

УДК 502.2/519.8(075.8)

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ И ПРОГНОЗУ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТОВ КРЫМА

Лычак А.И., Бобра Т.В

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: lychak1@rambler.ru, tvbobra@mail.ru*

Статья посвящена вопросам геоинформационного моделирования антропогенной трансформации ландшафтных комплексов Крыма. В основе предлагаемого подхода лежит оверлейный анализ пространственной структуры различных картографических геоинформационных моделей современных ландшафтов, метод анализа информационных градиентов, концепция антропогенной экотонизации.

Ключевые слова: антропогенная трансформация ландшафтов, ГИС, геоинформационное моделирование, экотоны, SWAT –модель.

Современный этап развития географической оболочки характеризуется высокой степенью ее антропогенной преобразованности. Практически все естественные ландшафтные системы или изменены, или находятся в определенной стадии антропогенной трансформации. Наблюдается повсеместное отклонение современных ландшафтных геосистем от естественной нормы своего состояния. Вертикальная структура и биоценотический состав большинства ландшафтных комплексов, в настоящее время, в полной мере не соответствует природным физико-географическим условиям и параметрам генетически определяющих их экологическую нишу и норму естественной экологической регуляции.

Источники антропогенного воздействия искажают ландшафтно-геофизические и ландшафтно-геохимические поля, смещая границы естественных экологических диапазонов условий существования и генезиса ландшафтных систем. В связи с этим, становится все труднее и труднее определить естественные фоновые значения состояния окружающей человека среды.

Решение многих задачи территориального планирования, экологического мониторинга, территориального управления, охраны и использования природных ресурсов часто зависит, не только от способов выбора элементарных операционных единиц, но и от системы методов их геоэкологического оценивания. Речь идет как об оценке их экологического состояния, так и о системах социально-экономического, в том числе и стоимостного оценивания; системах субъектных оценок пригодности для различных видов хозяйственного использования территории.

Существующие классические методы морфогенетического ландшафтного картографирования территории, в настоящее время не способны полностью удовлетворить растущие потребности в области информационного обеспечения всех вышеизложенных задач, поскольку опираются на довольно статичную

парадигму. Изменения состояния и условий окружающей среды протекают более быстро, чем перестраивается состав внутриландшафтных компонентов.

Поэтому о закономерной структурно-функциональной связи и внутренней однородности многих ландшафтных комплексов говорить уже не приходится. В большинстве случаев мы имеем дело с разбалансированными (находящимися за пределами своих экологических диапазонов существования) геосистемами. По сути, мы имеем дело с полиструктурными, полиморфными, порой слабо связанными и неустойчивыми географическими образованиями, структура и функционирование которых во многом определяется деятельностью человека.

Одним из важнейших показателей антропогенной трансформации ландшафтов является их антропогенная экотонизация [3,4,5,6].

Антропогенная экотонизация рассматривается нами как процесс дробления изначально относительно однородных (в генетико-морфологическом и структурно-функциональном отношении) ландшафтных комплексов на более мелкие сегменты-патерны антропогенного происхождения [5].

Целью данного исследования являлось построение карты современных ландшафтов Крыма с последующей оценкой антропогенной трансформации естественных ландшафтов на основе концепции антропогенной экотонизации.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- изучена структура землепользования и определены основные виды использования земель Крыма;
- построена карта современного использования территории Крыма и карта современных ландшафтов Крыма
- выявлены и проанализированы факторы трансформации ландшафтов;
- осуществлена экспертная балльная оценка степени их влияния на территорию;
- проведено дешифрирование серии мультиспектральных космических снимков различного разрешения с последующим картографированием структуры землепользования;
- выполнено геоинформационное математико-картографическое моделирование территории Крыма с применением информационно-градиентного подхода и использованием компьютерного симулятора - SWAT- модели;
- построен ряд ландшафтно-геофизических и ландшафтно-геохимических карт характеризующих современное состояние ландшафтов Крыма;
- построены карты естественной и антропогенной экотонизации методом расчета приращения информационных градиентов на единицу площади по регулярной сетке 5x5 км;
- проведена полевая верификация и калибровка рассчитанной модели антропогенной экотонизации;
- осуществлена оценка антропогенной трансформации ландшафтов Крыма.

