

УДК 551.311.234:[574.42+58.009+631.412]
DOI 10.17513/use.38267

СУКЦЕССИИ И ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ГЛИНЯНЫХ КАРЬЕРОВ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

Мануйлов А.А.

Федеральное государственное научное учреждение «Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук», Белгород, e-mail: infal52@yandex.ru

В работе представлены результаты исследований процессов формирования растительных сообществ и почвенного покрова на территории отработанных карьеров по добыче глин и суглинков. Объекты исследования находятся в разных административных районах на территории Белгородской области в условиях лесостепной зоны. Целью исследования является изучение процессов первичного почвообразования и сукцессий растительности на глинистых субстратах, нарушенных разработкой полезных ископаемых земель. В результате исследований было выявлено, что процессы сукцессии растительности протекают направленно от стадии пионерного растительного сообщества, с небольшим количеством одно-двулетних видов и низким проективным покрытием, к стадии сформированного растительного сообщества, с более высоким видовым разнообразием, проективным покрытием и преобладанием многолетних видов в структуре фитоценоза. В результате формируется фитоценоз, обеспечивающий сплошное покрытие поверхности субстрата зеленой биомассой и мортмассой. Процессы первичного почвообразования протекают с постепенным накоплением органических веществ от растительного и микробного сообщества, изменением водородного показателя pH, структурированием почвенного профиля, постепенным формированием иллювиального горизонта и улучшением эдафических условий в целом для последующего протекания растительной сукцессии. В процессе почвообразования соотношение C:N в условиях пионерного сообщества в большинстве объектов уже, чем в условиях развитого сообщества.

Ключевые слова: нарушенные земли, глиняные карьеры, естественное зарастание, фитоценозы, начальное почвообразование, новообразованные почвы

PLANT SUCCESSION AND LANDSCAPE SOIL FORMATION ON THE TERRITORY OF POST-TECHNOGENIC CLAY QUARRIES IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE ZONE

Manuilov A.A.

Federal State Scientific Institution "Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", Belgorod, e-mail: infal52@yandex.ru

The paper presents the results of studies of the processes of formation of plant communities and soil cover on the territory of spent quarries for the extraction of clays and loams. The objects of the study are located in different administrative districts on the territory of the Belgorod region in the conditions of the forest-steppe zone. The purpose of the study is to study the processes of primary soil formation and vegetation successions on clay substrates disturbed by the development of mineral lands. As a result of the research, it was revealed that the processes of vegetation succession proceed directionally from the stage of a pioneer plant community with a small number of one- to two-year-old species and low projective cover to the stage of a formed plant community with higher species diversity, projective cover and the predominance of perennial species in the structure of phytocenosis. As a result, a phytocenosis is formed, which provides a continuous coating of the substrate surface with green biomass and mortmass. The processes of primary soil formation proceed with a gradual accumulation of organic substances from the plant and microbial community, a change in the hydrogen pH index, structuring of the soil profile, gradual formation of the illuvial horizon and improvement of edaphic conditions in general for the subsequent course of plant succession. In the process of soil formation, the C:N ratio in the conditions of the pioneer community is narrower in most objects than in the conditions of the developed community.

Keywords: disturbed lands, clay quarries, natural overgrowth, phytocenoses, initial soil formation, newly formed soils

Нарушения почвенного покрова являются одними из самых ранних антропогенных негативных воздействий на состояние окружающей среды. Погребение почв под объектами капитального строительства, деградация земель в результате ведения интенсивного сельского хозяйства, добыча полезных ископаемых и т.д. – это всё воздействия, которые на протяжении тысячелетий приводят к снижению продуктивности земель или же их полному выводу из биоло-

гического круговорота. Интенсификация хозяйственного освоения природных ресурсов для целей экономического развития также формирует устойчивый тренд на увеличение количества техногенно деградированных ландшафтов. Данный факт подтверждается государственным докладом о состоянии окружающей среды [1], согласно которому на конец 2022 года площадь нарушенных земель увеличилась на 4,9 тыс. га в сравнении с 2021 годом, и общее их ко-

личество составило 1096,8 тыс. га и продолжает увеличиваться. Земли промышленности в категории нарушенных земель занимают большую часть, и их количество составляет 455,9 тыс. га. По данным Федеральной службы регистрации, кадастра и картографии, общая площадь земель промышленности на территории России составляет 2416,5 тыс. га [2], таким образом, можно утверждать, что 18,86% земель промышленности являются нарушенными.

