)

А. О. Сплодитель¹, Л. Ю. Сорокина²¹канд. геогр. наук, докторант Института геохимии, минералогии
и рудообразования имени Н. П. Семеновко НАН Украины²канд. геогр. наук, ст. науч. сотрудник Института географии НАН Украины
e-mail: ¹asplodytel@gmail.com; ²sorokina_geo@ukr.net**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЛАНДШАФТОВ УКРАИНЫ**

Рассмотрены актуальные задачи мониторинговых исследований современных ландшафтов. Изложены проблемы геоэкологической оценки техногенного влияния на состояние антропогенно измененных ландшафтов Украины. Сформулированы основные положения разработанной методики ландшафтоведческого анализа состояния окружающей природной среды, основанной на применении современных информационных технологий (географических информационных систем) и интерпретации материалов дистанционного зондирования земли. Предложена конструктивно-экологическая модель мониторинга антропогенных изменений ландшафтов. Приведены основные результаты апробации методики при организации геоэкологического мониторинга ландшафтов природоохранных территорий.

SPLODYTEL A. O., SOROKINA L. Yu.**GEOECOLOGICAL MONITORING OF ANTHROPOGENIC LANDSCAPE CHANGES IN UKRAINE**

This paper deals with the issues of ecological assessment of the technogenic influence on anthropogenic landscape changes in Ukraine. The study provides fundamental statements of the methodology developed based on contemporary informational technologies – geographic information system for environmental condition management. The article offers constructive and ecological monitoring model of anthropogenically changed landscapes. Main results of the suggested methodology approbation during the geoecological landscape monitoring of the preserved territories organization are presented.

Введение

Среди современных мониторинговых исследований особенно актуальным и перспективным направлением представляется обоснование и организация мониторинга ландшафтов как целостных природных систем в их современных антропогенно измененных вариантах. Обязательные при мониторинговых исследованиях единый перечень наблюдаемых показателей и стандартизация получаемых данных, общие методы их обработки и прогнозирования дальнейших изменений ландшафтов позволят получать целостное представление об актуальном состоянии антропогенно измененных ландшафтов на локальном, региональном и национальном уровнях.

Вместе с тем основные виды природопользования, иные виды воздействия человека на природную среду по-разному влияют на компоненты ландшафтов и формируют разнообразные, в том числе различные по своей природе геоэкологически проблемные состояния. Поэтому необходимы различные программы мониторинговых исследований ландшафтов, находящихся в разных режимах антропогенного воздействия, и их последующая интегральная оценка с использованием комплексных показателей антропогенной измененности.

В современной географии и геоэкологии вопросам мониторинга окружающей природной среды уделяется большое внимание. основополагающие работы, в которых сформулированы базовые положения мониторинговых исследований, принадлежат И. П. Герасимову и Ю. А. Израэлю – одним из основателей экологического мониторинга окружающей среды как научного направления [1]. Эколого-ландшафтоведческое направление мониторинговых исследований тесно связано с развитием ландшафтоведения (А. Г. Исаченко, Н. А. Солнцев, Ю. Г. Симонов, В. Б. Сочава, Ф. Н. Мильков, Г. П. Мил-

лер, В. Н. Петлин, А. В. Мельник, А. М. Маринич, В. М. Пашенко, П. Г. Шищенко); его задачи – определение современного экологического состояния территорий на основе ландшафтоведческого анализа трансформационных изменений в ландшафтах, связанных с деятельностью человека. Эколого-геохимическое направление изучения ландшафтов основано на теоретико-методологических положениях, сформулированных в работах В. В. Докучаева, Б. Б. Польшова, А. И. Перельмана, М. А. Глазовской, Ю. Е. Саета. В Украине развитие ландшафтной геохимии и геохимии окружающей среды связано с исследованиями В. Н. Гуцуляка, Л. Л. Малышевой, П. В. Зарицкого, И. Н. Волошина и некоторых других исследователей. В работах последних десятилетий, посвященных вопросам наблюдений за состоянием природной среды, особое внимание уделяется вопросам использования материалов дистанционного зондирования земли и методам их ГИС-обработки, интерпретации полученных данных на ландшафтной основе [2], возможностям современных технических средств регулярного сбора информации и анализа полученных результатов для анализа состояния современных ландшафтов.

В Украине мониторинговые исследования состояния природной среды регламентируются Законами Украины «Об охране окружающей природной среды», «О природно-заповедном фонде Украины» а также утвержденным постановлением Кабинета министров Украины «Положением о государственной системе мониторинга окружающей среды». На государственном уровне функционируют системы мониторинга состояния атмосферного воздуха, качества поверхностных вод суши и прибрежных вод Черного и Азовского морей, почв – на землях сельскохозяйственного использования и населенных пунктов. На локальном уровне обязательным является радиоэкологический мониторинг в зоне отчуждения Чернобыльской атомной электростанции, в 30-километровых зонах действующих АЭС Украины. Комплексный же мониторинг состояния ландшафтов и их антропогенных изменений – это, очевидно, лишь точечные регулярные научные исследования на географических стационарах, функционирующих в отдельных регионах Украины (Черногорский – в Украинских Карпатах, Росточский – в широколиственнолесной зоне, Дымерский – в хвойно-широколиственнолесной зоне и некоторые другие).

Основной *целью* данной статьи является обоснование целесообразности комплексных мониторинговых исследований, основанных на ландшафтоведческих позициях, основных направлений и методов получения и использования информации для организации геоэкологического мониторинга антропогенных изменений ландшафтов Украины. Исследовательские *задачи*, которые позволили представить полученные результаты:

- 1) формулирование основных задач и этапов (блоков) геоэкологического мониторинга антропогенных изменений ландшафтов;
- 2) обоснование программы геоэкологических исследований как составляющей мониторинга антропогенных изменений ландшафтов, находящихся под воздействием различных факторов;
- 3) изложение методики сбора и обработки результатов наблюдений;
- 4) представление результатов реализации предложенных методик и программы мониторинга на примере организации геоэкологического мониторинга антропогенных изменений ландшафтов одного из природоохранных объектов.