Методология и методика проведенного исследования опиралась на теоретико-методологические положения разработанные в отечественной географии, картографии, дистанционном зондировании, геоинформатике, ландшафтоведении и ландшафтной экологии и нашедшие свое отражение в трудах В.С. Преображенского

[19], Н.Л.Беручашвили [1], Н.А.Солнцева [29], К.Рамана [18], В.А.Бокова [7; 8], А.Ю.Ретеюма [24, 25], К.Н.Дьяконова [10], Т.В.Бобра [2, 3, 4, 5], В.В.Бойчука [6], А.А.Крауклиса [11], А.Н.Ласточкина [12], Н.И. Маккавеева [16], А.В.Позднякова и И.Г.Черванева [17], Ю.Г.Пузаченко [20, 21; 22, 23], Б.Б.Родомана [26], Е.Н. Романовой [27], Ю.Г.Симонова [28], В.В.Сысуева [30,31,32], Д.Арнольда [33, 34], П. Гасмана [35], Р.Изауральда [36], У.Кнайзеля [37, 38, 39], Р.Леонарда [40] и др.

Для решения задач данного исследования использовалось следующее информационно-географическое обеспечение:

1. Фондовые материалы (схемы землеустройства сельскохозяйственных предприятий, расположенных на территории Автономной Республики Крым;

2. Данные социально-экономической статистики о:

- современном состоянии основных отраслей сельскохозяйственного производства (растениеводство, птицеводство, овцеводство, выращивание крупного рогатого скота и пр.);

- современном состоянии основных отраслей промышленного производства региона;

- состоянии поверхностных и подземных вод региона;

- современном использовании региона в рекреационных целях;

- характеристиках охотничьих хозяйств;

3. Материалы полевых исследований:

- контуры растительных сообществ, нанесенные на внутрихозяйственные схемы землеустройства сельскохозяйственных предприятий;

- данные системы кадастровых точек (заложенные с помощью GPS-приемников) для создания геоинформационной базы данных;

- геоботанические описания растительности, данные количественных и качественных учетов фауны;

4. Современное программное обеспечение и ГИС-технологии:

- семейство программных продуктов ESRI (ARCGIS 9.3; ArcView 3.2 a), представляющих широкие возможности по сбору, хранению и пространственно-временному анализу географических данных;

- данные дистанционного зондирования Земли - космические снимки Landsat 7-ETM;

- цифровые электронные карты Крыма;

- прибор наземного позиционирования (eTrex Venture GARMIN).

Для составления схемы современного использования территории, карты биотопического деления, современного растительного покрова, распределения различных видов животных и их отдельных таксономических групп, выявление территорий, перспективных для различных видов деятельности (в т.ч. и для организации объектов ПЗФ) использовался следующий алгоритм:

1. В процессе экспедиционных исследований:

- на внутрихозяйственные схемы землепользования наносились контуры растительных сообществ, включающие основные типы растительности (степные, луговые, солончаки, гидрофильные и т.д.). С помощью GPS-приемника уточнялись

границы различных биотопов, закладывались площадки или кадастровые точки, координаты которых также определялись с помощью GPS-приемника.

- одной из составляющих полевых исследований являлось составление полного флористического и фаунистического списка.

2. Камеральная обработка:

- для анализа территории Крыма были обработаны космические снимки Landsat 7 – ETM и выполнено дешифрирование;

- с учетом особенностей территории и на основе Земельного Кодекса разрабатывался классификатор типов современного использования территории;

- с использованием космического снимка и схем внутрихозяйственного землеустройства создавалась схема современного использования территории;

- контуры растительных сообществ, полученные при экспедиционных исследованиях, наносились на космические снимки и увязывались с полученной ранее схемой современного использования территории;

- на основании классификатора ландшафтных выделов для кадастровых точек был разработан бланк учета, в котором отражались их характеристики по ряду параметров – рельеф, почвы, биотопической изученности, типу растительности, степени нарушенности и т.д.