Одним из характерных ландшафтов для земель промышленности, нарушенных в результате добычи полезных ископаемых, является карьерно-отвальный тип ландшафта [3], для которого характерно серьезное нарушение естественных процессов функционирования природных геосистем [4; 5].

Данные земли за счет технологических особенностей выемки и складирования вскрышных горных пород на длительные промежутки времени оказываются оторгнутыми от биологического круговорота, и за счет критических нарушений связей между компонентами исходного природно-территориального комплекса восстановление нарушенных геосистем занимает довольно длительные промежутки времени [6].

Количество земель, техногенно нарушенных добычей полезных ископаемых, неуклонно и стремительно растет, а темпы рекультивации таковы, что количество рекультивированных земель данной категории меньше темпов роста, вследствие чего на данный момент большое количество нарушенных земель остается под процессами самоорганизации нарушенных компонентов ПТК [1; 7]. Также существует проблема стоимости проведения мероприятий по рекультивации, и по данной причине сроки работ по экологической реабилитации нарушенных земель постоянно сдвигаются, в то время как техногенные нарушения подвергаются естественным процессам зарастания и почвообразования [8].

Стоит отметить, что в Белгородской области техногенные нарушения почво-растительного покрова, возникшие в результате добычи ОПИ, являются одними из самых распространенных нарушений. По данным схемы территориального планирования [9], на территории Белгородской области разведано 222 месторождения полезных ископаемых, среди которых на данный момент [10] разрабатываются по лицензии 51 карьер и 146 несанкционированно. Наиболее распространенные – это карьеры по добыче глин, суглинков и песков, поскольку нали-

чие данных полезных ископаемых является обязательным условием для всех видов строительства. Они сопровождают каждый населенный пункт и формируются вследствие дорожного, жилищного строительства, при формировании дамб, прудов и т.д.

Вышеизложенные факторы дают понимание, что для поиска эффективных и рентабельных решений по экологической реабилитации нарушенных геосистем необходимо проведение исследований их естественного регенерационного потенциала, который может быть искусственно стимулирован.

Целью данной работы явилось изучение естественных регенеративных способностей компонентов нарушенной геосистемы на примере отработанных карьеров по добыче глин и суглинков.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования выступили отработанные карьеры по добыче глин и суглинков, находящиеся в стадии самозарастания. Располагаются объекты в различных районах Белгородской области, но имеют сходную литологию. Поверхности карьерно-отвальных комплексов имеют различный возраст, от нескольких лет до нескольких десятков лет, что связано с формированием технологических контуров. Выбор места описания растительности и почв определялся по состоянию растительности: были выбраны участки пионерного зарастания и участки развитых растительных группировок. Определение стадии сукцессии производилось по таким признакам, как проективное покрытие, видовой состав, высота травостоя.

Определение видового состава и принадлежности видов к определенным экологическим нишам производилось в соответствии с полевым атласом [11].

На каждом объекте исследования были отобраны почвенные образцы в соответствии с выделяемыми генетическими горизонтами почвенного профиля и было проведено ботаническое описание растительности в местах закладки разрезов.

Почвенные образцы анализировались в аналитической лаборатории ФГНУ «Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук» по стандартным методикам, по следующему перечню показателей:

- рН водной суспензии – потенциометрическим методом по ГОСТ 26423-85;
- содержание нитратов – ионометрическим методом по ГОСТ 26951-86;

- нитрификационная способность почв по Кравкову С.П.;

- подвижные соединения фосфора и калия – методом Мачигина по ГОСТ 26205-91;

- содержание карбонатов – ацидиметрическим методом по ГОСТ 34467-2018;

- органическое вещество и содержание органического углерода – методом Тюрина по ГОСТ 26213-91;

- общее содержание азота – методом индофенольной зелени по ГОСТ 58596-2019;

- емкость катионного обмена – методом Бобко – Аскинази в модификации ЦИНАО по ГОСТ 17.4.4.01-84.