Методы исследования, примененные при геоэкологическом мониторинге современных ландшафтов и описанные в статье, – это методы ландшафтоведческого и ландшафтоведческо-геохимического анализа, методы обработки материалов дистанционного зондирования земли и геоинформационного моделирования.

Результаты и их обсуждение

Теоретические основы ландшафтоведческого-мониторинговых исследований сформулированы в работах [3–6]. Авторами подчеркивается, что ландшафтный мониторинг не дублирует, не подменяет другие виды мониторинга, а является самостоятельной формой комплексного контроля состояния природной среды [3].

Геоэкологический мониторинг антропогенных изменений ландшафтов – это информационно-прогнозная система, предназначенная для обеспечения специальных высокоточных наблюдений с целью оценки современного и прогнозного состояния компонентов ландшафта, определения степени и источников антропогенного влияния на природную среду. Основные задания системы мониторинга ландшафтов:

1) проведение систематических наблюдений, сбор и систематизация данных о состоянии ландшафтов;

2) создание и ведение банков данных, обеспечение сбора информации и информационного обмена;

3) анализ информации, оценка состояния ландшафтов и влияния на них антропогенных факторов, определяющих уровни загрязнения, изменения структуры землепользования в ландшафтах и др.;

4) прогнозирование изменений и информационно-аналитическая поддержка принятия решений в области охраны окружающей природной среды, рационального использования природных ресурсов и геоэкологической безопасности.

Важнейшим элементом структуры мониторинга является система научно-технических и методических разработок. Их назначение – подготовка всего комплекса методов и методик, используемых при планировании, организации и функционировании мониторинга, при проведении производственных работ, при анализе и оценке результатов наблюдений, прогнозировании изменений ландшафтов и формулировании управленческих решений.

Организационная составляющая системы мониторинга включает три основных блока: подготовки данных, создания базы данных, управления данными.

Система подготовки данных включает модули, обеспечивающие сбор, обработку и хранение исходных данных в цифровом формате.

Создание геоэкологической базы данных содержит две подсистемы:

а) создание тематических слоев;

б) обработка тематических слоев.

Для создания тематического слоя в базу данных вносятся статистические данные геоэкологического мониторинга и существующие картографические материалы. На основании этих данных определяются кадастровые слои по всем видам загрязнений. Подсистема обработки данных дает возможность изменять или дополнять уже имеющиеся данные.

Система управления данными включает подсистему визуализации факторов: на основе данных, собранных в геоэкологической кадастровой базе данных тематических слоев, создаются карты экологического состояния территорий. При создании оценочных карт средства ГИС позволяют автоматически рассчитывать коэффициент геоэкологического состояния [4].

Предлагаемая система мониторинга антропогенных изменений ландшафтов состоит из блоков:

1. Ландшафтоведческий аудит (оценка современного состояния всех компонентов природы на исследуемой территории) выполняется на основе анализа геоэкологических показателей состояния и структуры ландшафта, их способности к самовосстановлению, характеристики природного и антропогенного влияния техногенных объектов на ландшафты. Показатели современного состояния ландшафтов необходимо срав-

нивать с нормативными. Ландшафтоведческий аудит определяется как «процесс выявления, параметризации и комплексного оценивания фактического состояния ландшафтов в условиях конкретного вида природопользования, как информационно-консультативная и прогностическая экспертно-совещательная система; заключается в накоплении аналитико-синтетической информации об антропогенных изменениях ландшафтов и в дальнейшем целевом использовании ее в зависимости от объекта и субъекта аудита. От других видов аудита отличается «последовательно-сетевым» определением взаимосвязей ландшафтных объектов аудита с другими (внеаудитными) объектами» [5, с. 54]. Конечной целью ландшафтоведческого аудита является проверка соответствия современного экологического состояния экологическим стандартам, которые обеспечивали бы оптимальное состояние ландшафта и безопасность жизнедеятельности человека.

2. Оценка влияния на окружающую природную среду техногенных объектов как элемент процесса их проектирования, строительства и эксплуатации.

3. Прогноз изменения геоэкологической ситуации в зависимости от разных сценариев социально-экономического развития территории выполняется средствами компьютерного моделирования геоэкологических состояний той или иной территории в зависимости от существующего или заданных режимов функционирования.

4. Ландшафтный менеджмент (управление геоэкологической ситуацией в целях ее оптимизации) является завершающим этапом мониторинга, он позволяет осуществлять управляемый контроль за экологически безопасной деятельностью в пределах конкретной территории [6].

Программа геоэкологических исследований как составляющей мониторинга антропогенно измененных ландшафтов предусматривает сбор и систематизацию следующей информации [6–9]:

1) источники поступления загрязняющих веществ – выбросы загрязняющих веществ в атмосферу промышленными, энергетическими, транспортными и другими объектами;

2) сбросы сточных вод в водные объекты, поверхностный смыв загрязняющих веществ и др.

3) данные о количестве поступающих в почву загрязняющих и биогенных веществ вместе с удобрениями и ядохимикатами при сельскохозяйственной деятельности;

4) места захоронения и складирования промышленных и коммунальных отходов; сведения о техногенных авариях, приводящих к выбросам в атмосферу опасных веществ и (или) разлива жидких загрязняющих веществ и т. д.;

5) перенос загрязняющих веществ – процессы атмосферного переноса; процессы переноса и миграции в водной среде;

6) процессы ландшафтно-геохимического перераспределения загрязняющих веществ (вертикальная миграция загрязняющих веществ по почвенному профилю; горизонтальная миграция загрязняющих веществ по ландшафтно-геохимическому профилю с учетом ландшафтно-геохимических барьеров и т. д.);

7) данные о состоянии антропогенных источников эмиссии: мощность и место его локализации, ландшафтные условия эмиссии в окружающей среде.