- опираясь на ландшафтную карту Крыма (Гришанков, 1974), путем оверлейного совмещения карты современного использования территории была построена карта «Современных ландшафтов Крыма» (рис. 1).



Рис. 1. Карта современных ландшафтов Крыма.

Полученный результат, представленный в виде карты на рисунке 2, является геоинформационной моделью требующей своей дальнейшей калибровки и повышения точности. Но уже на этом этапе моделирования можно констатировать, что она является хорошей основой для дальнейшего прогнозного моделирования трансформации ландшафтных комплексов путем компьютерной симуляции геоэкологических ситуаций и изменений в структуре землепользования. Такие изменения в свою очередь во многом определяются гидро-климатическими параметрами среды.

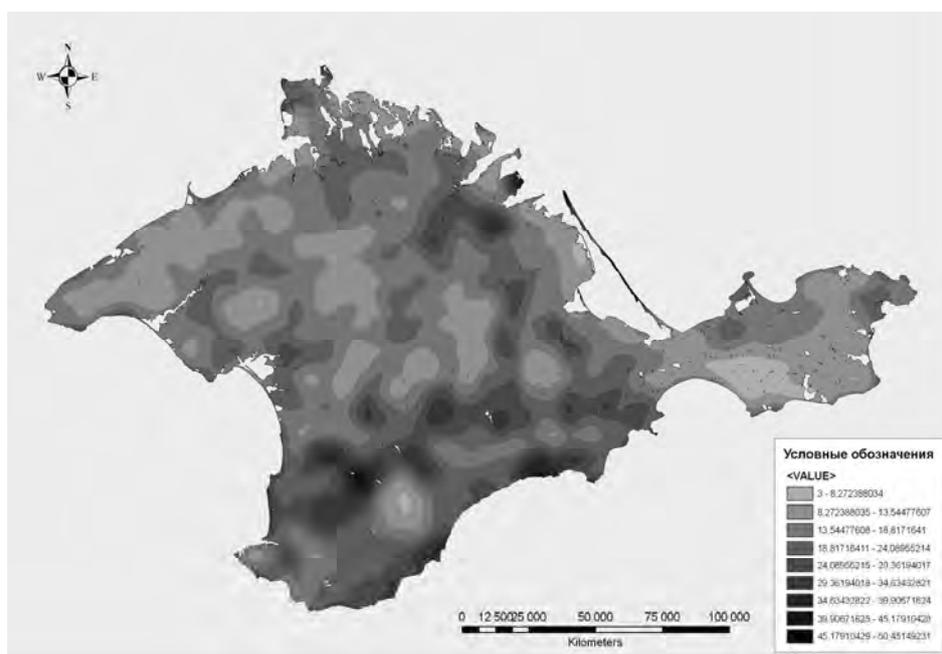


Рис. 2. Карта антропогенной трансформации ландшафтов Крыма.

Задача прогнозного моделирования геоэкологических ситуаций требует разработки и внедрения новых интегрированных систем динамического моделирования [9, 13]. Наиболее разработанной и апробированной в настоящее время системой комплексного прогнозного моделирования является симулятор возможных состояний бассейновой системы – SWAT (Soil and Water Assessment Tool) [14, 15].

В настоящее время SWAT-модель получила признание во всем мире как наиболее эффективный и научно-обоснованный инструмент описания, прогноза и оценки состояния почвенной и гидрологической составляющей в состоянии современных ландшафтных бассейновых систем. Этот факт нашел свое отражение в десятках публикаций в наиболее рейтинговых научных изданиях, сотнях конференций, более 300 статей в американских и европейских журналах. Модель SWAT является прямым потомком модели SWRRB - симулятора состояния водных

ресурсов в районах сельскохозяйственного использования (SWRRB - Simulator for Water Resources in Rural Basins) [35, 36, 41].

