

## Література:

1. Геоінформаційне картографування в Україні. Концептуальні основи і напрями розвитку [Л. Г. Руденко, Т. І. Козаченко, Д. О. Ляшенко та ін.] — К. : Наук. думка, 2011 — 104 с.
2. Геоинформационные технологии в недропользовании (на примере ГИС K-MINE) / Г. И. Рудько, М. В. Назаренко, С. А. Хоменко, А. В. Нецкий, И. А. Федорова. — К.: «Академпред», 2011. — 336 с.
3. Капралов Е. Г. Введение в ГИС: Учеб. пособие. — 2-е изд., испр. и доп. / Е. Г. Капралов, Н. В. Коновалова. — М. : ООО «Библион», 1997. — 160 с.
4. Котова Т. В. Проблема согласования в традиционном и геоинформационном картографировании / Т. В. Котова, Л. Ф. Январева // Картография на рубеже тысячелетий : докл. I Всероссийской научн. конф. по картографии, 7-10 октября 1997 г., Москва. — М. : РАН. — 1997. — С. 395-400.5. Левицкий И. Ю. Методические указания по разработке и использованию структурно-логических моделей для природоохранного картографирования / И. Ю. Левицкий, В. А. Пересадыко. — Х., 1988. — 14 с.
6. Пересадыко В. А. Картографічні твори як основа створення регіональної еколого-географічної ГІС / В. А. Пересадыко // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії : зб. наук. праць. — Вінниця : Антекс-УЛТД, 2004. — Вип. 4. — С. 222-226.
7. Пересадыко В. А. Картографічне забезпечення екологічних досліджень і охорони природи. — Х. : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2009. — 242 с.
8. Реймерс Н. Ф. Природопользование: Словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. — М. : Мысль, 1990. — 637 с.

УДК 504.064.37

О. М. Самофалова

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород



## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗУЧЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ САМОЗАРАСТАНИЯ КАРЬЕРНО-ОТВАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Представлена методика и результаты изучения длительности самозарастания карьерно-отвальных комплексов на территории Старооскольско-Губкинского промышленного узла с применением методов автоматизированной классификации изображений космических снимков.

**Ключевые слова:** горнодобывающая промышленность, космоснимки, самозарастание.

**O. Samofalova**

**THE DEVELOPMENT OF DISTANCE LEARNING TECHNIQUES OF DURATION OF VEGETATION EXPANSION ON THE OPEN-CAST MINES AND DUMPS BASED ON IMAGE CLASSIFICATION OF SPACE IMAGES**

The technique and the results of the studying duration of vegetation expansion on the open-cast mines and dumps in Stary Oskol-Gubkin industrial region with application of automated image classification of satellite images are shown.

**Keywords:** mining, satellite imagery, expansion of vegetation.

О. М. Самофалова

**РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ САМОЗАРОСТАННЯ КАР'ЄРНО-ВІДВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ НА ОСНОВІ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ**

Представлено методику і результати вивчення тривалості самозаростання кар'єрно-відвальних комплексів на території Старооскільсько-Губкінського промислового вузла із застосуванням методів автоматизованої класифікації зображень космічних знімків.

**Ключові слова:** гірничодобувна промисловість, космоснімки, самозаростання.

**Вступление. Цель исследования.** Для комплексного изучения антропогенной трансформации геосистем необходимым является отслеживание процесса регенерации нарушенных экосистем и оценка потенциала естественного воспроизводства почвенно-растительного покрова. Поэтому целью нашего исследования является оценка длительности самозарастания карьерно-отвальных комплексов, расположенных в санитарно-защитной зоне Лебединского и Стойленского горно-обогатительных комбинатов (далее – ГОК). Объектами исследования стали карьеры по добыче железных руд Лебединского и Стойленского ГОКов, отвалы рыхлых вскрышных пород и скальной вскрыши.