Методика сбора и обработки (интерпретации) результатов мониторинговых наблюдений. Результатом ландшафтоведческого аудита, которому подлежат структуры отдельных компонентов природы и характеристики природно-антропогенного влияния техногенных объектов на ландшафты, является интегральная карта с обозначенными зонами геоэкологического состояния: благоприятного, удовлетворительного, напряженного, неудовлетворительного, предкризисного, критического и катастрофического.

После определения геоэкологического состояния той или иной территории необходима разработка прогноза ее дальнейшего развития. Для этого изучается динамика

природных изменений всех компонентов ландшафта и влияние на них антропогенных факторов. Такая система ландшафтоведческого-экологического мониторинга антропогенных изменений ландшафтов предусматривает выполнение основных задач [4; 6; 7]:

1) определение целей ландшафтоведческого-экологического мониторинга антропогенных изменений ландшафтов и требований к информации, необходимой для их выполнения;

2) создание организационной структуры ландшафтоведческого-экологического мониторинга нарушенных земель;

3) разработка проекта сети режимных наблюдений за объектами мониторинга антропогенных изменений ландшафтов и порядка проведения наблюдений;

4) создание системы сбора информации о состоянии антропогенно измененных ландшафтов и периодическая проверка ее достоверности.

Одной из актуальных составляющих негативного антропогенного воздействия на ландшафты является их химическое загрязнение. При разработке программы геоэкологических исследований антропогенных изменений ландшафтов особое внимание уделяется именно анализу уровней их загрязнения техногенными элементами, для чего определяется оптимальная сеть исследовательских полигонов, расположенных в ландшафтных комплексах различных типов, на которых отбираются пробы. Сеть полигонов для ландшафтного мониторинга должна определяться таким образом, чтобы были охвачены все ландшафты несколькими точками отбора проб в зависимости от их площади и масштаба карты. Оптимальной считается сеть, в которой расстояние между полигонами составляет в среднем 1 см на карте [9]. Одним из первых примеров организации сети точек (полигонов) мониторинговых исследований на основе данных о ландшафтной структуре территории является опыт разработки и использования реперной сети радиоэкологического мониторинга в 60-километровой зоне Чернобыльской АЭС [10; 13].

В процессе обработки мониторинговых данных используются различные *методы определения геохимического фона* с использованием вариационной статистики. Поиски новых подходов позволили нам усовершенствовать расчетные и графические методы определения регионального фона, аномальных содержаний и других показателей геохимического поля. Предложенные усовершенствования касаются расчетных и графических методов определения фона.

Из опыта ландшафтоведческо-геохимических исследований известно, что для статистической обработки достаточно иметь данные по 30 и более количеству проб [6; 9]. В наших исследованиях этот показатель, как правило, выше в 2–4 раза.

Используемые относительные показатели содержания химических элементов – это коэффициент концентрации (K_c), или аномальности химических элементов, и суммарный показатель загрязнения (Z_c). K_c определяется как отношение реального содержания элемента в данной точке к его фоновому содержанию, он рассчитывается для каждого элемента ландшафта, строится отдельная карта. Используя базу данных о содержании элементов, можно рассчитать коэффициенты концентрации элементов в отдельных компонентах ландшафтов для всех геоэкологических полигонов [6]. Суммарный показатель загрязнения Z_c рассчитывается как сумма коэффициентов концентрации отдельных элементов, превышающих фоновые значения или ПДК. Z_c того или иного компонента ландшафта характеризуют его устойчивость к антропогенным нагрузкам. Если последние не превышают способность ландшафта к самоочистке, возникают геоэкологические ситуации различной сложности, которые представляется возможным оценить количественно.

Методы ГИС-моделирования показателей распределения загрязняющих веществ в ландшафтах. На ландшафтно-геоэкологическую карту распределения того или иного элемента в конкретной среде (почвы, поверхностные воды, атмосферный

воздух и т. д.) наносятся изолинии его равных концентраций, которые должны соответствовать среднему значению x -го элемента в каждом характерном интервале. Т. е. изолинии концентраций элементов на картах проводятся не с равным интервалом значений, как иногда можно увидеть на геохимических картах, а только через характерные интервалы. В таком случае изолинии будут передавать характер распределения элемента в ландшафте. Это обосновывается характером распределения содержаний того или иного элемента в своих интервалах. Поэлементные ландшафтно-геоэкологические карты (карты содержания того или иного элемента в компонентах ландшафта) строятся либо «вручную», путем интерполяции данных от одного геоэкологического полигона к соседнему, либо в автоматическом режиме с использованием ГИС. На основании таких же принципов моделирования, с использованием базы данных о коэффициентах концентрации K_c элементов и суммарных показателей загрязнения Z_c , создаются карты распределения значений этих показателей в пределах исследуемой территории. Анализ таких карт демонстрирует особенности распределения аномальных содержаний химических элементов в компонентах ландшафта. Такие данные дают возможность оценить геоэкологическое состояние того или иного компонента ландшафта и их интеграцию для оценки ландшафта в целом [4; 6; 13].

Разработка структуры базы данных геоэкологической информации о каждом компоненте ландшафта предусматривает объединение в компьютерный банк ландшафтно-геоэкологической информации. В каждой базе – от 10 до 100 геоэкологических показателей, имеющих различную динамику. Прогноз изменений геоэкологической ситуации в зависимости от различных сценариев развития выполняется методами ГИС-моделирования геоэкологических состояний той или иной территории в зависимости от существующего или заданных режимов функционирования.

Для углубленного анализа и оценки информации о состоянии ландшафтов, а также прогнозирования тенденций изменений и предоставления информации для подготовки управленческих решений могут решаться такие задачи:

- 1) комплексная оценка геоэкологического состояния территории, влияния отдельных факторов загрязнения, эффективности использования мероприятий, направленных на улучшение состояния ландшафтов;
- 2) определение уровня риска возникновения экологически опасных ситуаций техногенного и природного характера;
- 3) оценка существующего риска для функционирования ландшафтов;
- 4) создание моделей для прогнозирования состояния окружающей природной среды и разработка мероприятий по улучшению геоэкологического состояния.

