

УДК 001.891.3:378.091

Автоматизированная система управления данными мониторинга окружающей природной среды техногенных ландшафтов

М.Е. Корягин^a, Е.А. Ижмулкина^b, О.В. Маринова^c

Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт ул. Марковцева, 5, Кемерово, Россия

^aoit@ksai.ru, ^bi-katja@mail.ru, ^cOlga.v.loshkareva@gmail.ru

Статья поступила 14.09.2013, принята 19.11.2013

Разработана информационно-аналитическая система мониторинга воздействия угольной промышленности на окружающую среду. Система включает базу данных, геоинформационную систему и программный модуль расчета текущих интегральных характеристик окружающей природной среды. База данных с веб-интерфейсом предназначена для ввода и хранения данных о техногенных ландшафтах и результатов мониторинга качества их природной среды. Представлена структура базы данных, содержащая 21 взаимосвязанную таблицу, что позволяет учесть основные мероприятия, проводимые на техногенном ландшафте, включая горные работы, рекультивацию земель и мониторинг флоры, фауны и почвы. Геоинформационная система с веб-интерфейсом включает в себя графические и тематические базы данных экологической направленности. Программный модуль предназначен для расчета текущих интегральных характеристик окружающей природной среды территорий изучаемых техногенных ландшафтов и прогнозирования сроков нейтрализации загрязнений и восстановления биологической продуктивности техногенных ландшафтов. Реализована визуализация состояний природной среды техногенных ландшафтов для выявления аномалий и качественной оценки динамики развития системы мониторинга. Взаимосвязь базы данных с ГИС предоставляет дополнительные возможности визуального анализа и исследования пространственных взаимосвязей между угольными разрезами, технологиями рекультивации и характеристиками их экологического состояния.

Ключевые слова: мониторинг техногенно нарушенных ландшафтов, информационная система, база данных, окружающая среда.

Automated data management system for environmental monitoring of anthropogenic landscapes

М.Е. Koryagin^a, Е.А. Izhmulkina^b, О.В. Marinova^c¹ Kemerovo State Agricultural Institute, 5 Markovtseva st., Kemerovo, Russia^aoit@ksai.ru, ^bi-katja@mail.ru, ^cOlga.v.loshkareva@gmail.ru

Received 14.09.2013, accepted 19.11.2013

An information analytical system for monitoring the impact of coal mining on the environment has been developed. The system includes a database, geographic information systems and software to calculate the integral characteristics of the environment current state. The database with a web interface is designed for entering and storing data on the anthropogenic landscapes and the monitoring results of the environment state. The database structure contains twenty-one interrelated tables that allows taking into account the main activities carried out on the anthropogenic landscapes, including mining, land reclamation and monitoring the condition of flora, fauna and soil. The geographic information system with a web interface includes ecologically-related visual and thematic databases. The software module is designed to calculate the current integral characteristics of the natural environment of anthropogenic landscapes in the investigated areas and predict the term to neutralize pollution and restore the biological productivity of anthropogenic landscapes. The visualization of the natural environment of anthropogenic landscapes to detect anomalies and the qualitative assessment of the environment dynamics has been implemented. The relationship between the database and GIS provides the visual analysis options and study of spatial relationships between coal strip mines, the restoration technologies and the characteristics of their ecological status.

Keywords: monitoring of anthropogenically destroyed landscapes, information system, database, environment.

Введение. В результате деятельности добывающей и перерабатывающей промышленности происходит замена природных ландшафтов техногенными, восстановление которых естественным путем идет очень медленно. В связи с этим весьма актуальны работы, связанные с нейтрализацией загрязнения окружающей среды и ускорением процесса восстановления биологической продуктивности техногенных ландшафтов.

Несмотря на выполняемые природоохранные работы, экологическая ситуация в угольных регионах не улучшается. Это связано с тем, что работы по восстановлению нарушенных земель проводятся без комплексной оценки состояния формирующейся почвы и экосистемы в целом [1].

Одной из важнейших причин сложившейся ситуации является принятие управленческих решений в условиях отсутствия информационной базы, и, как следствие, не-

обходимость значительных временных и трудовых затрат поиска информации по состоянию природной среды техногенных ландшафтов, а также его изменения при применении технологий рекультивации. Анализ используемых в настоящее время способов хранения и обработки информации, полученной в ходе мониторинга, показал, что информация есть, ее даже слишком много, но она не структурирована, не согласована, разрознена, не всегда достоверна, ее практически невозможно найти и получить. В связи с этим возникает вопрос о необходимости использования программных средств, позволяющих обрабатывать разнородные показатели состояния окружающей среды (флора, фауна, почвенные характеристики и др.), а также хранить данные о работах, проводимых на участках.