Известно, что при открытой добыче полезных ископаемых на дневную поверхность извлекаются глубинные породы. Вопросами, касающимися особенностей и закономерностей восстановления растительного покрова на промышленных отвалах, занимаются Е. А. Раков (2009) [6], А. Н. Куприянов, Ю. В. Морсакова (2008 г.) [5], Т. С. Чибрик (2007) [9], Р. И. Бурда (1991) [2], В. К. Тохтарь (2003) [8], А. И. Хархота (2004) [7], А. Rostanski, G. Wozniak (2000) [11]. Особенно интенсивно биоэкологические характеристики флоры на техногенных отвалах исследуются в Украине (работы У. Б. Башуцкой (2002) [1], С. П. Жукова, О. М. Шевчук, С. А. Приходько (2004) [3], Ю. В. Ярошук (2007) [10]).

**Результаты исследований.** Для проведения исследований были отобраны шесть космоснимков спутниковой системы Landsat, охватывающих промежутки с 1988 по 2011 годы и покрывающих территорию исследования. Пространственное разрешение снимков (30 м) и количество спектральных диапазонов позволили проанализировать процесс самозарастания карьерно-отвальных комплексов Старооскольско-Губкинского промышленного узла. Следует отметить, что все снимки получены в летний период, когда покрытые растительностью участки имеют максимальные показатели вегетационного индекса на снимках. На всех отобранных космоснимках отсутствовали дефекты, связанные с работой сенсоров и погодными условиями (облачность), которые могли вызвать неверное распознавание объектов при классификации. Исследование выполнено с использованием лицензионного программного обеспечения ArcGIS 10 и ENVI 4.6.

Первым этапом стало картографирование площади отвалов, на которых проявляется самозарастание. Для решения этой задачи необходимо было получить контуры всех отвалов, на которых присутствует растительность. Границы отвалов выделены автоматизированным методом – классификацией с обучением (Supervised Classification), способом параллелепипедов. Далее, на основе отклассифицированных контуров отвалов с помощью инструмента создания масок (Build Mask), созданы маски границ отвалов, в пределах которых изучался процесс самозарастания.

Для каждого отвала рыхлой и скальной вскрыши, а также бортов карьеров, по каждому космоснимку в программном комплексе ENVI 4.6 рассчитан вегетационный индекс NDVI (Normalized Differences Vegetation Index) [4]. С помощью операции Density Slice по созданным маскам были отфильтрованы отрицательные значения вегетационного индекса, так как значения вегетационного индекса меньше нуля характерны только для невегетирующих поверхностей. Операция по фильтрации отрицательных значений индекса позволила выделить ареалы вегетирующей растительности на отвалах. После проведения ряда постклассификационных процедур (отсеивание, генерализация, сглаживающая фильтрация), за каждый исследуемый год получены слои с контурами самозарастания, которые были конвертированы в шейп-файлы и обработаны в ArcGIS 10. С помощью калькулятора поля каждому полигону в слое присвоено значение, равное единице. Затем, в специальном модуле Spatial Analyst с помощью операции «Объединение» проведено суммирование всех слоев. С помощью SQL-запроса проводили суммирование полей таким образом, чтобы учитывалась длительность развития растительности на каждом отдельном полигоне. Полученная сумма баллов характеризовала количество лет, в течение которых наблюдалось самозарастание отвалов. Векторный слой конвертирован в растр, что позволило получить карту, отражающую длительность самозарастания карьерно-отвальных комплексов Курской магнитной аномалии (КМА).

Тенденции самозарастания всех отвалов вскрышных пород практически одинаковы. Так, максимальные темпы самозарастания наблюдались в 1992–1995 гг. и в 2011 г. Это может быть связано с сокращением темпов добычи в этот период, и с тем, что в связи с разработкой карьеров вглубь темпы отсыпки отвалов рыхлой вскрыши не превышали темпов самозарастания. С 1995 г. наблюдается сокращение площади отвалов, покрытых растительностью, до минимальных значений для каждого отвала, что связано с ростом темпов добычи железорудного сырья, расширением площади карьеров и отсыпкой новых масс рыхлой вскрыши. Увеличение площади самозарастания отвалов к 2011 г. (рис. 1) свидетельствует о стабилизации темпов добычи.

Для отвалов скальных пород и бортов обоих карьеров характерна иная тенденция развития самозарастания (рис. 2).