Наиболее эффективными методами оперативного контроля геоэкологического состояния являются *методы использования данных аэрокосмического зондирования Земли* в различных спектральных диапазонах. Современный уровень развития средств дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) дает возможность получать данные о параметрах суши и водных объектов с необходимыми пространственными элементами распознавания и периодичностью обновления информации. Опыт исследований показывает, что наиболее полные и достоверные результаты можно получить при условии комплексного, синхронного проведения космических и наземных исследований, когда данные наземных измерений экстраполируются на картосхемы, полученные на основе космических снимков. Впервые метод космической спектрофотометрии был применен во время наблюдений за природными системами с космического корабля «Союз-7» [2; 4].

Инфракрасная космическая индикация состоит в фиксации собственного теплового излучения природных объектов. При этом обычно выделяются две области спектра, обусловленные окнами прозрачности атмосферы: 3,5–5,5 мкм и 8–15 мкм. Последняя зона более информативна, однако отсутствие достаточно чувствительных приемников

приводит к уменьшению разрешающей способности в этой области. Регистрация собственного теплового излучения проводится специальными сканирующими системами или инфракрасными радиометрами. Наиболее успешно инфракрасная индикация применяется для обнаружения пожаров и исследования различных геотермальных процессов. Инфракрасные датчики, установленные на спутниках, способны фиксировать разницу поверхностных температур между отдельными участками почв. На основании полученных данных возможна быстрая и точная дифференциация участков почвы с различной влажностью и механическим составом на больших территориях. Температура поверхности почвы, кроме того, указывает на подповерхностные почвенные условия. Инфракрасная регистрация дает качественную характеристику содержания почвенной влаги в верхнем 50-сантиметровом слое открытого почвенного покрова. Инфракрасная индикация позволяет выявить почвы с различной текстурой и структурой, а также почвы с разной степенью засоленности. Пассивная радиотепловая съемка регистрирует природное излучение Земли в радиодиапазоне, она осуществляется специальными радиометрами. Контрасты, зарегистрированные во время радиотепловой съемки, обусловлены различной способностью излучения нагретых тел в радиодиапазоне. Излучающая способность зависит от состава почв, состояния поверхности, температуры и влажности. Применение радиотепловой съемки в сочетании с инфракрасной индикацией дает возможность количественного определения температуры и влажности поверхностного слоя почв [2; 6].

В организации многоуровневого мониторинга территорий важным заданием является своевременное и автоматизированное обнаружение потенциально опасных природных и антропогенных процессов. Изучение изменений в пределах отдельных ландшафтных единиц на территориях, которые периодически или постоянно испытывают антропогенное влияние, является достаточно трудо-, время- и ресурсоемким процессом, что существенно увеличивает стоимость процесса мониторинга традиционными средствами [2; 4; 6]. При мониторинге антропогенных изменений ландшафтов с применением данных дистанционного зондирования такое задание предусматривает выявление изменений спектральной отражающей способности объектов на местности, их локализацию, классификацию и, как следствие, принятие решений о целесообразности выполнения в обнаруженных локусах дополнительных, более детальных наблюдений.

Описанная в указанных источниках методика (с некоторыми нашими дополнениями) использована для оценивания динамики изменений компонентов природной среды в пределах природоохранной территории с 1986 по 2016 г. Для двух одновременных космических снимков с идентичными наборами спектральных каналов выявляются отличия (нормированная разница значений яркости) попарно между соответствующими каналами снимков. По этим данным можно контрастно выделить участки территории, которые за прошедшее между съемками время заметно изменили отражающие спектральные характеристики (в сравнении с контрастом участков, которые не были изменены и, соответственно, не изменили своих отражающих спектральных характеристик). Для каждого из соответствующих спектральных каналов исходных снимков создается свое разностное изображение. Общее количество разностных изображений равняется количеству соответствующих спектральных каналов. Снимки представляют собой синтез в натуральных цветах с синтезированным синим каналом.

Необходимым условием получения качественного результата обработки изображений является выполнение процедуры увеличения пространственного разрешения мультиспектральных космических снимков, известные в литературе как *pansharpening*, или *fusion* [2; 6]. Практически это увеличение пространственного распознавания изображений с более низким пространственным распознаванием (мультиспектральные снимки ASTER, 30 м) по изображению с более высоким пространственным разрешением (панхроматическим изображением, в данном случае это 8-й канал снимка LANDSAT, 15 м).

На следующем этапе создаются псевдопанхроматические снимки из спектрально-зональных (цветных) снимков. Фактически этот процесс сводится к поиску суммы нормированных значений пикселей разных каналов одного снимка. В результате синтезируются псевдопанхроматические снимки, необходимые для выполнения последующих заданий. Создание и визуализация разностного изображения для одноименных спектральных каналов двух космических снимков в пакете программ ENVI предусматривает следующие действия в отношении двух разновременных снимков ASTER (предварительно необходимо обрезать снимки по зоне перекрытия):

- 1) определение среднего значения DN для канала G и B каждого из снимков;
- 2) создание разностного изображения для двух псевдопанхроматических снимков, созданных на первом этапе;
- 3) создание RGB изображения из спектральных каналов при визуализации разностных изображений; на полученном при таких условиях изображении красным цветом отображаются участки территории, на которых коэффициент отражения со временем увеличился, серо-зеленым цветом – участки, на которых коэффициент отражения со временем уменьшился;

4) применение адаптивной фильтрации для улучшения качества изображений.

В пакете программ ENVI разностные изображения обрабатываются фильтром, формируются карты динамики в цифровом формате, которые дополняются тематическими слоями с цифровой топографической карты [4].