Опираясь на карту современных ландшафтов и карту антропогенной трансформации ландшафтов Крыма, а также карту почв Крыма, используя ряды гидроклиматических данных, данных о стоке и других ландшафтно-геофизических и ландшафтно-геохимических показателях необходимых для построения SWAT-модели была рассчитана в первом приближении прогностическая модель состояния ландшафтных комплексов на территорию Крыма. Результаты расчетов такой модели представлены в виде пространственной базы данных (более 100 параметров), которые могут быть визуализированы средствами ArcGis 9.3. На рисунке 3 приведены примеры визуализации данных прогноза.

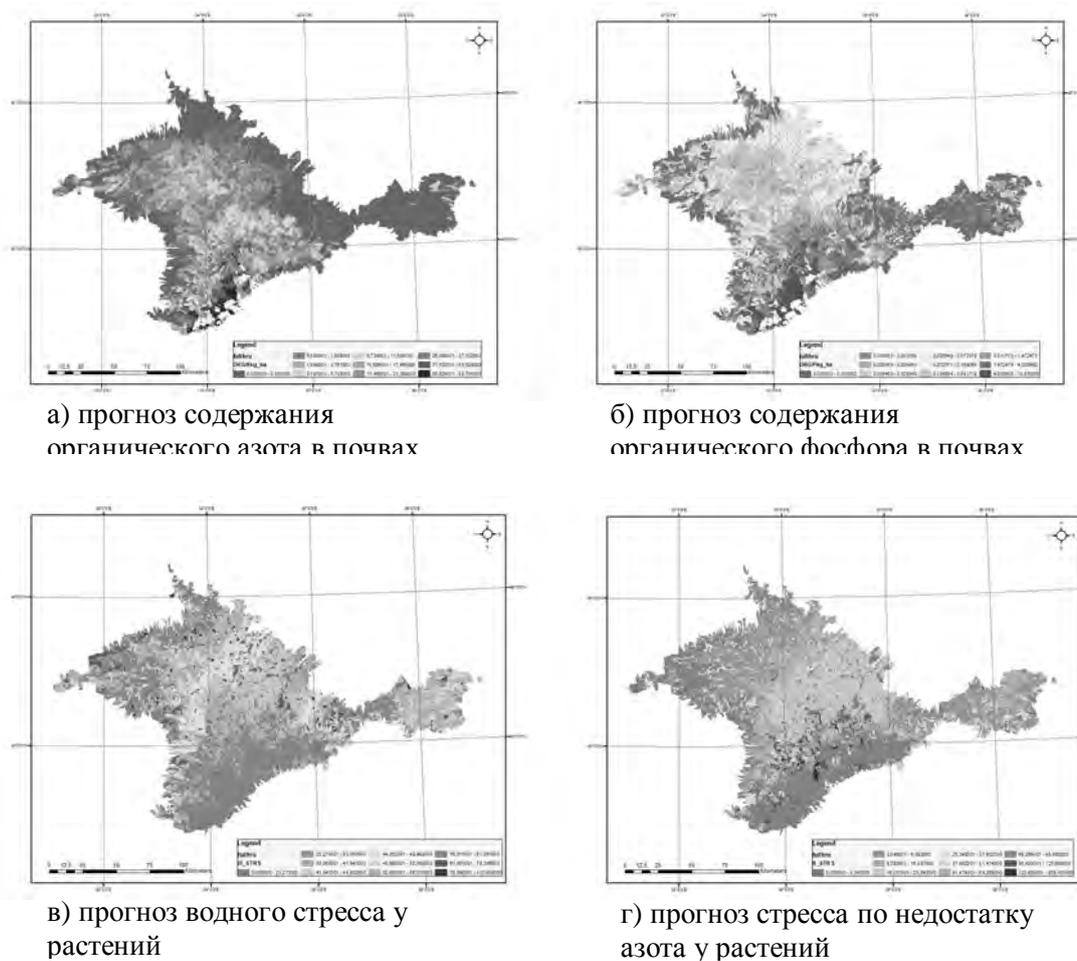


Рис. 3. Примеры визуализации данных прогноза различных показателей характеризующих состояние современных ландшафтов Крыма в условиях их антропогенной трансформации

Таким образом, результаты симуляционного прогнозирования ландшафтных параметров позволяют нам перейти от качественных оценок (установление экспертным путем баллов оценки) к количественным показателям состояния ландшафтных комплексов с учетом их антропогенной трансформации.