Разработка автоматизированной системы управления данными мониторинга окружающей природной среды техногенно нарушенных ландшафтов в угледобывающих регионах проводилась в рамках выполнения НИР «Разработка информационно-аналитической системы для мониторинга воздействия угольной промышленности на окружающую среду и прогнозирования сроков нейтрализации загрязнений и восстановления биологической продуктивности техногенных ландшафтов» (соглашение 8658 с Минобрнауки России). При изучении предметной области учитывался опыт работы в данном направлении проблемной научно-исследовательской лаборатории рекультивации нарушенных земель Кемеровского ГСХИ.

Эффективным инструментом для решения задач мониторинга окружающей среды техногенно нарушенных земель является база данных с графическим интерфейсом, позволяющая хранить, обрабатывать и предоставлять необходимые данные. Такая база обеспечит получение информации о территории техногенных ландшафтов в виде набора цифровых данных, объединенных по определенному принципу. Таким образом, становится очевидна актуальность разработки специализированной базы данных, которая станет основой для создания автоматизированной информационной системы мониторинга воздействия угольной промышленности на окружающую среду и прогнозирования сроков нейтрализации загрязнений и восстановления биологической продуктивности техногенных ландшафтов.

Мониторинг окружающей среды. Под мониторингом окружающей природной среды техногенных ландшафтов будем понимать систему наблюдений, оценку и прогноза изменений их состояния, созданную с целью определения сроков нейтрализации загрязнений и восстановления биологической продуктивности. Необходимо также отметить, что сама система мониторинга не включает деятельность по управлению качеством среды, но является источником информации, необходимой для принятия экологически значимых решений [2].

Для техногенно нарушенных ландшафтов характерна неполноценность биогеоценоза – когда из него выпадают важнейшие составляющие компоненты и приходится оценивать состояние по имеющимся в наличии признакам. Среди комплекса важных для индикации и мониторинга признаков ведущее место, несомненно, занимает растительность как ведущий компонент ландшафтов (в том числе и антропогенных). Методика мониторинга интегральной оценки окружающей природной среды

техногенных ландшафтов включает систему индикационных параметров, характеризующих растительность (древесную, травянистую), фауну (количественный и качественный состав насекомых и теплокровных животных), биогеохимию (содержание токсичных элементов в почве) [3].

Среди комплекса важных для индикации и мониторинга признаков ведущее место, несомненно, занимает растительность как ведущий компонент ландшафтов (в том числе и антропогенных). Поэтому информационная система должна включать систему индикационных параметров, характеризующих растительность (древесную, травянистую, микро-растительность).

Для получения полной картины состояния окружающей среды техногенного ландшафта необходимо участие набор параметров, характеризующих фауну этого ландшафта. Информационная система должна позволять хранить и обрабатывать результаты мониторинга используемых методик учета животных: анкетные «специальные» учеты, учитывающие особенности каждого вида животного; «комплексный» учет нескольких видов животных одновременно; относительный и количественный учет на больших площадях [4].

Одним из основных показателей состояния окружающей среды является состояние почвенного покрова. Почвенно-экологический мониторинг – научная информационная система наблюдения, оценки и прогноза изменений состояния почв и почвенного покрова, протекающих под воздействием естественных и антропогенных факторов. Кроме того, мониторинг является основой для прогнозирования и управления состоянием почв, их плодородием, производством сельскохозяйственной продукции и способствует обеспечению стабильности и устойчивости социально-экономических отношений общества и биосферы в целом. К основным положениям (принципам) почвенно-экологического мониторинга относятся: комплексность, непрерывность, достоверность изучаемых параметров, свойств, режимов и процессов и сопряженность наблюдений (контроля), а также принципы иерархичности и сопряженности. Выбор диагностических показателей (контролируемых параметров) является наиболее важным в почвенно-экологическом мониторинге. Всю совокупность показателей изменения почвенно-экологической среды целесообразно объединить в три группы с разной периодичностью наблюдений: несколько раз в год фиксируются данные по показателям ранней диагностики развития негативных процессов (ферментативная активность, интенсивность дыхания и азотофиксирующая способность); один раз в 2-5 лет проводится мониторинг по показателям, отражающим более устойчивые изменения почв (количество и качество гумуса, валовое содержание элементов питания растений и тяжелых металлов, структура почвенного покрова); один раз в 5-10 лет осуществляются замеры устойчивых и глубоких изменений свойств почв, например, изменение соотношения тонкодисперсных и более крупных фракций гранулометрического состава и другие.