Геоэкологическое дешифрирование материалов современных многозональных космических съемок и их интерпретация с геолого-картографическими данными на территории антропогенно измененных ландшафтов позволяют оценивать и прогнозировать развитие этих процессов. Картирование глубин уровней грунтовых вод (Н) и определение зон подтопления выполняется с использованием ландшафтно-индикационной методики, базирующейся на установлении связей между видимыми на многозональных снимках компонентами ландшафта (рельеф, почвы, поверхностные воды, растительность). Кроме того, в пределах территории с проективным покровом (CV) 30–35 % глубина уровня грунтовых вод определяется с использованием плотности фототона снимка ближнего ИК-диапазона (Р) в соответствии с полученной эмпирической зависимостью:

$$\ln H = A + B \ln P,$$

где А и В – коэффициенты, зависящие от типа почвы и проективного покрова, определяются на тест-участках по данным наземных измерений Н [2; 4; 6; 9].

Постоянно действующий мониторинг на основе космических съемок для исследования экологически неблагоприятных природных и природно-антропогенных процессов в ландшафтах будет способствовать решению актуальных проблем улучшения геоэкологического состояния территорий.

Структура мониторинга априори предполагает специальную разработку в каждом конкретном случае (для каждого конкретного региона) и не подлежит жесткой регламентации за исключением некоторых общих аспектов.

В качестве примеров программ геоэкологического мониторинга антропогенных изменений ландшафтов приводим разработки для двух различных, диаметрально противоположных по характеру антропогенных нагрузок объектов мониторинга. Это перспективные предложения по программе проведения комплексных исследований ландшафтов зон влияния военной деятельности и уже реализованная программа геоэкологических исследований на одном из объектов природно-заповедного фонда Украины.

Программа геоэкологических исследований объектов природно-заповедного фонда Украины и ее реализация на примере Национального природного парка «Нижнесульский». Созданные в Украине природоохранные объекты, среди которых

приоритетное место принадлежит национальным природным паркам (НПП), сосредоточены преимущественно на территориях, которые в прошлом интенсивно использовались в хозяйственной деятельности. Поэтому они характеризуются значительной антропогенной трансформированностью ландшафтных комплексов. Цель геоэкологического мониторинга природоохранных территорий – это комплекс выполняемых по научно обоснованным программам наблюдений, оценок, прогнозов и разрабатываемых на их основе рекомендаций и вариантов управленческих решений, необходимых и достаточных для обеспечения управления состоянием окружающей среды и экологической безопасностью.

Необходимое условие мониторинга объектов природно-заповедного фонда – организация оптимальной сети пунктов наблюдения на природоохранной территории, которые в комплексе с аналогичными пунктами за их пределами образовывали бы целостную репрезентативную сеть для всей мозаики ландшафтов территории исследования [12]. Организация сети пунктов ландшафтного мониторинга на территории объектов природно-заповедного фонда предусматривает:

1) изучение пространственно-временной организации ландшафтов и выявление их геохимических свойств, определяющих геоэкологическое состояние территории исследования;

2) определение оптимальных пространственно-временных масштабов наблюдений.

Цель такого мониторинга – комплексная оценка фактического и прогнозируемых состояний ландшафтов (природных и антропогенно измененных) и идентификация геоэкологической ситуации.

Актуальные задачи мониторинга объектов природно-заповедного фонда:

1) мониторинг редких и типичных видов ландшафтов территории;

2) создание сети мониторинговых точек (опорные пункты наблюдений и проведения мониторинга) для исследования общего состояния ландшафтов и целевых точек для мониторинга состояния отдельных типов ландшафтов и их антропогенных изменений;

3) подготовка методологической базы для проведения мониторинга с учетом специфики ландшафтно-геохимических характеристик территории исследования.

В качестве примера осуществления программы геоэкологических исследований объектов природно-заповедного фонда выбрана территория Национального природного парка (НПП) «Нижнесульский». Он расположен на границе Черкасской и Полтавской административных областей на левобережье р. Днепр и охватывает нижнюю часть долины р. Сула, его притока. Исследуемая территория представляет специфику ландшафтов лесостепной части долины Днепра. В пределах Национального природного парка «Нижнесульский» и прилежащих к нему территорий, включенных в район исследований, выделяется 5 видов ландшафтов [12]:

1. Ландшафты четвертой моренной надпойменно-террасовой равнины р. Днепр, сложенной маломощными лессовидными суглинками, подстеленными моренными отложениями, и влажными дубравами, и остепненными лугами, с типичными малогумусными чорноземами, в том числе солонцеватыми.

2. Ландшафты второй лессовой надпойменно-террасовой равнины р. Сула, сложенной эолово-элювиальными лессовидными суглинками мощностью 0,5–6 м с линзами и прослойками оглеенного материала, подстеленными пресноводным мергелем мощностью 0,2–2,2 м, с черноземами типичными малогумусными среднекарбонатными средне- и сильносолонцеватыми, черноземами типичными глубококарбонатными слабосолонцеватыми, черноземами типичными глубококарбонатными средне- и сильносолонцеватыми легкосуглинистыми, в прошлом занятыми свежими и влажными дубравами (восточная часть территории).

3. Ландшафты первой песчаной надпойменно-террасовой равнины, сложенной мощными песками, которые несут следы эоловой переработки, с дерновыми оподзоленными песчаными и супесчаными и дерновыми оподзоленными супесчаными почвами (на погребенных дерновых оглееных почвах) под сухими и свежими суборями. Основная поверхность первой песчаной надпойменно-террасовой равнины р. Сула в южной и центральной частях осложнена многочисленными крутосклонными дюнообразными повышениями, серповидно изогнутыми, высотой до 8–12 м. Они сложены хорошо отсортированными песками, заняты сосняками. Безлесные дюны часто служат очагами дефляции.