Предложенный подход является лишь первым шагом на пути геоинформационной формализации критериев и параметров геоэкологического оценивания и прогноза трансформации структуры ландшафтных комплексов.

За рамками изложенного материала, остались вопросы верификации, калибровки и повышения чувствительности SWAT-модели Крыма и картографической модели антропогенной трансформации ландшафтов Крыма. Не затронутыми остались также вопросы, связанные с количеством и качеством входных данных необходимых для прогностического моделирования состояния ландшафтных комплексов. Работа над совершенствованием данного подхода продолжается.

Список литературы

1. Беручашвили Н.Л. Вопросы классификации состояний природных территориальных комплексов / Беручашвили Н.Л. // Вопросы географии. Сб.121.– Ландшафтоведение теория и практика.– М.: Мысль, 1982.– С.73–80.
2. Бобра Т.В. Ландшафтные границы: подходы к анализу и картографированию / Бобра Т.В. – Симферополь: Таврия-Плюс, 2001. – 165 с.
3. Бобра Т.В. Экотонизация как основной процесс изменения современной пространственной структуры на региональном уровне (на примере Крыма) / Бобра Т.В. // Географія в інформаційному суспільстві. Матеріали 10 Зізду Українського географічного товариства, Київ, «Обрій» – 2008. – Т. 3, С. 320-323.
4. Бобра Т.В. К вопросу о сущности экотонов и экотонизации геопространства / Бобра Т.В. // Материалы конференции «Ландшафты и геоэкологические проблемы Днестровско-Прутского региона», 15-18 декабря, Черновцы/ – 2005. – С.95-99.
5. Бобра Т.В. Единая ГИС Черного моря. Проект EnviroGRIDS 7 рамочной программы Европейского союза в Черноморском бассейне и современные тенденции ГИС-технологий / Бобра Т.В., Лычак А.И // Компьютерное проектирование и технический документооборот. – 2010. – № 3, – С. 16–19.
6. Бойчук В.В. Фон и вариации элементов физико-географической среды. / Бойчук В.В., Марченко А.С. – М.: Наука, 1968. – 64 с.
7. Боков В.А. Пространственно-временная организация геосистем. / Боков В.А. – Симферополь: Симферопольский ун-ет, 1983. – 57 с.
8. Боков В.А. Пространственно- временные отношения как факторы формирования свойств геосистем / Боков В.А. // Вестник Московского ун-та. Сер.5. География. - 1991. – № 2.– С. 64-75
9. Боков В.А. Программа построения модели пространственно- временной организации геосистем Крыма на базе ГИС-технологий / Боков В.А., Карпенко С.А., Лычак А.И. // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «География». – 2002. –Т 14 (53). – №2. – С.118-123
10. Дьяконов К.Н. Информационный подход к анализу организации геосистем топологического уровня / Дьяконов К.Н. // Вопросы географии. Сб.127. – Моделирование геосистем. – М.: Мысль, 1986. – С.111-122.
11. Крауклис А.А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения / Крауклис А.А. – Новосибирск: Наука, 1979. – 172 с.
12. Ласточкин А.Н. Ландшафтно-геоэкологические исследования на геотопологической основе / Ласточкин А.Н. // Вестник Санкт-Петербургского университета. – 1992 – Сер. 7. Вып. 2 (№14). – С. 33–47.