При мониторинге природной среды происходят накопление, систематизация и анализ соответствующей информации. Исходная информация должна включать в себя как можно более подробные данные о пространственно-временной изменчивости различных индика-

ционных параметров, включая данные об источниках и факторах воздействия на экосистемы.

Структура базы данных. Для разработки информационной системы (базы данных) о состоянии окружаю-

щей природной среды техногенных ландшафтов спроектированы концептуальная и, в соответствии с ней, дата-логическая модели данных. На рис. 1 представлена структура базы данных «Техногенный ландшафт».

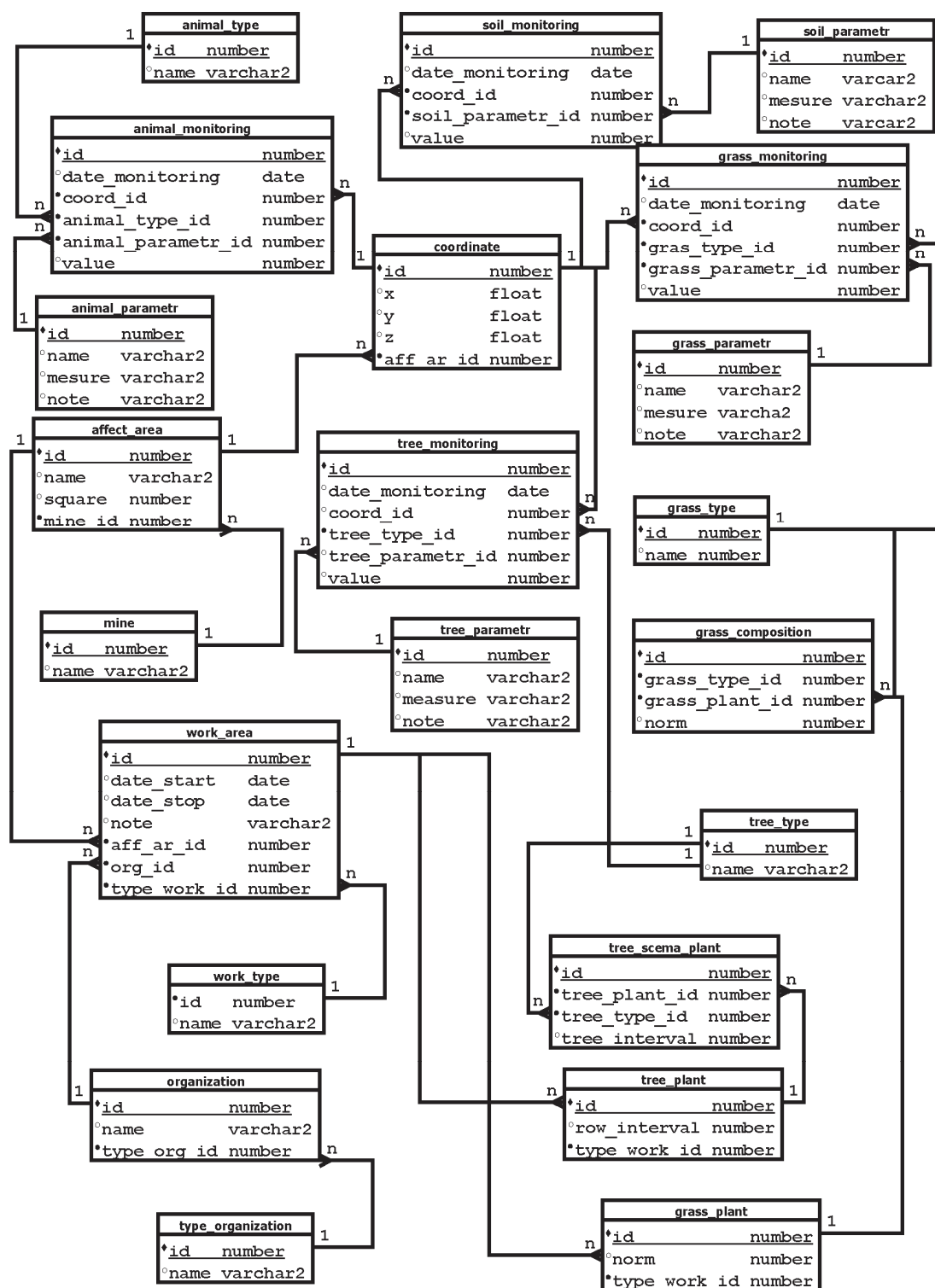


Рис. 1. Структура базы данных ИАС «Техногенный ландшафт»

