

4. Никитин В. М., Петин А. Н., Ломакин В. В. и др. Менеджмент качества атмосферного воздуха на основе регулярного лидарного патрулирования и ситуационного ГИС-моделирования состояния приземной атмосферы в пределах города // Проблемы региональной экологии. — 2008. — № 5. — С. 202—204.
5. Никитин В. М., Петин А. Н., Ломакин В. В., Уколов Ю. А. Повышение эффективности лидарного мониторинга приземной атмосферы при адаптивном управлении процессом формирования лазерных зондирующих сигналов // Проблемы региональной экологии. — 2009. — № 1. — С. 16—21.
6. Никитин В. М., Петин А. Н., Липунова Е. А., Чеканов Н. А. Аэрокосмический мониторинг техногенного загрязнения воздуха и территорий административно-промышленных центров как информационная основа менеджмента физиологического состояния детского населения // Проблемы региональной экологии. — 2010. — № 3. — С. 114—118.
7. Никитин В. М., Коломойцев Е. Г., Фомин В. Н. Обнаружение слабых оптических сигналов при лидарных измерениях в условиях помех // Оптика атмосферы и океана. — 2010. — Т. 23, № 10. — С. 919—925.
8. Коршунов В. А., Хмелевцов С. С., Бусыгина Д. И., Хмелевцов В. С. Непрерывные синхронные измерения концентрации диоксида серы, формальдегида, диоксида азота и озона с помощью трассового газоанализатора «ДОАС-4Р» в г. Обнинске летом 2002 года // Метеорология и гидрология. — 2004. — № 9.

УДК 911.3:631.47

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТОВ ПО ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕСТАВРАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ БОТАНИЧЕСКОГО САДА БЕЛГУ)

П. В. Голёусов,

доцент, ГОУ ВПО «Белгородский государственный университет» (БелГУ) Goleusov@bsu.edu.ru

В. К. Тохтарь,

директор ботанического сада БелГУ, Tokhtar@bsu.edu.ru

Е. Г. Афанасьев

аспирант, ГОУ ВПО «Белгородский государственный университет» (БелГУ), Goleusov@bsu.edu.ru

Рассмотрены особенности пространственной структуры почвенного покрова антропогенно нарушенной территории ботанического сада Белгородского государственного университета. Установлены признаки пространственной неоднородности свойств почв в условиях техногенного рельефа. Предложен вариант использования структуры новообразованного почвенного покрова в разработке проекта экологической реставрации.

Features of the spatial structure of anthropogenically disturbed soil cover in the Botanical Garden of Belgorod State University reviewed. Signs of the spatial heterogeneity of soil properties in a man-made terrain investigated. Variant of application the structure of the newly formed soil cover in the development of ecological restoration project proposed.

Ключевые слова: пространственное почвоведение, геостатистика, техногенные ландшафты, пространственная неоднородность почв, воспроизводство почв, экологическая реставрация

Keywords: spatial pedology, geostatistics, technogenic landscapes, spatial heterogeneity of soils, regeneration of soils, ecological restoration

Осуществление проектов по экологической реставрации или реабилитации антропогенно нарушенных территорий предполагает детальный анализ их пространственной структуры, а также оценку степени сохранности природных компонентов (почв, растительного покрова и др.). Одним из начальных этапов проектирования реабилитационных экосистем можно считать оценку пространственной структуры нарушенного/регенерированного почвенного покрова. За время, прошедшее после прекращения нарушающего воздействия, спонтанное протекание процесса экологической ренатurationи геосистемы [1] обеспечивает регенерацию растительного покрова, воспроизводство почв, стабилизацию рельефа, а также восстановление гидрологического режима, геохимической среды, межкомпонентных связей. Поэтому мероприятия по экологической реби-

литации нарушенных земель, если они не начаты сразу после нарушения, будут осуществляться в уже функционирующих экосистемах. Выбирая стратегию «сотрудничества с природой», нельзя не учитывать результаты ренатурационных процессов в геосистемах, стимулируя их протекание и встраивая реабилитационные воздействия в общее функционирование реставрируемых экосистем.