*Участок исследования сукцессии
и первичного почвообразования
на отработанном карьере
по добыче глин в с. Ракитное*

Отработанный карьер по добыче глин и суглинков находится в юго-восточной части поселка Ракитное, Ракитянского района Белгородской области. Площадь карьера 0,046 км², высота над уровнем моря – 200 метров, глубина залегания грунтовых вод – 9 метров. Участок отработанного карьера выположенный, равномерный с на-

личием положительных и отрицательных мезоформ рельефа, формирующих в совокупности с растительностью пустошный карьерно-отвалный тип ландшафта (рис. 1, табл. 1, 2).

Координаты места отбора проб участка сформированного растительного сообщества – N 50.821914, E 35.858800. Координаты участка отбора проб участка пионерного зарастания – N 50.821949, E 35.858285.

*Участок исследования сукцессии
и первичного почвообразования
на территории отработанного карьера
по добыче глин и суглинков в г. Шебекино*

Отработанный карьер по добыче глин и суглинков находится в восточной части города Шебекино, в 6 км от государственной границы Российской Федерации. Представляет собой одноступенчатый заброшенный карьер по добыче глин в активной стадии растительной сукцессии техногенного нарушения общей площадью 0.077 км². Высота над уровнем моря 125 метров, глубина залегания грунтовых вод – 3 метра. Высота уступа – 3 метра, днище карьера – выположенное (рис. 2, табл. 3, 4).



А)



Б)

Рис. 1. Почвенные разрезы на местах отбора почвенных проб на отработанном карьере по добыче глин и суглинков в с. Ракитное: А – разрез на участке сформированного растительного сообщества; Б – разрез на участке пионерного зарастания



А)

Б)

Рис. 2. Разрезы на местах отбора проб на территории заброшенного карьера по добыче глин и суглинков в г. Шебекино: А – фото разреза на участке сформированного растительного сообщества; Б – фото на участке пионерного зарастания



А)

Б)

Рис. 3. Почвенные разрезы на территории карьера по добыче глин в г. Короча: А – участок сформированного растительного сообщества; Б – участок пионерного зарастания

Координаты места отбора проб на участке сформированного растительного сообщества – N 50.403760, E 36.967368, координаты участка отбора проб на месте пионерного зарастания – N 50.403053, E 36.968089.

Участок исследования сукцессии и первичного почвообразования на территории отработанного участка на карьере по добыче глин и суглинков в г. Короча

Карьер по добыче глин и суглинков находится в Корочанском районе Белгородской области в 6 км юго-восточнее города Короча. Представляет собой действующий карьер по добыче глины с наличием участков активной разработки и участками, на которых происходит растительная сукцессия. Общая площадь разработки – 0,271 км², высота над уровнем моря – 244 метра, глубина залегания грунтовых вод – около 100 метров (рассчитано от уровня водного зеркала

реки Короча, как самого ближайшего водного объекта). На месторождении сформирован пустошный карьерно-отвалный тип ландшафта, карьер имеет три уступа по 3 м (рис. 3, табл. 5, 6).

Координаты участка отбора проб на месте сформированного растительного сообщества – N 50.784065, E 37.269037. Координаты места отбора проб на участке пионерного зарастания – N 50.784102, E 37.268884.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно классификации, предложенной Андрохановым В.А., Кулягиной Е.Д. и Курачевой В.М., представленные типы почв относятся к эмбриоземам аккумулятивным [12]. По классификации почв России, предложенной Шишковым Л.Л., Тонконовым В.Д., Лебедевой И.И. и др. [13], представленные объекты исследования относятся к отделу слабозрелых почв, тип пелозёмов.