Таблица **mine** – справочник по угольным площадкам.

Таблица **organization** – справочник организаций. Хранит наименования всех организаций, имеющих непосредственное отношение к исследуемому техногенному ландшафту.

Таблица **type_organization** – справочник направлений работ организаций.

Таблица **affect_area** – таблица с данными о нарушенных участках угольных площадок. Хранит наименования, площади участка, а также данные о принадлежности к дному из разрезов.

Таблица **work_area** – таблица с данными о работах, проводимых на участках, с указанием даты проведения и организации-исполнителя.

Таблица **work_type** – справочник по видам работ.

В таблице **coordinate** хранятся координаты участков.

Таблицы **tree_type**, **grass_type** и **animal_type** – справочники по видам деревьев, трав и животных соответственно.

Таблица **tree_plant** содержит данные о посадках деревьев на участках.

Таблица **tree_scema_plant** содержит данные о видовом составе и схеме посадки деревьев.

Таблица **grass_plant** содержит данные о посеве трав на участках

Таблица **grass_composition** содержит данные о видовом составе и процентном соотношении травосмеси.

Таблицы **grass_monitoring**, **tree_monitoring**, **soil_monitoring** и **animal_monitoring** содержат данные о мониторингах техногенных участков по следующим направлениям: трава, деревья, почва, животные (табл. 1 – 4).

В таблице **grass_monitoring** хранятся данные индикационных параметров, характеризующих травянистую растительность на различных участках техногенных ландшафтов. В табл. 1 представлены набор атрибутов и их назначение для сущности **grass_monitoring**.

Таблица 1

Описание таблицы «grass_monitoring»

grass_monitoring	
атрибут	назначение
id	номер записи в таблице
date_monitoring	дата проведения мониторинга
coord_id	указатель координаты точки проведения мониторинга
grass_type_id	указатель на вид травы
grass_parametr_id	указатель на параметр мониторинга
value	значение

Атрибут **id** является первичным ключом. Атрибуты **grass_type_id** и **grass_parametr_id** являются внешними ключами и указывают на вид растения, по которому проводится мониторинг (осот полевой, кострец безостый и др.), и параметр мониторинга (приживаемость, площадь проективного покрытия и др.) соответственно. Атрибут **coord_id** так же является внешним ключом и

указывает на принадлежность точки мониторинга к какому-либо техногенному ландшафту.

В таблице **tree_monitoring** хранятся данные индикационных параметров, характеризующих древесную растительность на различных участках техногенных ландшафтов. В табл. 2 представлены набор атрибутов и их назначение для сущности **tree_monitoring**.

Таблица 2

Описание таблицы «tree_monitoring»

tree_monitoring	
атрибут	назначение
id	номер записи в таблице
date_monitoring	дата проведения мониторинга
coord_id	указатель координаты точки проведения мониторинга
tree_type_id	указатель на вид дерева
tree_parametr_id	указатель на параметр мониторинга
value	значение

Атрибут **id** является первичным ключом. Атрибуты **tree_type_id** и **tree_parametr_id** являются внешними ключами и указывают на вид растения, по которому проводится мониторинг (сосна обыкновенная, береза бородавчатая и др.), и параметр мониторинга (высота растения, диаметр кроны и др.) соответственно. Атрибут **coord_id** также является внешним ключом и указывает на принадлежность точки мониторинга к какому-либо техногенному ландшафту.

В таблице **soil_monitoring** хранятся данные индикационных параметров, характеризующих почвенный покров на различных участках техногенных ландшафтов. В табл. 3 представлены набор атрибутов и их назначение для сущности **soil_monitoring**.