Площади, покрытые растительностью, на отвалах скальных пород меньше, чем на отвалах рыхлой вскрыши. Это объясняется характером субстрата и постоянной отсыпкой новых масс переработанной скальной породы. Изначально отвалы скальной вскрыши формируются как техногенные месторождения, на которых целенаправленно не создаются условия для развития растительности и не проводится рекультивация. С 1995 г. на отвалах скальных пород, так же как и на отвалах рыхлой

вскрыши, наблюдается тенденция сокращения площади самозарастания. К 2002 – 2007 гг. площадь отвалов, покрытых растительностью, достигает минимальных значений за весь период исследования, что связано с увеличением объемов добычи железорудного сырья с сопутствующим увеличением общей площади отвалов скальных пород и карьеров.

Анализ карты длительности самозарастания карьерно-отвалных комплексов (рис. 3) показал, что более чем на половине территории растительные сообщества развиваются в течение четырех и менее лет.

В 2002 – 2007 гг. на крупных отвалах Стойленского карьера произведены отсыпки новых масс вскрыши, уничтожившие растительность. Вследствие этого в 2011 г. на данных отвалах зафиксированы наибольшие площади молодых растительных группировок. Наименьшие площади самозарастания наблюдаются на отвале скальной

вскрыши Лебединского карьера. Скальные породы являются неблагоприятным субстратом для заселения растительностью, кроме того отсыпка отвалов продолжается и в настоящее время. По состоянию на 2011 г. отвал окисленных железистых кварцитов покрыт растительностью только на 55 %, а в период с 2000 по 2007 гг., когда происходило расширение площади отвала, растительность покрывала всего 4 % его территории в северо-восточной части.

Наиболее зрелые растительные группировки (13 – 23 лет) могут быть обнаружены на северо-восточном и северо-западном отвалах рыхлой вскрыши Стойленского карьера. Наличие источников заселения растительности (ареалы произрастания естественной древесно-кустарниковой растительности вблизи отвалов) и благоприятный литологический состав пород способствовали ускоренному зарастанию отвала, в результате чего за пять лет (с 2007 по 2011 гг.) заросло 87 % площади. Данные