Территория ботанического сада Белгородского госуниверситета представляет собой удобный полигон для исследования природных регенерационных процессов и отработки эколого-реставрационных мероприятий. На территории ботанического сада нами выделены зоны декоративно-садоводческого использования, противоэрозионных и ландшафтно-защитных лесонасаждений, естественной растительности, экологической реставрации (на месте техногенных нарушений почвенного покрова), экологической ренатурации. Здесь произрастает около 2000 таксонов растений из различных уголков мира. На основе проведенных нами в 2008—2010 гг. полевых исследований произведена детализация почвенной карты, в частности, нанесены контуры новообразованных почв. На почвенной карте, составленной ранее по материалам почвенного обследования земель совхоза «Комсомолец», нарушенные земли обозначены как «выходы пород» и занимают площадь 3,12 га. Однако проведенные нами полевые исследования показали, что реальная площадь выходов меловых пород составляет 0,33 га. Остальная часть представлена новообразованным почвенным покровом, обеспечивающим функционирование экологически ценных сообществ кальцефитов, со значительным участием в травостое охраняемых видов.

В соответствии с существующими [2, 3] и предложенными нами [4] критериями диагностики антропогенно-нарушенных почв на территории ботанического сада БелГУ нами выделены следующие разновидности антропогенных и антропогенно-измененных почв:

1) агроземы, находящиеся в режиме сельскохозяйственного использования, испытывающие агротехнические воздействия, приводящие к нарушению верхней части гумусового (пахотного) горизонта; 2) агроземы (агрообраземы) с демутационной и/или аппликативной регенерацией почвенного профиля на месте нарушенных распашкой и частично эродированных поверхностей, оставленных под естественное залужение, имеющие признаки восстановления гумусового горизонта в ходе экологической ренатурации поверхности; 3) абраземы с аппликативной регенерацией почвенного профиля — на участках террасированной поверхности склонов, преимущественно под лесными насаждениями, испытывающие регенерационную и фитогенную трансформацию, в строении профиля имеющие регенерационные горизонты, наложенные на матрицу скальпированного профиля природной почвы; 4) эмбриоземы рецентные — новообразованные почвы на отвалах горных пород, имеющие раннегенерационное строение профиля с последовательностью горизонтов А-АС-С, характерные для участков самозарастания и экологической реставрации нарушенных земель; 5) эмбриоземы рецентно-аппликативные — новообразованные почвы на почво-грунтах, отсыпанных вследствие перемешивания и перемещения почвенного материала при его нарушении, содержащие в профиле фрагменты унаследованного почвенного материала; 6) литостраты — слабо затронутые почвообразованием отвалы горных пород.

Закономерности формирования почв в антропогенно нарушенных геосистемах в сложных геоморфологических условиях были исследованы нами методом построения и анализа цифровых моделей почвенного покрова (ЦМПП) [5]. Построение ЦМПП производится путем интерполяции данных почвенных описаний по точкам, локализованным в характерных элементах рельефа с помощью тахеометрической съемки. В итоге для исследования используются оверлеи цифровых моделей рельефа

(ЦМР) и изолинейных карт распределения почвенных свойств. Установлено, что пластика техногенного рельефа изначально задает структуру почвенного и растительного покрова в техногенных ландшафтах, определяя пространственную направленность вещественно-энергетических потоков и структуру горизонтальных связей в регенерационной экосистеме. Таким образом, разнообразие рельефа определяет разнообразие пространственной структуры сообщества. Однако с возрастом происходит «сглаживание» границ геотопов, формирование экотонов. Развитие почвенного покрова происходит в направлении от мозаик, обусловленных разнообразием условий рельефа и составом техногенного субстрата к почвенным комплексам, объединенным генетическими (регенерационными) связями. В ходе экологической ренатурации нарушенного геотопа происходит смена ведущей роли первичной информационной структуры геосистемы, формируемой преимущественно субстратом и рельефом на вторичную информационную структуру, определяемую экосистемными связями в системе «биоценоз ↔ почва». Формирование растительного покрова происходит под влиянием зональных, в том числе, локальных факторов. Вместе с тем антропогенное воздействие сближает и унифицирует структуры разнородных природных флорокомплексов [6—8].

Заброшенный карьер, находящийся на территории ботанического сада Белгородского государственного университета, в период оккупации Белгорода немецкими войсками служил складом боеприпасов, который был взорван после освобождения города. С этого момента в нем осуществляется процесс ренатурации, включающий рецентное почвообразование. За 65 лет на поверхности выемки карьера (диаметром 57—68 м) сформировался разнообразный растительный покров, который, вместе с тем, отличается от кальцефильных сообществ, характерных для Белогорья. Это связано как с относительной молодостью данного экотопа, так и с его