Таблица 1

Состав фитоценотического сообщества в местах отбора проб на отработанном карьере по добыче глин и суглинков в с. Ракитное

Вариант	Проективное покрытие, %	Количество видов, шт.	Виды растений, обилие
Сформированное сообщество	90	16	<i>Fragaria viridis (soc.)</i> , <i>Poa pratensis (soc.)</i> , <i>Festuca valesiaca (soc.)</i> , <i>Medicago falcata (cop.2)</i> , <i>Senecio jacobaea (cop.2)</i> , <i>Achillea millefolium (cop.1)</i> , <i>Vicia cracca (cop.3)</i> , <i>Daucus carota (cop.2)</i> , <i>Trifolium irgate (sp.)</i> , <i>Euphorbia irgate (sp.)</i> , <i>Galium verum (sp.)</i> , <i>Consolida regalis (sol.)</i> , <i>Pastinaca sativa (sol.)</i> , <i>Lythrum intermedia (cop.2)</i> , <i>Cichorium intybus (sol.)</i> , <i>Acer negundo (un.)</i>
Пионерное сообщество	30	10	<i>Melilotus officinalis (soc.)</i> , <i>Cirsium arvense (soc.)</i> , <i>Vicia cracca (cop.3)</i> , <i>Euphorbia virgate (cop.1)</i> , <i>Agrimonia eupatoria (cop.1)</i> , <i>Lactuca serriola (sp.)</i> , <i>Equisetum arvense (sp.)</i> , <i>Galium (sp.)</i> , <i>Artemisia absinthium (sp.)</i> , <i>Acer negundo (un.)</i>

Таблица 2

Результаты анализа почвенных проб объектов исследования в с. Ракитное

Вариант	Глубина слоя, см	pHвод	N-NO ₃ , мг/кг	Нитрификационная способность, мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	MeCO ₃ , %	Гумус, %	Сорг, %	Общий N, %	ЕКО мМ в 100 г	Соотношение Сорг./Нобщ.
Сформированное сообщество	0-2	7,78	1,18	5,45	8,57	6,50	1,31	0,75	0,063	6	12,06
	7-10	7,83	1,17	2,41	0,99	4,00	0,85	0,49	0,058	4	8,50
	>10	7,84	1,05	2,61	3,13	2,50	0,51	0,29	0,045	6	6,57
Пионерное сообщество	0-2	7,78	3,65	19,15	15,51	5,50	2,37	1,37	0,073	10	18,83
	>2	7,81	1,04	0,74	10,20	3,00	0,59	0,34	0,048	8	7,12

Таблица 3

Состав фитоценотического сообщества в местах отбора проб на карьере по добыче глин и суглинков в г. Шебекино

Вариант	Проективное покрытие, %	Количество видов, шт.	Виды растений, обилие
Сформированное сообщество	>80	9	<i>Calamagrostis epigejos (soc.)</i> , <i>Achillea nobilis (cop.)</i> , <i>Trifolium hybridum (cop.2)</i> , <i>Sonchus arvensis (un.)</i> , <i>Cirsium ciliatum (un.)</i> , <i>Anthemis arvensis (un.)</i> , <i>Cirsium palustre (un.)</i> , <i>Artemisia absinthium (un.)</i> , <i>Daucus carota (un.)</i>
Пионерное сообщество	<10	5	<i>Sonchus arvensis (soc.)</i> , <i>Cirsium vulgare (un.)</i> , <i>Daucus carota (un.)</i> , <i>Trifolium hybridum (un.)</i> , <i>Calamagrostis epigejos (un.)</i>

Таблица 4

Результаты анализа почвенных проб объектов исследования в г. Шебекино

Вариант	Глубина слоя, см	pHвод	N-NO ₃ , мг/кг	Нитрификационная способность, мг/кг	P ₂ O ₃ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	MeCO ₃ , %	Гумус, %	Сорг, %	Общий N, %	ЕКО мМ в 100 г	Соотношение Сорг./Нобщ.
Сформированное сообщество	0-2	7,10	4,47	0,02	18,41	252	5,67	1,74	1,00	0,063	15,12	16,02
	2-5	7,30	2,98	0,01	13,73	199	4,64	1,12	0,64	0,078	15,12	8,32
	>5	7,31	2,64	0,41	13,42	170	4,12	1,07	0,62	0,063	12,96	9,85
Пионерное сообщество	0-2	7,36	3,34	5,39	14,55	164	12,7	1,11	0,64	0,070	15,12	9,19
	>2	7,29	2,92	0,71	9,79	164	12,5	1,61	0,93	0,059	14,04	15,82