Таблица 3

Описание таблицы «soil_monitoring»

soil_monitoring	
атрибут	назначение
id	номер записи в таблице
date_monitoring	дата проведения мониторинга
coord_id	указатель координаты точки проведения мониторинга
soil_parametr_id	указатель на параметр мониторинга
value	значение

Атрибут **id** является первичным ключом. Атрибут **soil_parametr_id** является внешним ключом и указывает на параметр мониторинга (содержание нитратного азота в почве, кислотность и др.). Атрибут **coord_id** также является внешним ключом и указывает на принадлежность точки мониторинга к какому-либо техногенному ландшафту.

В таблице **animal_monitoring** хранятся данные индикационных параметров, характеризующих животный мир на различных участках техногенных ландшафтов.

В табл. 4 представлены набор атрибутов и их назначение для сущности **animal_monitoring**.

Атрибут **id** является первичным ключом. Атрибуты **animal_type_id** и **animal_parametr_id** являются внешними ключами и указывают на вид животного, по которому проводится мониторинг (длиннохвостый суслик, обыкновенная буроzubка и др.), и параметр мониторинга (количество особей одного вида, количество видов на участке и др.) соответственно. Атрибут **coord_id** также является внешним ключом и указывает на принадлежность точки мониторинга к какому-либо техногенному ландшафту.

Таблица 4

Описание таблицы «animal_monitoring»

animal_monitoring	
атрибут	назначение
id	номер записи в таблице
date_monitoring	дата проведения мониторинга
coord_id	указатель координаты точки проведения мониторинга
animal_type_id	указатель на вид животного
animal_parametr_id	указатель на параметр мониторинга
value	значение

Таблицы **grass_parametr**, **tree_parametr**, **soil_parametr** и **animal_parametr** содержат набор параметров для оценки состояния техногенных ландшафтов (табл. 5 – 8).

В таблице **grass_parametr** хранится набор индикационных параметров, по которым проводится мониторинг травянистой растительности. В табл. 5 представлены набор атрибутов и их назначение для сущности **grass_parametr**. Атрибут **id** является первичным ключом.

Таблица 5

Описание таблицы «grass_parametr»

grass_parametr	
атрибут	назначение
id	номер записи в таблице
name	параметр мониторинга (травы)
measure	единица измерения
note	примечание (описание параметра мониторинга)

В таблице **tree_parametr** хранится набор индикационных параметров, по которым проводится мониторинг древесной растительности. В табл. 6 представлены набор атрибутов и их назначение для сущности **tree_parametr**. Атрибут **id** является первичным ключом.

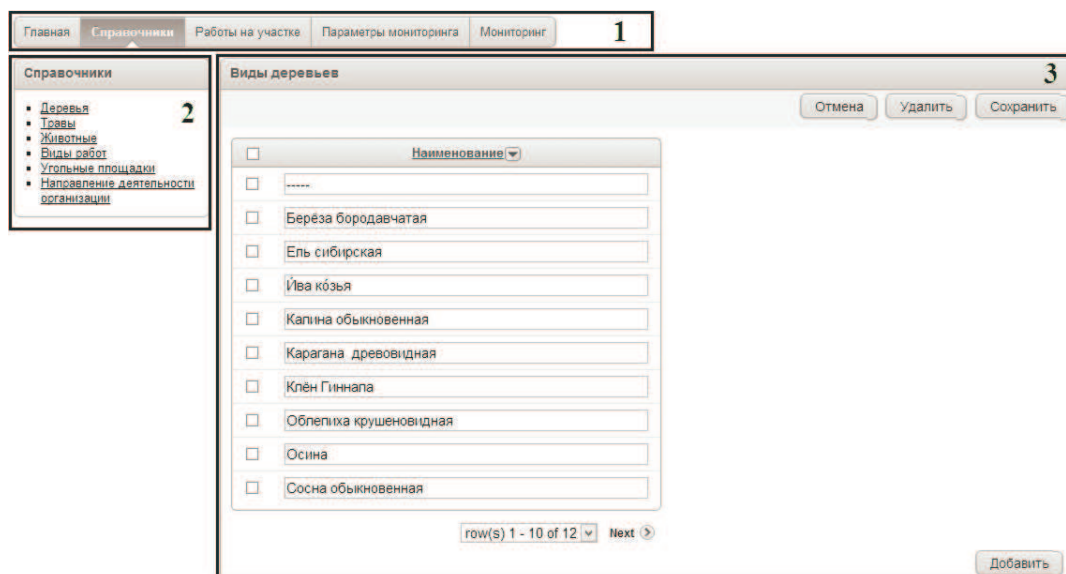


Рис. 2. Интерфейс системы

Таблица 6

Описание таблицы «tree_parametr»

tree_parametr	
атрибут	назначение
id ¹	номер записи в таблице
name	параметр мониторинга (деревья)
measure	единица измерения
note	примечание (описание параметра мониторинга)

В таблице **soil_parametr** хранится набор индикационных параметров, по которым проводится мониторинг древесной растительности. В табл. 7 представлены набор атрибутов и их назначение для сущности **soil_parametr**. Атрибут **id** является первичным ключом.