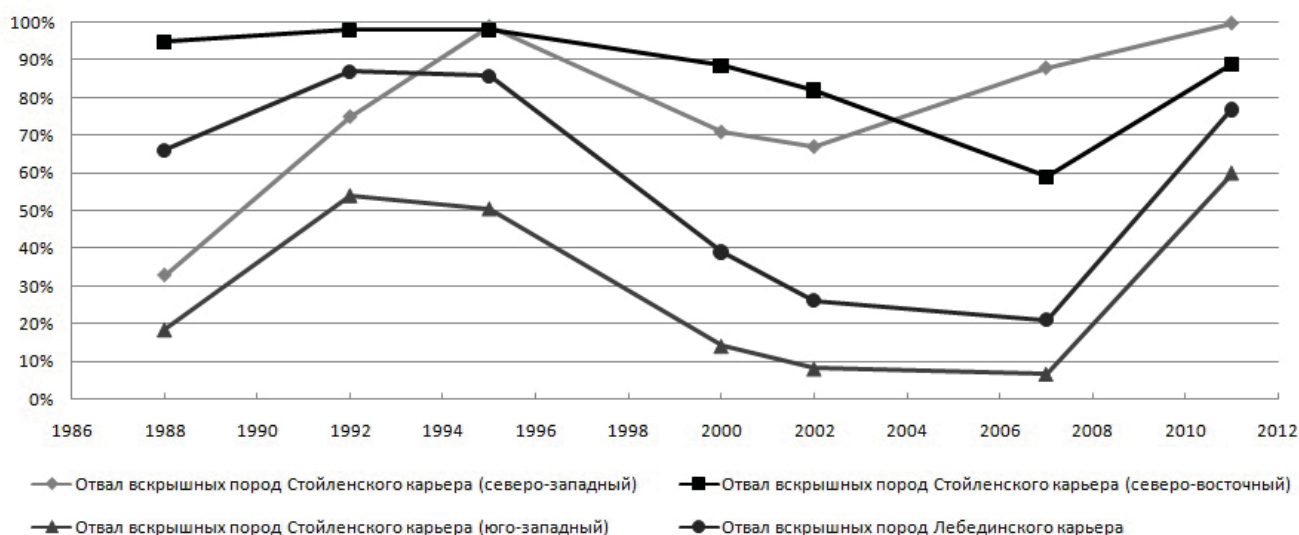


Рис. 1. Изменение доли отвалов вскрышных пород, покрытых растительностью

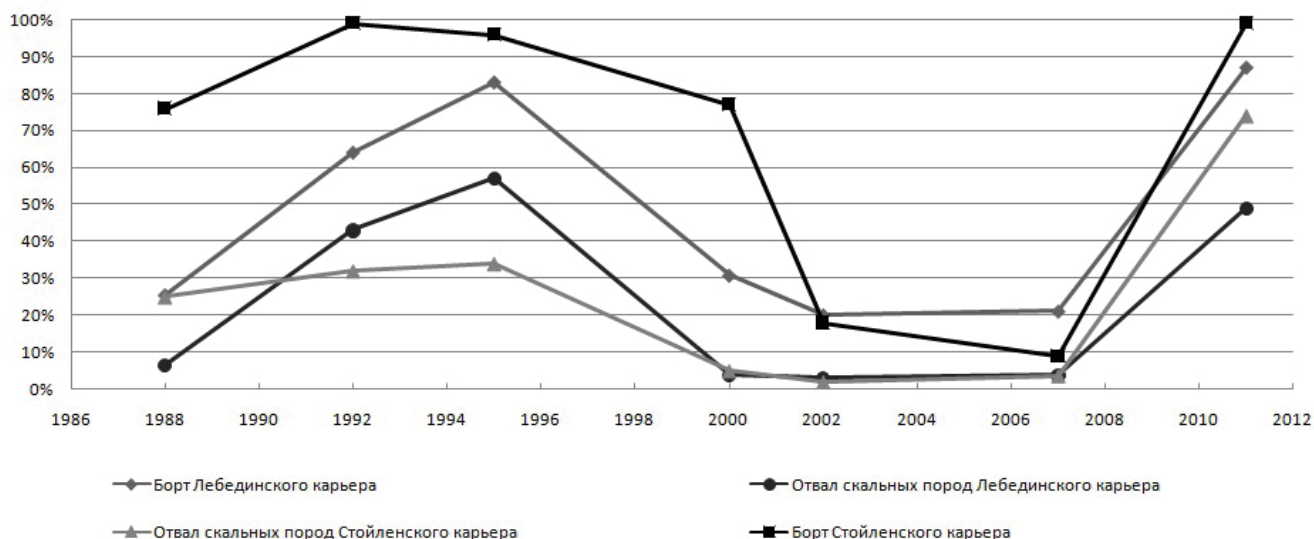


Рис. 2. Изменение доли отвалов скальных вскрышных пород и бортов карьеров, покрытых растительностью