Таблица 5

Состав фитоценотического сообщества в местах отбора проб на карьере по добыче глин и суглинков в г. Короча

Вариант	Проективное покрытие, %	Количество видов, шт.	Виды растений, обилие
Сформированное сообщество	>90	14	<i>Trifolium pratense (cop3)</i> , <i>Artemisia campestris (cop3)</i> , <i>Daucus Carota (sp.)</i> , <i>Artemisia absinthium (sp.)</i> , <i>Vicia lutea (sp.)</i> , <i>Bromopsis inermis (sp.)</i> , <i>Matricaria inodora (sol.)</i> , <i>Cichorium intybus (sol.)</i> , <i>Cirsium arvense (sol.)</i> , <i>Reseda lutea (sol.)</i> , <i>Echium vulgare (sol.)</i> , <i>Festuca pratensis (sol.)</i> , <i>Calamagrostis epigeios (sol.)</i> , <i>Achillea nobilis (un.)</i>
Пионерное сообщество	30	3	<i>Lactuca serriola (sp.)</i> , <i>Trifolium hybridum (sp.)</i> , <i>Daucus Carota (sp.)</i> , <i>Artemisia campestris (un.)</i>

Таблица 6

Результаты анализа почвенных проб объектов исследования в г. Короча

Вариант	Глубина слоя, см	pHвод	N-NO ₃ , мг/кг	Нитрификационная способность, мг/кг	P ₂ O ₃ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	MeCO ₃ , %	Гумус, %	Сорг, %	Общий N, %	ЕКО мМ в 100 г	Соотношение Сорг./Нобщ.
Сформированное сообщество	0-1	7,05	3,56	12,04	29,24	447	0	1,32	0,76	0,08	24,96	9,57
	1-5	7,50	2,73	0,88	7,56	218	0,15	0,68	0,39	0,04	16,64	9,86
	>5	7,59	2,37	0,21	1,1	147	0,09	0,37	0,21	0,025	24,96	8,58
Пионерное сообщество	0-2	7,03	2,07	0,07	0,54	165	0	0,29	0,16	0,023	20,8	7,31
	>2	6,89	1,96	0	0,09	53,0	0,1	0,1	0,05	0,013	24,96	4,46

*Характеристика сукцессии
растительности на участках зарастания
техногенно нарушенных земель*

Начальные этапы растительной сукцессии на территории оработанного карьера по добыче глин в с. Ракитное протекают с преобладанием в составе растительного сообщества двухлетнего *Melilotus officinalis* и многолетнего *Cirsium arvense*. В целом пионерную растительную группировку данного карьера можно охарактеризовать как донниково-бодячное растительное сообщество. В структуре пионерной группировки присутствует много многолетних видов травянистой растительности, а также единственный представитель *Acer negundo*. По совокупности разнообразия видового состава, наличия многолетних видов, проективного покрытия и наличия древесного вида можно сделать вывод о том, что карьер в поселке Ракитное уже довольно продолжительное время находится в стадии зарастания.

Выделение сформированного растительного сообщества на территории оработанного карьера по добыче глин в Ракитном происходит на основе намного большего видового покрытия (>90%), большего видового разнообразия и наличия эдификаторов среди формирующих фон сообщества видов. Сформированное сообщество можно охарактеризовать как землянично-мятликово-типчаковое. В структуре фитоценоза в наличии и степные виды, и луговые, но более вероятен тренд на формирование лугового сообщества.

Пионерное зарастание на территории оработанного карьера по добыче глин в г. Шебекино проходит с большим присутствием сорных видов-патентов (*Sonchus arvensis*, *Cirsium vulgare*), однако, даже несмотря на начальную стадию зарастания, в сообществе пионеров также уже присутствуют представители видов-эдификаторов (*Trifolium hybridum*, *Calamagrostis epigejos*), которые впоследствии дадут возможность видам-виолентам участвовать в сукцессии. Растительную группировку пионерного фитоценоза можно охарактеризовать как осото-бодяковое растительное сообщество.