13. Лычак А.И. Методологические основы разработки ландшафтной информационной системы / Лычак А.И., Боков В.А., Бобра Т.В. // Ученые записки ТНУ. Серия: География. – 2008. – Т 21 (60). – № 1. – С. 73-81.
14. Лычак А.И. Теоретико-методологические основы геоинформационного моделирования экологических состояний геосистем (на примере анализа лесорастительных условий в горном Крыму) / Лычак А.И., Глушенко И.В. // Ученые записки ТНУ. Серия География. – 2003. – Т 16 (55). – С.96-100.
15. Лычак А.И. SWAT-моделирование: возможности и перспективы использования в Крыму / Лычак А.И., Бобра Т.В., Яшенков В.О. // Ученые записки ТНУ. Серия География. – 2011. – Т. 24 (63). – С.96-100
16. Маккавеев Н.И. Русловые процессы. / Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1986. – 264 с.
17. Поздняков А.В. Самоорганизация в развитии рельефа. / Поздняков А.В., Черванев И.Г. – М.: Наука, 1990. – 204 с.
18. Раман К. пространственная полиструктурность топологических геокомплексов и опыт ее выявления в условиях латвийской ССР. / Раман К. – Рига, 1972. – 48 с.
19. Преображенский В.С. Основы ландшафтного анализа. / Преображенский В.С., Александрова Т.Д., Куприянова Т.П. – М.: Наука, 1988. – 192 с.
20. Пузаченко Ю.Г. Количественные методы классификации форм рельефа. / Пузаченко Ю.Г., Онуфрениа И.А., Алешенко Г.М. // Известия АН Серия географическая. – 2002. – №6. – С. 17-25.
21. Пузаченко Ю.Г. Анализ иерархической организации рельефа. / Пузаченко Ю.Г., И.А. Онуфрениа, Г.М. Алешенко // Известия АН Серия географическая. – 2002. – №4. – С. 29-38.
22. Пузаченко Ю.Г. Топологические основания выделения систем в географических науках / Пузаченко Ю.Г., Скулкин В.С. // Вопросы географии. Сб.104. – Системные исследования природы.– М.:Мысль, 1977. – С.37–54.
23. Пузаченко Ю.Г. Пространственно-временная иерархия геосистем с позиции теории колебаний / Пузаченко Ю.Г. // Вопросы географии. Сб.127. – Моделирование геосистем. – М.:Мысль, 1986. – С.96-111.
24. Ретеюм А.Ю. О факторах и формах упорядоченности пространства оболочки земли / Ретеюм А.Ю. // Вопросы географии. Сб.104. – Системные исследования природы. – М.:Мысль, 1977. – С.84–95.
25. Ретеюм А.Ю. Анализ и синтез геосистем: от статики к динамике / Ретеюм А.Ю. // Вопросы географии. Сб.121. – Ландшафтоведение теория и практика. – М.:Мысль, 1982. – С.55-63.
26. Родоман Б.Б. Основные типы пространственной дифференциации / Родоман Б.Б. // Вестник Московского ун-та. Сер. 5. География. – 1970. – № 5. – С.22-30.
27. Романова Е.Н. Микроклиматическая изменчивость основных элементов климата. / Романова Е.Н. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 232 с.
28. Симонов Ю.Г. Моделирование в географии (гносеологические подходы) / Симонов Ю.Г. // Вопросы географии. Сб.127. – Моделирование геосистем. – М.:Мысль, 1986. – С.11–17
29. Солнцев Н.А. О морфологии природного географического ландшафта / Солнцев Н.А. // Вопросы географии.– Сб. – М.:Географгиз, 1949. – С.61–86.
30. Сысуев В.В., Морфометрический анализ геофизической дифференциации ландшафтов / Сысуев В.В. // Известия АН Серия географическая. – 2003. – №4. – с. 36–70.
31. Сысуев В.В. Моделирование геофизической дифференциации геосистем / Сысуев В.В. // География, общество, окружающая среда. Том. II. Функционирование и современное состояние ландшафтов. – М.: Издательский дом Городец, 2004. – С.48-70.
32. Сысуев В.В., Выделение типов условий местопроизрастания для лесоустройства по участковому методу / Сысуев В.В., Шарый П.А. // Лесоведение – 2000. – № 5. – С.11-21.
33. Arnold. J.G. Validation of SWRRB: Simulator for water resources in rural basins / Arnold. J.G., Williams J.R. // J. Water Resour. Plan. Manage. – ASCE, 113(2) – P 243–256.
34. Arnold. J.G. Continuous-time water and sediment-routing model for large basins / Arnold. J.G., Williams J.R., Maidment D.R. // J. Hydrol.Eng. – ASCE, 121(2), 1995b. – P 171–183.
35. Gassman P. W. The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Application, and Future Research Direction / Gassman P. W., M. R. Reyes, C. H. Green, J. G. Arnold. // American Society of Agricultural and Biological Engineers – Vol. 50(4) – P 1211-1250.