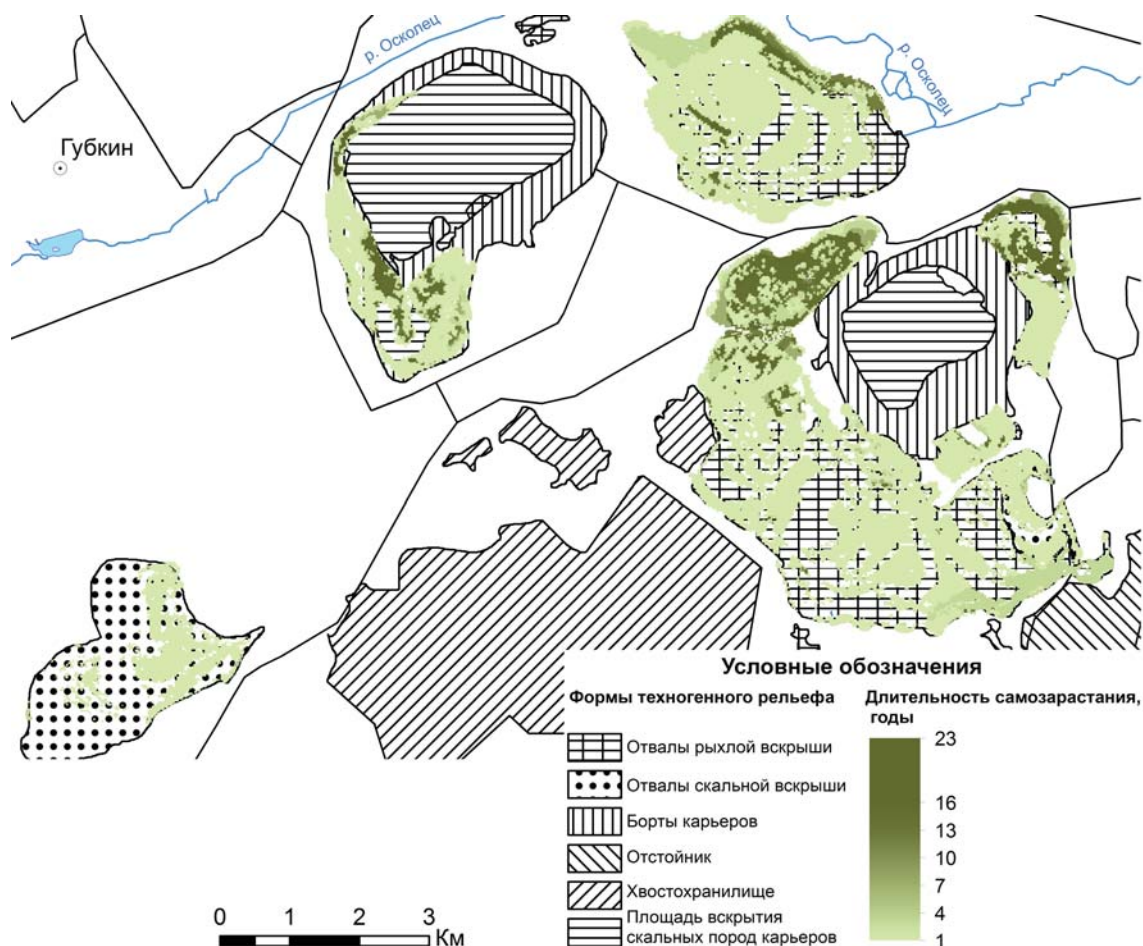


Рис. 3. Карта длительности самозарастания карьерно-отвальных комплексов

визуального дешифрирования подтверждают наличие древесной и кустарниковой растительности на отвале. Следует отметить, что откосы по периметру отвала были рекультивированы, на них высажены деревья. Закрепление откосов привело к созданию благоприятных условий для развития растительности на всей поверхности отвала.

**Выводы.** Полученные в ходе исследования данные свидетельствуют о том, что самозарастание отвалов рыхлой и скальной вскрыши на территории Старооскольско-Губкинского промышленного узла носит фрагментарный характер. Длительность самозарастания на большинстве отвалов составляет 1–9 лет. На отдельных участках отвалов и карьеров, не подвергающихся трансформации, длитель-

ность самозарастания достигает 13–23 года. К таким территориям относятся периферийные участки северо-восточного отвала рыхлых вскрышных пород Лебединского карьера, а также северо-западный и северо-восточный отвалы Стойленского карьера. Тем не менее, продолжающийся рост объектов карьерно-отвальных комплексов, не покрытых растительностью, свидетельствует о том, что темпы самозарастания не превосходят темпов отсыпки вскрышных масс.

Рецензент – кандидат географических наук,  
доцент О. А. Чепелев

#### Литература:

1. Башуцька, У. Б. Характеристика флоры природных отвалов шахт Красноградского горнопромышленного района // Научный вестник: Сб. науч.-техн. ст. Львов: УкрДЛУ. – 2002. – Вып. 12.2. – С. 84–86.
2. Бурда, Р. И. Антропогенная трансформация флоры. Киев.: Наукова думка, 1991. – 168 с.
3. Жуков, С. П. К вопросу об адаптации флор к антропогенному влиянию / С. П. Жуков, С. А. Приходько, О. М. Шевчук // Промышленная ботаника. Донецкий бот. сад НАН Украины. – 2004. – Вып. 4. – С. 39–46.
4. Кондратьев, К. Я. Аэрокосмические исследования почв и растительности: учеб. пос. / К. Я. Кондратьев, В. В. Козодеров, П. П. Федченко. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. – 229 с.
5. Куприянов, А. Н. Начальные этапы формирования растительного покрова на техногенных экотопах Кузбасса / А. Н. Куприянов, Ю. В. Морсакова / Сибирский экологический журнал. – 2008. – № 2. – С. 255-261.