Сформированное растительное сообщество на территории оработанного карьера по добыче глин в г. Шебекино можно охарактеризовать как вейниково-разнотравное сообщество. В структуре фитоценоза большую часть видов занимают растения-многолетники. Несмотря на то что выделяемый фитоценоз является относительно

молодым (по количеству представленных видов), можно сделать предположение, что развитие его будет направленным в сторону формирования лугового сообщества.

Пионерное растительное сообщество на карьере по добыче глин и суглинков в г. Короча представлено относительно бедным видовым разнообразием с преобладанием однолетних видов в структуре фитоценоза. Это свидетельствует о том, что участок пионерного зарастания на карьере в г. Короча – самый молодой среди остальных участков начального зарастания.

Сформированное растительное сообщество на карьере по добыче глин в г. Короча представлено развитым фитоценозом с большим процентом проективного покрытия. Сообщество может быть охарактеризовано как клеверно-полынно-разнотравная группировка. В структуре фитоценоза большая часть видов представлена многолетниками, особенно выделяется ассоциация азотфиксаторов (*Trifolium pratense*, *Vicia lutea*). Присутствуют также злаковые (*Calamagrostis epigeos*, *Bromopsis inermis*). Заметен тренд на формирование лугового сообщества.

*Эдафическая характеристика участков
почвообразования на представленных
объектах исследования*

На участке пионерного зарастания и начального почвообразования в с. Ракитное заметно, что почвообразовательный процесс находится в стадии интенсивного накопления органических веществ. В горизонте 0-2 см, относительно горизонта более 2 см (присущего С горизонту) снизился водородный показатель pH, накоплен определенный запас водорастворимых форм азота и фосфора, зафиксирована большая часть органического углерода. Особенно хочется привлечь внимание к нитрификационной способности верхнего горизонта участка пионерного зарастания: в стадии пионерного зарастания происходит заселение и сукцессия не только растительных форм жизни, но и бактериальных. В свободной экологической нише пионерного зарастания и почвообразования, в условии хорошего аэрирования верхнего горизонта, достигается очень высокая продуктивность бактерий азотфиксаторов, что является очень хорошим фактором успешности последующего зарастания территории.

На участке сформированного растительного сообщества в с. Ракитное, в условиях развитого фитоценоза, можно заметить, что

количество органогенных макроэлементов питания становится меньше, чем на стадии пионерного зарастания в верхнем горизонте (А). Происходит это по причине того, что устоявшееся растительное сообщество изымает определенную часть макроэлементов питания почвы в собственную биомассу и баланс органогенных элементов снова сместится в сторону накопления ближе к концу сезона вегетации с поступлением опада.

При этом интересно отметить, что на стадии начального почвообразования на участке пионерного зарастания формируется поверхностный слой сравнительно продуктивного горизонта с большим количеством накопленной органики. И далее водорастворимые соединения не накапливаются (АС горизонт). К тому же в условиях почвообразовательного процесса развитого растительного сообщества наблюдается, что водорастворимые соединения и органические продукты функционирования экосистемы равномерно распределяются по почвенному профилю. Происходит так благодаря тому, что в процессе почвообразования также происходит оструктурирование молодой почвы. Формирование ризосферы, проникание воды, воздуха и распределение тепла создают условия, при которых материнская порода суглинка выступает уже не таким резким геохимическим барьером, как на начальной стадии почвообразования.

По соотношению С:N можно отметить, что на обоих участках (сформированного и пионерного зарастания) идет активный процесс гумификации органических остатков. Учитывая преобладание органического углерода в верхних горизонтах исследуемых участков над количеством общего азота, можно сделать вывод о том, что больший вклад в формирование гумусовых веществ в условиях активного почвообразования привнесит детрит и более насыщенные азотом формы органических веществ находятся глубже, где интенсивность влияния растительных остатков снижается.