В таблице **animal_parametr** хранится набор индикационных параметров, по которым проводится мониторинг древесной растительности. В табл. 8 представлены набор атрибутов и их назначение для сущности **animal_parametr**. Атрибут **id** является первичным ключом.

Таблица 7

Описание таблицы «soil_parametr»

soil_parametr	
атрибут	назначение
id ¹	номер записи в таблице
name	параметр мониторинга (почва)
measure	единица измерения
note	примечание (описание параметра мониторинга)

Таблица 8

Описание таблицы «animal_parametr»

animal_parametr	
атрибут	назначение
id ¹	номер записи в таблице
name	параметр мониторинга (животные)
measure	единица измерения
note	примечание (описание параметра мониторинга)

Интерфейс системы. В качестве инструмента для реализации физической модели выбрано приложение Oracle Application Express (Apex) – свободная среда быстрой разработки прикладного программного обеспечения на основе СУБД OracleDatabase, целиком реализованная как веб-приложение. Интерфейс системы представлен на рис. 2.

Главное навигационное меню системы представлено областью 1 на рис. 2, оно позволяет переключаться между основными разделами системы. На данный момент в системе представлены четыре основных раздела: «справочники», «работы на участке», «параметры мониторинга» и «мониторинг». Область 2 – навигация по выбранному разделу. Область 3 – рабочая область системы. В рабочей области находятся таблица, с которой ведется работа в данный момент, и кнопки работы с данными («Добавить», «Удалить», «Сохранить» и «Отмена»).

Также в системе реализован модуль авторизации, который позволяет определить права доступа различным типам пользователей.

Графическое представление данных. Исследования проводились на Киселевской (коксовой) угольной площадке. Площадка расположена в Прокопьевском районе Кемеровской области. Площадь участка составляет 1,2 га. Климат района резко континентальный, с продолжительной холодной зимой и коротким теплым и влажным летом. Среднегодовая температура воздуха по многолетнему ряду наблюдений +1,6 °С. Атмосферные осадки распространяются по площади крайне неравномерно. Среднегодовая норма осадков составляет 428 мм.

Район характеризуется высокой концентрацией горного производства. Месторождения отрабатываются по комплексной системе, при которой участки открытых

горных работ и подземная добыча угля чередуются или находятся на одних площадях. В результате нарушения естественных ландшафтов особенно катастрофичны. Преобладают мощные крутопадающие пласты, разработка которых открытым способом сопровождается образованием обширных внешних отвалов, а подземным способом – каньонообразных провалов. Все это создает особенно неблагоприятные экологические условия. Тем более что размещены угледобывающие предприятия среди жилой застройки или в непосредственной близости к ней. Здесь наиболее сложные и трудные в Кузбассе условия для проведения рекультивации.

Река Аба, начинающаяся с отстойников шахты «Киселевская», вбирает в себя почти все промстоки двух городов (Киселевск, Прокопьевск) и превращена, по существу, в сточный коллектор. Атмосферное загрязнение взвешенными веществами выше предельно допустимой концентрации (ПДК). По данным ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области», превышение составляет 7,4 %. Превышение ПДК максимально-разовой по фенолу – 1,7 %.

Общая картина загрязнения почвенного покрова и нарушенных земель тяжелыми металлами очень пестра. Уровни загрязнения достигают 3-4 ПДК. Специфической загрязнения выделяются типы нарушения земной поверхности: отвалам горной породы чаще свойственно загрязнение хромом, карьерным выемкам свойственно загрязнение кобальтом и никелем.

На данном участке был проведен мониторинг растительности согласно методикам, указанным в книге «Руководство по рекламации высокотравья прерий, саванн и древостоя», публикуемой Международным обществом по восстановлению окружающей среды. В табл. 9 приведены список травянистых растений, попавших в зону обследования, и площадь проективного покрытия.