4. Ландшафты сегментно-гравистых пойм, сложенные современными аллювиальными отложениями (суглинистыми, торфяными и иловато-болотными) на аллювиально-флювиогляциальной песчаной толще, подстеленной пресноводным мергелем (северо-западная часть территории исследования, пойма р. Оржица) с торфянисто-болотными низинными карбонатными и иловато-болотными глубоко-сильносолонцеватыми почвами под тростниковой, осоковой и разнотравно-злаковой высокотравной прибрежно-водной растительностью, в комплексе с мокрыми ивняками.

5. Ландшафты сегментно-островных пойм, сложенные голоценовыми аллювиальными отложениями (суглинистыми, торфяными) мощностью 9–16 м на аллювиально-флювиогляциальной песчаной толще (центральная часть территории, пойма р. Сула) с лугово-черноземными поверхностно-слабосолонцеватыми, луговыми слоистыми поверхностно-глубокосолонцеватыми, черноземами луговыми, луговыми глубококими солонцеватыми, черноземами луговыми поверхностно-среднесолонцеватыми под влажными злаково-разнотравными лугами.

При организации мониторинга территории НПП были учтены особенности ландшафтной структуры территории. Территория включает ландшафтные комплексы ранга урочищ: моренных и лессовых надпойменно-террасовых равнин и их склонов, пойм, пролювиально-делювиальных шлейфов, эрозионной сети и западин. Особенности ландшафтно-геохимической структуры ландшафтных комплексов разных типов определяют пути и механизмы миграции поллютантов. Именно поэтому мониторинговые точки размещены по принципу геохимического сопряжения и располагаются от зон преимущественного выноса до аккумулятивных поверхностей, а также в зонах наибольшей аккумуляции загрязняющих веществ [12].

Территория НПП соседствует с сельскохозяйственными землями, населенными пунктами, автомобильными дорогами и другими объектами хозяйственного использования. Характерные для них источники загрязнения прямо или опосредствованно влияют на геоэкологическое состояние территории НПП. Поэтому мониторинговые исследования должны охватывать все эти территории с особым вниманием к смежным с парком участкам. Одним из наиболее неблагоприятных последствий антропогенных воздействий на ландшафты исследуемой территории является химическое загрязнение. Кроме сельскохозяйственной деятельности, которая осуществляется на значительной части парка и на прилегающих территориях, антропогенное воздействие на ландшафты связано здесь с работой ряда промышленных предприятий, расположенных в близлежащих населенных пунктах. Это, например, ОАО «Полтавский горно-обоганительный комбинат» (г. Комсомольск), АО «Укртатнафта» (г. Кременчуг), ОАО «Кременчугский сталелитейный завод», ООО «ТФ Кременчуг-нефтепродукт», склад ядохимикатов ОАО «Хорольская сельхозхимия» и др.

Проведенные авторами на территории парка ландшафтоведческо-геохимические исследования показали систематические превышения фоновых, в отдельных местоположениях – предельно допустимых показателей содержания тяжелых металлов в компонентах ландшафтов (почвах, растениях, поверхностных водах). Поэтому контроль за содержанием тяжелых металлов (Pb, Cu, Zn и др.) в ландшафтах НПП является при-

оритетным для мониторинговых наблюдений. Контролируют содержание загрязнителей с помощью определения валовых и подвижных форм тяжелых металлов в отобранных образцах.

Целью фонового мониторинга является изучение показателей, которые характеризуют ход природных процессов в ландшафтах. Учитывая изменения в зонировании парка (существующее и перспективное увеличение площадей заповедных территорий), одним из направлений мониторинга является наблюдение за самовосстановлением ландшафтов и их составляющих (растительного и почвенного покрова, зооценозов и др.).

Важным перспективным направлением мониторинговых исследований является поиск показателей, при помощи которых возможно [12; 13]:

- 1) характеризовать состояние ландшафтов;
- 2) давать оценку глубины антропогенных изменений в ландшафтах и допустимых уровней нагрузок на них;
- 3) обосновывать мероприятия минимизации экологических рисков и обеспечения необходимых уровней экологической безопасности.

Важной частью наших мониторинговых исследований стало обобщение результатов ландшафтоведческих исследований, проведенных в 2014–2017 гг., и составленная крупномасштабная ландшафтная карта территории НПП «Нижнесульский».

Анализ этих материалов позволил при размещении точек мониторинга корректно выбрать наиболее характерные типы ландшафтных комплексов. При этом учтены следующие факторы: геоморфологическая характеристика, гидрологический, гидрофизический и гидрохимический режимы (для акваториальных ландшафтных комплексов), контроль за метеорологическими параметрами, степень сохранности почвенного покрова, состояние биоты и эколого-токсикологическая ситуация.

Ландшафтные полигоны мониторинга, на которых проводятся наблюдения, являются источником информации об основных показателях, характеристиках ландшафтной и акваториальной структуры территории НПП «Нижнесульский». Мониторинговые наблюдения за динамикой ландшафтов территории НПП «Нижнесульский» предполагают проведение согласованных наземных наблюдений и данных дистанционного зондирования.

Изучение многолетней динамики изменения ландшафтов выполнено по данным космических снимков Landsat-8 с периодами съемки 08–28.04.1986 г. и 11–30.04.2016 г., которые были проанализированы с использованием программы ERDAS IMAGINE.

На основе данных КА Landsat-8 (спектральный диапазон: 1,55–1,75 мкм, пространственная разрешающая способность – 15 м) были актуализированы некоторые гидроморфометрические характеристики р. Сулы (площадь водного зеркала, длина береговой линии) и составлена карта структуры современного природопользования.