На участке пионерного зарастания глиняного карьера в г. Шебекино присутствует определенная схожесть с участком пионерного зарастания карьера в с. Ракитное. Так же происходит активное накопление макроэлементов питания растений (подвижных форм фосфора, калия, азота) в верхнем горизонте (слой до 2 см). Мобилизационная способность к накоплению азота нитратной формы так же намного выше в условиях пионерного зарастания, чем в условиях сформированного сообщества. При этом

содержание общего азота на участке пионерного зарастания больше, чем его содержание на участке сформированном в одних и тех же горизонтах. Такие результаты анализа могут говорить о том, что в структуре круговорота азота на начальном этапе зарастания находится большее количество азота в минеральной форме. Анализ на общее содержание азота учитывает и органический азот, и его минеральную форму. Вследствие этого, учитывая, что содержание гумуса и органического углерода на участке сформированного сообщества выше, можно сделать вывод о том, что в процессе зарастания происходит постепенное замещение минеральных форм азота на органическую форму, а на начальных этапах происходит активный круговорот минеральных форм, который и дал высокие показатели содержания общего азота на участке пионерного зарастания.

Относительно участка сформированного растительного сообщества в г. Шебекино можно утверждать то же самое, что и по поводу участка сформированного сообщества в с. Ракитное. Так же происходит улучшение эдафических условий в процессе растительной сукцессии, происходит структурирование почвенного профиля, накопление макроэлементов питания, увеличение количества органических форм азота и углерода, развитие ризосферы, а вместе с ней и улучшение физических свойств почвы.

По соотношению С:N на исследуемых участках заброшенного карьера в г. Шебекино можно отметить, что на участке сформированного растительного сообщества, так же как и на объекте исследования в с. Ракитное, большой вклад оказывает растительный опад, который за счет привнесения в подстилку углерода отмерших частей растений формирует преобладание углерода в структуре гумуса. Однако стоит отметить, что сужение данного соотношения на участке пионерного зарастания указывает не на зрелость гумуса, а на преобладание в структуре органического вещества остатков белковых веществ микробных сообществ. Зарастание пионерного участка находится в начальной стадии, растительное сообщество представлено разрозненными группами или индивидуальными представителями растений, поэтому большую роль в формировании гумусовых веществ играют белки отмирающих микроорганизмов, а не растительные остатки.

Участок пионерного зарастания нарушенных земель на территории глиняного карьера в г. Короча сильно выделяется сре-

ди других аналогичных объектов исследования. Данный участок весьма беден по содержанию макроэлементов питания растений как в органической, так и в минеральной форме. Также среди остальных участков пионерного зарастания его выделяет крайне низкая способность к мобилизации азота. Скорее всего, это происходит по той причине, что данное пионерное сообщество (представленное самым низким видовым разнообразием среди остальных пионеров других глиняных карьеров) является самым молодым. Вероятных причин того, что данный субстрат обладает крайне низкой нитрификационной способностью, может быть две: либо почвообразовательный процесс только зарождается на данном участке и свободную экологическую нишу еще не успели занять бактерии-азотфиксаторы, либо на данном участке присутствуют определенные факторы, которые ограничивают развитие микробного сообщества.

Участок сформированного растительного сообщества и активного почвообразования в г. Короча обладает теми же качествами, что и аналогичные объекты исследования в других районах. На данном участке наблюдается структурированное распределение макроэлементов питания по почвенному профилю от горизонта-продуцента, с постепенным снижением содержания продуктов функционирования растительного сообщества вниз по профилю.

Соотношение C:N на участках почвообразования в г. Короча примерно одинаковое для участка сформированного растительного сообщества и для участка пионерного зарастания. Так происходит ввиду того, что на участке сформированного сообщества, помимо интенсивного растительного опада, наблюдается сильная нитрификационная способность, что характерно для развитой бактериальной группировки, которая привносит в структуру гумусовых веществ определенную часть белковых соединений. На участке пионерного зарастания данное соотношение обусловлено тем фактором, что в условиях пионерного зарастания растительного опада мало относительно существующих белковых соединений микробиологического сообщества.