изолированностью. После создания ботанического сада БелГУ (1999 г.) были проведены работы по вселению в данный экотоп некоторых представителей кальцефитов, в том числе проломник Козо-Полянского (*Androsace koso-poljanskii* Ovcz.), иссоп меловой (*Hyssopus cretaceus* Dubjan.), копеечник крупноцветковый (*Hedysarum grandiflorum* Pall.), левкой душистый (*Matthiola fragrans* Bunge), охраняемые на федеральном уровне и др. Других работ по экологической реставрации не проводилось и экосистема все еще сохраняет облик бедленда. Рядом находится еще одна воронка от взрыва диаметром 52—54 м. В настоящий момент здесь произрастают также: *Artemisia hololeuca* Bieb. ex Bess., *Jurinea arachnoidea* Bunge, *Senecio vernalis* Waldst. et Kit., *Nonea pulla* (L.) DC., *Pulmonaria obscura* Dumort., *Symphytum caucasicum* Bieb., *Alliaria petiolata* (Bieb.) Cavara et Grande, *Alyssum desertorum* Starf., *Barbarea vulgaris* R. Br., *Brassica campestris* L., *Diplotaxis cretacea* Kotov, *Erysimum canescens* Roth., *Asyneuma canescens* (Waldst. et Kit.) Griseb. et Schrenk, *Campanula bononiensis* L., *C. glomerata* L., *C. sibirica* L., *Gypsophila altissima* L., *Moehringia trinervia* (L.) Clairv., *Stellaria holostea* L. и др. Подчеркнутые виды ранее на территории ботанического сада не отмечались. Появление новых видов свидетельствует как о происходящих здесь демулационных процессах, так и о существовании обширного банка семян на изучаемых территориях.

Новообразованный почвенный покров карьера и воронки образован молодыми почвами, в классификационном отношении, согласно новой классификации почв, относящимися к типу карбо-петроземов гумусовых с простым профилем W-Mca. Несмотря на общую схему строения профиля, эти почвы отличаются широкой изменчивостью мощности гумусированной его части (20—300 мм) (рисунок), содержания гумуса (0,75—11,06 %), актуальной кислотности (рН 7,74—8,35). Эта разнородность свойств почв предопределяет различные эдафические условия для

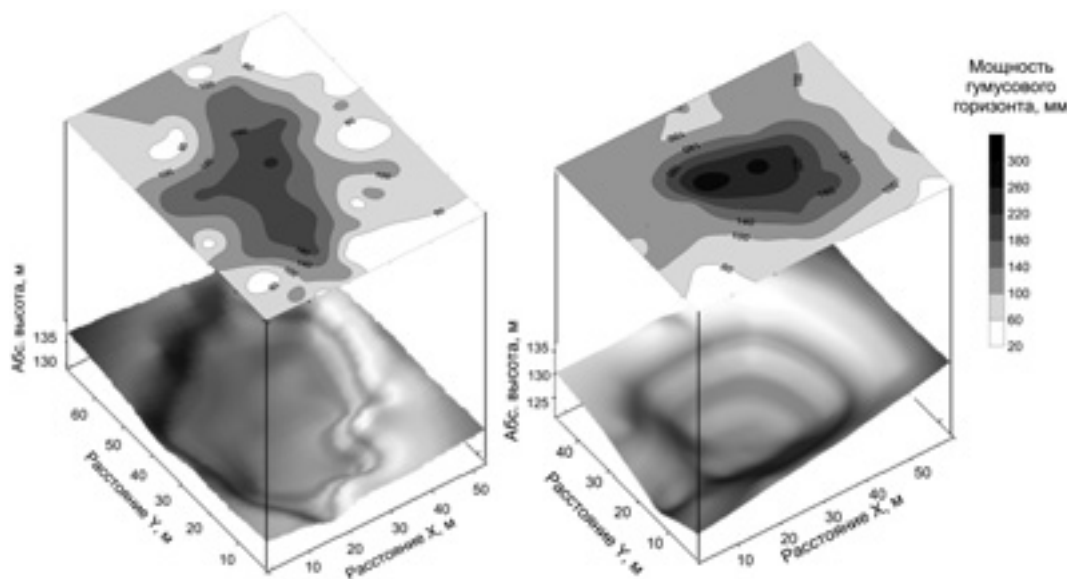


Рис. Распределение мощности новообразованного почвенного покрова в объектах с нарушенной в 1943 г. поверхностью на территории ботанического сада БелГУ

растительных сообществ, соответственно схеме взаимосвязей субстрат ↔ почва ↔ растительность.