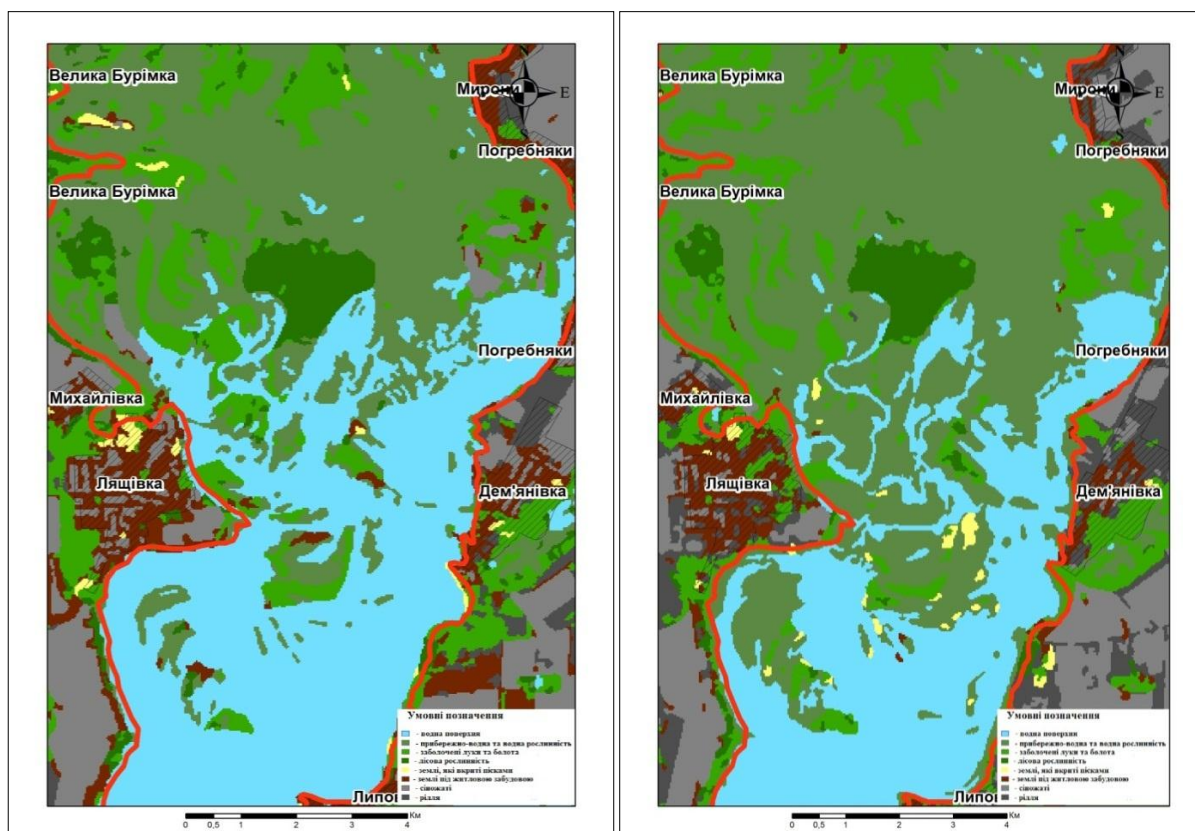
Тематическое дешифрирование данных ДЗЗ средней и высокой разрешающей способности территории НПП «Нижнесульский» позволило получить следующие результаты (рисунки 1, 2):

- 1) увеличение площади ландшафтных комплексов пойм среднего и низкого уровня, а также варьирование площади водной поверхности;
- 2) интенсивное (33,17 %) накопление донных отложений в устьевой части – (за более чем 30 лет около 1 % в год);
- 3) уменьшение (с 4 221,3 до 4 135,4 га) площади водного зеркала в основном за счет увеличения площадей ландшафтных комплексов сегментно-островных сегментно-гривистых пойм;
- 4) рост площадей прибрежно-водной и водной растительности с уменьшением площадей заболоченных лугов и болот;

5) снижение уровня Кременчугского водохранилища до 78–79 м (2011–2013 гг.) и увеличение протяженности береговой линии;

б) увеличение площадей пойменной лесной растительности в местах накопления минерального и органического ила.

Результаты мониторинговых исследований состояния ландшафтных комплексов и их компонентов являются важной составляющей информационного обеспечения природоохранной деятельности национальных природных парков. Мониторинговые наблюдения за уровнями содержания загрязняющих веществ и отдельными природными и природно-антропогенными процессами дают возможность оперативно реагировать на изменения, влияющие на состояние ландшафтов и осуществлять эффективную природоохранную деятельность.



а) космический снимок Landsat-8, 28.04.1986

б) космический снимок Landsat-8, 30.04.2016

- | | | | |
|---|--|---|-------------------------------|
|  | водная поверхность |  | незакрепленные песчаные земли |
|  | прибрежно-водная и водная растительность |  | земли под жилой застройкой |
|  | заболоченные луга и болота |  | сенокосы |
|  | лесная растительность |  | пахотные земли |

Рисунок 1. – Многолетняя динамика ландшафтов территории НПП «Нижнесульський»: а) апрель 1986 г.; б) апрель 2016 г.