Таблица 9

Травянистая растительность участка

Вид	Средняя площадь проективного покрытия вида, %	
	Суглинок	Почва
Melilotus officinalis Pall (донник лекарственный)	25,0	51,0
Bromopsis inermis Holub (кострец безостый)	20,0	49,0

Видовой состав обследуемой территории представлен двумя видами трав различных семейств – донник лекарственный и кострец безостый. Графическое представление проективного покрытия травосмеси на различных типах почвы представлено на рис. 3-4. Светло-серым цветом на рисунках обозначен донник лекарственный, темно-серым – кострец безостый, а черным цветом обозначена земля, на которой не прижился ни один из представленных видов.



Рис. 3. Проективное покрытие травосмеси на вариантах полевого опыта «Суглинок»

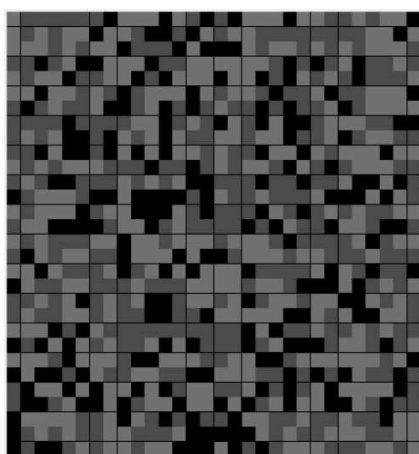


Рис. 4. Проективное покрытие травосмеси на вариантах полевого опыта «Почва»

Заключение

Система позволяет наглядно изобразить данные табл. 9 на карте техногенного ландшафта. Очевидно, что приживаемость на участке «Суглинок» (рис. 3) хуже, чем на участке «Почва» (рис. 4).

Таким образом, разработанная база данных с веб-интерфейсом позволяет накапливать и обрабатывать различные данные о техногенных ландшафтах и данные различных мониторингов, необходимых для ком-

плексной оценки состояния окружающей среды техногенного ландшафта. Представленная структура базы данных содержит 21 таблицу, которые позволяют учесть различные данные, характеризующие техногенный ландшафт и его экологическое состояние. Также в системе реализована визуализация состояний природной среды техногенных ландшафтов для выявления аномалий и качественной оценки динамики развития системы мониторинга.

Литература

1. Эйдензон Д.В., Ижмулкина Е.А., Ганиева И.В., Лошкарева О.В. Концепция информационно-аналитической системы мониторинга окружающей природной среды техногенно нарушенных ландшафтов в угледобывающих регионах // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 7. С. 75-77.
2. Баранник Л.П. Биоэкологические принципы лесной рекультивации. Новосибирск: Наука, 1988. 85 с.
3. Эйдензон Д.В., Ижмулкина Е.А., Маринов Н.А., Лошкарева О.В. Система мониторинга окружающей природной среды техногенных ландшафтов // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 11. С. 66-67.
4. Поляков А.Д. Методический подход мониторинга фауны техногенных ландшафтов [Электронный ресурс] // Методы и методики мониторинга окружающей природной среды техногенных ландшафтов: сб. материалов науч.-практ. семинара, 30 окт. Кемерово, 2012. URL: <http://event.ksai.ru/conferenc/#/39/zoomed>, свободный. Загл. с экрана (дата обращения: 25.05.2013).

References

1. Eydenzon D.V., Izhmulkina E.A., Ganieva I.V., Loshkareva O.V. The concept of information - analytic system of the anthropogenically disturbed landscapes environmental monitoring in the coal-mining regions // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2012. № 7. S. 75-77.
2. Barannik L.P. Biological and ecological principles of forest reclamation. Novosibirsk: Izdatel'stvo Nauka, 1988. 85 s.
3. Eydenzon D.V., Izhmulkina E.A., Marinov N.A., Loshkareva O.V. The system of the man-made landscapes environmental monitoring // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2012. № 11. S. 66-67.
4. Polyakov A.D. The methodical approach to the man-made landscapes fauna monitoring [electronic resource] // Metody i metodiki monitoring okruzhayushchey prirodnoy sredy tekhnogennykh landshtov: sb. materialov nauch.-prakt. seminar. Kemerovo, 2012. Mode of access: <http://event.ksai.ru/conferenc/#/39/zoomed>, free. - Caps. screen. (access date: 25.05.2013).