В понижениях рельефа формируются более развитые почвы, чем на склонах, вследствие дополнительного поступления влаги, мертвого органического вещества и продуктов почвообразования, а также более развитого и продуктивного сообщества. Распределение фитомассы в целом отражает ту же закономерность, но имеет собственные признаки, которые определяются пространственным распределением растительных группировок. В таблице представлены результаты корреляционного анализа статистических распределений для показателей мощности гумусового горизонта почвы, параметров фитоценоза и абсолютной высоты точек описаний.

Как показывают результаты корреляционного анализа, существует выраженная связь между такими показателями, как мощность гумусового горизонта и общее проективное покрытие, а также между надземной фитомассой и общим проективным покрытием. Отрицательная связь с положением в рельефе характерна для мощности гумусового горизонта, общего проективного покрытия, и, в меньшей степени, — для

надземной фитомассы. Таким образом, продукционная способность фитоценоза на данной стадии сукцессии в меньшей степени зависит от положения в рельефе, чем его проективное покрытие. В то время как мощность гумусового горизонта в значительной степени определяется положением в рельефе.

Проведенное нами исследование пространственного распределения свойств новообразованного почвенного покрова заброшенного карьера и воронки в ботаническом саду БелГУ показало, что его характеристики могут быть исполь-

Таблица
Корреляционная матрица анализа распределений параметров почвенно-растительного покрова (объект – воронка)

	Мощность Н*	ОПП**	Надземная фитомасса	Абс. высота
Мощность Н*	1			
ОПП**	0,63	1		
Надземная фитомасса	0,30	0,53	1	
Абс. высота	-0,61	-0,49	-0,14	1

* мощность гумусового горизонта;
** общее проективное покрытие.

зованы при разработке проекта экологической реставрации.

Нами было предложено способствовать заселению осыпей и склонов со значительными уклонами кальцефитными сообществами. Основную часть склонов следует заселить мезофитными луговыми и ксеромезофильными сообществами. Относительно выровненные автоморфные участки уже заселены злаковыми сообществами и образуют степной тип растительности. Ареалы этих группировок можно расширить, мощность гумусового горизонта и другие почвенные характеристики позволяют это сделать. Днище карьера за счет растянутости почвенного профиля и повышенного увлажнения может быть заселено кустарниковой растительностью. Это будет способствовать фильтрации латеральных потоков и осаждению взвешенных частиц. Дальнейшая проработка проекта экологической реставрации связана с детальным обоснованием видового состава реставрационных

сообществ, исходя из пространственной структуры их экологических ниш.

Разработка проектов экологической реставрации требует комплексного подхода и оценка почвенных условий должна быть дополнена исследованием параметров водного режима, инсоляции и др. Учет структуры и тенденций развития почвенного покрова в техногенных комплексах позволяет обеспечить долгосрочный экологический эффект эколого-реставрационных мероприятий. В ситуациях, когда почвенный покров еще не сформирован, аналогично должно быть исследовано пространственное распределение свойств субстрата, выполняющего функции почвы в нулевой момент ее развития.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного контракта № 14.740.11.0298 в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009—2013 годы.

Библиографический список

1. Голеусов П. В. Ренатурация техногенно нарушенных земель // Экология ЧЦО РФ. № 2 (9). — 2002. — С. 121—124.
2. Классификация и диагностика почв России. — Смоленск: Ойкумена, 2004. — 342 с.
3. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация / М. И. Герасимова, М. Н. Строганова, Н. В. Можарова, Т. В. Прокофьева. — Смоленск: Ойкумена, 2003. — 268 с.
4. Голеусов П. В. Варианты регенерации почв при механическом нарушении земной поверхности // Эволюция почвенного покрова. История идей и методы, голоценовая эволюция, прогнозы / Отв. ред. И. В. Иванов, Л. С. Песочина. — Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН. — Пущино, 2009. — С. 258—259.
5. Голеусов П. В. Пространственная неоднородность новообразованного почвенного покрова в условиях техногенного рельефа // Проблемы региональной экологии. — 2009. — № 1. — С. 37—41.
6. Тохтарь В. К., Хархота А. И., Ростаньски А., Виттиг Р. Сравнение локальных флор техногенных территорий Европы // Промышленная ботаника. — 2003. — Вып. 3. — С. 7—13.
7. Тохтарь В. К., Хархота А. И. Структура флор техногенных территорий Донецкой области // Промышленная ботаника. — 2003. — Вып. 3. — С. 21—24.
8. Tokhtar' V. K., Kharkhota A. I., Rostanski A. & Wittig R. A comparison of the floras of industrial ecotopes located in different geographical areas of Europe German Botanical Society Symposium (Frankfurt-on-Main, September, 2003). — Frankfurt-on-Main: S. 1, 2003. — P. 237.