Заключение

Естественное зарастание и почвообразование на территории отработанных глиняных карьеров подчиняется тем же самым трендам, что и зарастание, и первичное почвообразование в условиях других подсти-

лающих пород. Начальные этапы развития растительной сукцессии и почвообразования в условиях подстилающих глинистых пород протекают с высокой интенсивностью накопления элементов минерального питания растений, постепенно улучшаются эдафические условия. Изменения эдафических условий протекают в тесной взаимосвязи с процессом растительной сукцессии. В процессе зарастания территории растительная группировка захватывает свободную экологическую нишу видами-патентами, преимущественно однолетними видами. Они обеспечивают первичную трансформацию почвенных условий, производят первичное накопление органических веществ в симбиозе с бактериальными группировками. Далее растительное сообщество усложняется, укрупняется, формирует сплошное покрытие поверхности субстрата зеленой биомассой и мортмассой. На этапе сформировавшегося растительного сообщества в почвенной среде наблюдается тренд уже не на активный рост количества биогенных элементов, а на их запасание в почвенном профиле. Начинает постепенно формироваться иллювиальный горизонт на стыке органогенного верхнего и материнской породы.

Разница в зарастании и почвообразовании между различными литологическими типами материнских пород заключается в разности физико-химических свойств представленных пород. При этом в условиях зарастания и почвообразования глиняных и суглинков отмечено, что распределение продуктов жизнедеятельности экосистемы происходит равномерно вглубь по профилю, поскольку глины и суглинки обладают более благоприятными физическими свойствами для почвообразования.

Список источников

1. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации «Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2022 году». Официальный интернет портал правовой информации. 2023. [Электронный ресурс]. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2022/ (дата обращения: 24.02.2024).
2. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии «Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2022 году». Официальный интернет-портал правовой информации. 2023. [Электронный ресурс]. URL: https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Doc_Nation_report_2022_dop.pdf (дата обращения: 24.02.2024).
3. Петрищев В.П., Чибилев А.А. Закономерности формирования современной ландшафтной структуры горно-технических комплексов медноколчеданных месторождений

Оренбургской области // Проблемы региональной экологии. 2010. № 2. С. 89-94.

4. Hancock G.R., Martin Duque J.F., Willgoose G.R. Mining rehabilitation – Using geomorphology to engineer ecologically sustainable landscapes for highly disturbed lands // Ecological Engineering. 2020. № 155. P. 105836. DOI:10.1016/j.ecoleng.2020.105836.

5. Корнилов А.Г., Петин А.Н., Сергеев С.В., Погорелов Ю.С., Тохтарь В.К., Присный А.В., Мартынова Н.А., Дроздова Е.А. Геоэкологические проблемы оптимизации и биорекультивации отвалов вскрышных пород железорудных месторождений КМА: монография / под общ. ред. А.Г. Корнилова. Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2013. 124 с.

6. Голесов П.В. Антропогенное нарушение и самоорганизация природных геосистем // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах. Белгород: Политерра, 2015. С. 32-35.

7. Галайда К.П., Тальгамер Б.Л. Оценка самозаращения горных выработок на карьере известняков в г. Инкерман Крымского полуострова // XXI век. Техносферная безопасность. 2022. № 7. С. 75-84.

8. Татаркина Ю.А., Слюсарь Н.Н. Применение временных рекультивационных покрытий на объектах захоронения отходов // Химия. Экология. Урбанистика. 2018. С. 150-154.

9. Схема территориального планирования Белгородской области: постановление Правительства Белгородской области от 31 октября 2011 года № 399-пп (ред. от 28.08.2023). [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/469026598?ysclid=lmz83b7dps890670337> (дата обращения: 26.03.2024).

10. Рагулина О.П., Селоков А.О. Незаконная добыча общераспространенных полезных ископаемых на территории Белгородской области // Региональные геосистемы. 2023. № 4. С. 539-549. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-4-539-549.

11. Шанцер И.А. Растения средней полосы Европейской России. Полевой атлас. 6-е изд. М.: Т-во научных изданий КМК, 2020. 461 с.

12. Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 205 с.

13. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.