36. Izaurralde R.C. Simulating soil C dynamics with EPIC: Model description and testing against long-term data. / Izaurralde R.C., Williams J.R., McGill W.B., Rosenberg N.J., Quiroga Jakas M.C // *Ecol. Modelling* – 2006 – 192(3-4) – P 362–384.
37. Knisel W.G. CREAMS: A field-scale model for Chemical, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems / Knisel W.G. – US Department of Agriculture, Science and Education Administration, 1980 – №26 – 643 pp.
38. Knisel, W.G. The GLEAMS model plant nutrient component. PART I: model documentation / Knisel, W.G., R.A. Leonard, and F.M. Davis. – USDA-ARS, Coastal Plain Experiment Station. Southeast Watershed Research Laboratory. Tifton, Georgia, 1994 – 57 pp.
39. Knisel, W.G. GLEAMS version 2.0 Part III: User Manual. / W.G. Knisel, F.M. Davis, R.A. Leonard. – USDA-ARS, Coastal Plain Experiment Station. Southeast Watershed Research Laboratory. Tifton, Georgia, 1994. – 200 pp.
40. Leonard, R.A., GLEAMS: Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems / Leonard, R.A., W.G. Knisel, D.A. Still // *Trans. Amer. Soc. of Agric. Engrs.* – Vol.30 – 1987. – P 1403-1418.
41. Soil and Water Assessment Tool, Theoretical Documentation: Version 2009. USDA Agricultural Research Service and Texas A&M Blackland Research Center: Temple. [Электронный ресурс] / Neitsch SL, Arnold JG, Kiniry JR, Srinivasan R, Williams JR. – Режим доступа <http://swatmodel.tamu.edu/media/1292/swat2005theory.pdf>

Личак О.І. Нові підходи до геоecологічного аналізу та прогнозу антропогенної трансформації ландшафтів Криму / О.І. Личак, Т.В. Бобра // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2012. – Т. 25 (64). – № 1 – С.146-154.

Стаття присвячена питанням геоінформаційного моделювання антропогенної трансформації ландшафтних комплексів Криму. В основі запропонованого підходу лежить оверлейний аналіз просторової структури різних картографічних геоінформаційних моделей сучасних ландшафтів, метод аналізу інформаційних градієнтів, концепція антропогенної екотонізації.

Ключові слова: антропогенна трансформація ландшафтів, ГІС, геоінформаційне моделювання, екотони, SWAT – модель.

Lychak A.I. A new approach to geoeological analysis and prognosis of anthropogenic transformation of the Crimean landscape / A.I. Lychak, T.V. Bobra // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2012. – Vol. 25 (64). – № 1 – P. 146-154.

The questions of GIS modeling of the anthropogenic transformation of the Crimean landscape are discussed in this article. Overlay analysis of the spatial structure of the cartographic gis-models of the modern landscapes, method of analysis of the information gradients, conception of anthropogenic ecotones are basis of this approach.

Key words: anthropogenic transformation of the landscape, GIS, GIS-modeling, ecotone, SWAT-model

Поступила в редакцію 13.05.2012 г.