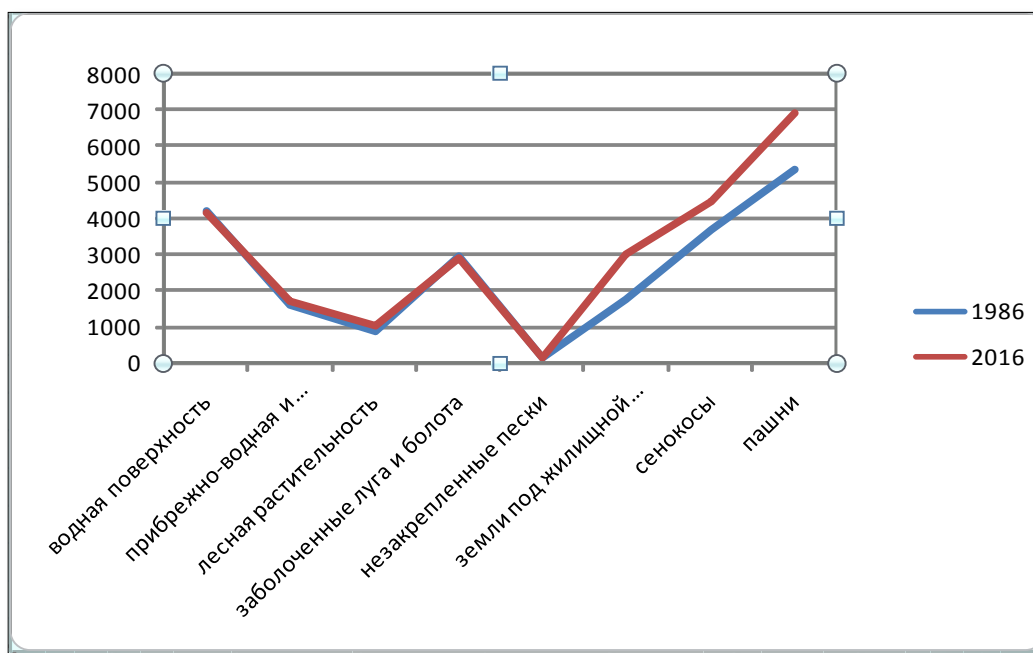


Рисунок 2. – Динамика площадей ландшафтов НПП «Нижнесульский» за 1986 и 2016 гг., га

Для перспективного развития системы геоэкологического мониторинга на территориях национальных природных парков необходимы обеспечение комплексности наблюдений и унификация системы мониторинга за состоянием ландшафтов и их антропогенных изменений для всех национальных природных парков Украины.

Заключение

Для Украины характерны значительная плотность населения и достаточно высокая концентрация промышленного и сельскохозяйственного производства. Геоэкологические проблемы также связаны с негативным воздействием на ландшафты последствий радиационной катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции; существенной является опасность проникновения токсикантов из системы «вода – порода» в подземные воды, обеспечивающие водоснабжение большей части населенных пунктов страны. Все это делает актуальным осуществление оперативного контроля геоэкологического состояния и современных антропогенных изменений ландшафтов, нагрузка на которые в некоторых регионах превышает экологически допустимые уровни.

В решении актуальных задач улучшения геоэкологического состояния природной среды как неотъемлемой составляющей рационального природопользования важное место принадлежит современным средствам мониторинга антропогенных изменений ландшафтов Украины. Его организация на региональном и государственном уровне позволит обобщить существующие данные мониторинговых исследований состояния компонентов природной среды, дополнить их комплексными показателями и интегрировать геоэкологическую оценку современного состояния антропогенно измененных ландшафтов на основе единых методических подходов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Снытко, В. А. Система экологического мониторинга в научном наследии академиков И. П. Герасимова и Ю. А. Израэля / В. А. Снытко, А. П. Собисевич // Индика-

ция состояния окружающей среды: теория, практика, образование : тр. V Междунар. науч.-практ. конф. – М., 2017. – С. 393–398.

2. Дорожинський, О. Фотограмметрія, геоінформатика, дистанційне зондування в дослідженнях культурного ландшафту / О. Дорожинський, І. Колб, О. Дорожинська // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2009. – Вип. 71. – С. 108–121.

3. Мельник, А. В. Ландшафтний моніторинг / А. В. Мельник, Г. П. Міллер. – Київ, 1993. – 152 с.

4. Триснюк, В. Комп'ютерно-картографічне моделювання антропогенного впливу енергетичного об'єкта на ландшафти / В. Триснюк // Вісн. ТНТУ (приладобудування та інформаційно-вимірювальні технології). – 2012. – Т. 65, № 1. – С. 161–168.

5. Гриневецький, В. Т. Аудит ландшафтознавчий / В. Т. Гриневецький // Екологічна енциклопедія : у 3 т. ; голов. ред. А. В. Толстоухов. – Київ : Центр екол. освіти та інформації, 2007–2008. – Т. 1. – 2007. – С. 54–55.

6. Природничі основи екологічного моніторингу Карпатського регіону / О. М. Адаменко [та ін.]. – Київ : Манускрипт, 1996. – 208 с.

7. Моніторинг довкілля : підручник / А. К. Запольський [та ін.]. – Кам'янець-Подільський : Медобори-2006. – Т. 1 – 408 с.

8. Екологічний моніторинг: концепції, принципи / В. Погребенник [та ін.] // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2005. – № 65. – С. 164–171.

9. Фоновий моніторинг навколишнього природного середовища : монографія / за ред. М. М. Приходька. – Івано-Франківськ : Фоліант, 2010. – 324 с.

10. Давыдчук, В. С. Обоснование реперной сети радиоэкологического мониторинга 60-км зоны ЧАЭС / В. С. Давыдчук, В. Г. Линник // Тез. докл. I науч.-техн. семинара по основным результатам ЛПА на ЧАЭС. – Чернобыль, 1988. – С. 75.

11. Дзисюк, О. В. Екологічний моніторинг стану регіонів військової діяльності штатними засобами вимірювальної техніки військ / О. В. Дзисюк, В. Є. Козлов, Ю. В. Козлов // Системи обробки інформації. – 2013. – Вип. 1 (108). – С. 263–266.

12. Сплодитель, А. О. Національний природний парк «Нижньосульський» як потенційний об'єкт Смарагдової мережі / А. О. Сплодитель // Мережа NATURA 2000 як інноваційна система охорони рідкісних видів та оселищ в Україні : матеріали наук.-практ. семінару. – Київ, 2017. – Т. 1. – С. 224–228.

13. Сплодитель, А. О. Мониторинг антропогенных изменений ландшафтов Украины: принципы организации, методы анализа данных дистанционного зондирования Земли и ГИС-моделирования / А. О. Сплодитель, Л. Ю. Сорокина // Вопр. географии и геоэкологии Респ. Казахстан. – 2018. – № 4. – С. 25–39.

Рукапіс надіслано у редакцію 14.04.2020