6. Раков, Е. А. К вопросу формирования флоры на нарушенных промышленностью землях / Е. А. Раков, Т. С. Чибрик // Экология. — 2009. — № 6. — С. 473-476.
7. Тохтарь, В. К. Временная динамика флор техногенных территорий юго-востока Украины / В. К. Тохтарь, А. И. Хархота // Промышленная ботаника. Донецкий бот. сад НАН Украины. — 2004. — Вып. 4. — С. 86—100.
8. Тохтарь, В. К. Сравнение локальных флор техногенных территорий Европы / В. К. Тохтарь, А. И. Хархота, Р. Ростаньски и др // Промышленная ботаника. Донецкий бот. сад НАН Украины, 2003. — Вып. 3. — С. 7—13.
9. Чибрик, Т. С. Восстановление фиторазнообразия на нарушенных техногенных объектах таежной зоны Урала / Т. С. Чибрик // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: Мат-лы Междун. науч. конф. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. — 2007. — С. 743—762.
10. Ярошук, Ю. В. Структурная организация растительности техногенно изменённых ландшафтов южного Криворожского бассейна / Ю. В. Ярошук, Н. Г. Сметана, А. Н. Сметана // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: Мат-лы Междун. науч. конф. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. — 2007. — С. 812—826.
11. Rostanski A., Wozniak G. The development of vegetation on industrial wastelands in Upper Silesia (Poland) and the Ruhr Region (Germany) // Mechanisms of Anthropogenic changes of the plant cover: publications of the Department of Plant Taxonomy of the Adam Mickevich University. Poznan. — 2000. — № 10. — P. 259—269.

ДК 911.5+004.9

**А. А. Светличный**

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова



## ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ

На основе рассмотрения проблем и опыта пространственного геоинформационного моделирования эрозионных потерь почвы в мире и Украине обоснованы наиболее перспективные подходы к разработке пространственно-распределенных моделей водной эрозии почв.

**Ключевые слова:** водная эрозия почв, математическое моделирование, сценарии ГИС-реализации.

**Svetlitchnyi A.A.**

**SPATIAL GEOINFORMATIONAL MODELING AND FORECAST OF SOIL WATER EROSION**

Based on consideration of the problems and experience of spatial geoinformation modeling of soil erosion losses in the world and in Ukraine justified the most promising approaches to the development of spatially distributed of soil erosion models.

**Keywords:** soil erosion, mathematical modeling, scenarios of GIS implementation.

**О. О. Світличний.**

**ПРОСТОРОВЕ ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГНОЗ ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ**

На основі розгляду проблем та досвіду просторового геоінформаційного моделювання ерозійних втрат ґрунту в світі та Україні обґрунтовані найбільш перспективні підходи до розробки просторово-розподілених моделей водної ерозії ґрунтів.

**Ключові слова:** водна ерозія ґрунтів, математичне моделювання, сценарії ГІС-реалізації.

**Вступление.** Водная эрозия почв является наиболее распространенным почвенным деградационным процессом, наносящим огромный экономический и экологический ущерб во многих странах мира, в том числе и в Украине. В связи с этим, разработка адекватной математической модели эрозионных потерь почвы, позволяющей обеспечить научное обоснование почво-водоохранного обустройства агроландшафтов, является актуальной научной и прикладной задачей. Поскольку все природные и антропогенные факторы склонового эрозионно-аккумулятивного процесса имеют выраженный пространственно-распределенный характер, наиболее адекватным инструментарием для решения этой задачи является технология географических информационных систем. Именно

появление, развитие и распространение геоинформационных технологий сделало практически осуществимой задачу пространственного моделирования, расчета и прогноза водной эрозии. Несмотря на очевидный пространственно распределенный характер этой задачи, длительное время практика противозерозионного проектирования в Украине, как и в других странах, основывалась на моделях с сосредоточенными параметрами (0-мерных). К этой группе моделей относятся известные в Украине: Универсальное уравнение эрозионных потерь почв (USLE) [18], логико-математическая модель эрозионных потерь почв Г. И. Швевса [9], формула смыва И. К. Срибного [7], математико-статистическая модель бывшего УкрНИИЗПЭ [1]. Приближенное решение профильной (1-мерной) модели эрозии