

И.В Агурова, Д.В. Сыщиков

ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ АНТРОПОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Государственное учреждение «Донецкий ботанический сад»

В почвах антропогенно трансформированных экосистем (участки № 2, 7, 8) значения суммы обменных оснований варьировали в пределах 33,6–56,9 % по отношению к контролю. Показатель суммы обменных оснований в почвах экосистем породных отвалов (участки № 3–6) был существенно ниже как по отношению к контролю, так и по отношению к сумме обменных оснований в почвах антропогенно трансформированных экосистем. По сравнению с контролем в почвах всех исследованных мониторинговых участков содержание обменного кальция и магния снижено, что свидетельствует о неудовлетворительных условиях для жизнедеятельности микроорганизмов и функциональной активности почвы. Опытный высеv фиторекультивантов оказал влияние на сумму обменных оснований и содержание обменных кальция и магния в случае высевов как моновидовых, так и поливидовых групп растений, но максимальные значения данных показателей отмечены при использовании поликомпонентных сообществ злаков.

Ключевые слова: поглотительная способность, почва, мониторинговый участок, сумма обменных оснований, обменный кальций, обменный магний, почвенный поглощающий комплекс

Цитирование: Агурова И.В., Сыщиков Д.В. Поглотительная способность почв антропогенных территориальных комплексов Донецко-Макеевской промышленной агломерации // Промышленная ботаника. 2022. Вып. 22, № 1. С. 69–80. DOI: 10.5281/zenodo.7199775

Введение

В последние десятилетия, в связи с возрастающим уровнем антропогенной нагрузки на биосферу, техногенные образования с предельной степенью нарушенности взаимосвязей факторов географической среды вытесняют естественные ландшафты. Наряду с наиболее распространенными типами техногенных ландшафтов, к которым относят отвально-карьерные образования, сформировавшиеся в результате добычи полезных ископаемых, значительное негативное воздействие на элементы экосистем оказывают и урбанизированные ландшафты.

Общеизвестно, что основными источниками поступления элементов минерального питания растений в почву являются жидкая фаза почвы, где вещества находятся в растворенном состоянии (наиболее доступные элементы), и коллоидная фаза, способная к поглощению и обмену ионов.

В связи с этим в почвоведении различают два понятия: почвенный раствор и почвенный поглощающий комплекс (далее – ППК). Почвенный раствор – это жидкая фаза почвы, включающая почвенную воду, растворенные в ней соли, органические и органоминеральные вещества. В почвенном растворе присутствуют растворенные газы: CO_2 , O_2 и др. ППК – совокупность минеральных, органических и органоминеральных соединений высокой степени дисперсности, нерастворимых в воде и способных поглощать и обменивать поглощенные ионы [2, 8].

Одним из главнейших свойств почвы является поглотительная способность, так как она участвует в процессах почвообразования и формирования плодородия. Она регулирует питательный режим почвы, обуславливая накопление многих элементов питания растений и микроорганиз-

мов, регулирует реакцию почвы, степень ее буферности, водно-физические свойства. Не менее существенно значение поглотительной способности почв в развитии частных почвообразовательных процессов. Так, интенсивность накопления продуктов почвообразования и формирования гумусово-аккумулятивных горизонтов в значительной степени обусловлена поглотительной способностью почвы [4].

Цель и задачи исследований

Цель исследования – оценка поглотительной способности почв антропогенных территориальных комплексов Донецко-Макеевской промышленной агломерации. В задачи исследований входило изучение суммы обменных оснований, содержания обменного кальция и магния эдафотопов мониторинговых участков.

Объекты и методики исследований

Выбор мониторинговых участков основывался на изучении таких факторов, как распространенность типа нарушения в пределах района исследований, степень антропогенной трансформации, возможность восстановления биологической продуктивности и вовлечения в экономическую деятельность, потенциальный экологический эффект при проведении опытного высева фиторекультивантов. Для оценки влияния травянистых культурфитоценозов на протекание почвообразовательных процессов в эдафотопах антропогенных территориальных комплексов на мониторинговых участках был проведен высеv семян растений китайбелии виноградолистной (*Kitaibelia vitifolia* Willd.) и эспарцета песчаного (*Onobrychis arenaria* (Kit.) DC.), а также растений семейства Poaceae (*Festuca gigantea* (L.) Vill., *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub) на площади 1 м² по отдельности на каждом из мониторинговых участков, предварительно очищенных от естественной растительности. Высеv растений проводился после прекращения хозяйственной деятельности, учитывая специфику каждого мониторингового участка.

Исследования проводили на протяжении 2021 г. (весна, лето, осень). Почвенные образцы отбирали по почвенным горизонтам [6] из локалитетов с естественным растительным покровом и в местах опытных посевов фиторекультивантов через 1 год после их высева. Описание почвенных раз-

резов проводилось согласно общепринятым методикам [5, 10]. Поскольку в эдафотопах посттехногенных экосистем было зафиксировано формирование примитивного почвенного профиля с отсутствием переходных генетических горизонтов, то в зональной почве (участок № 1) не определяли значения исследуемых показателей в горизонтах А₂ и В.

Мониторинговый участок № 1. Территория, прилегающая к южной части отвала шахты № 12 «Наклонная» (Пролетарский район, г. Донецк). Общее проективное покрытие (ОПП) естественного растительного покрова 95–100 %. Доминируют *Elytrigia repens* (L.) Nevski и растущий группами *Vicia cracca* L. Рассеянно встречаются *Artemisia absinthium* L., *Verbascum lychnitis* L., *Achillea pannonica* Scheele, *Euphorbia virgata* Waldst. & Kit. Единично растут *Linaria vulgaris* L. и *Pilosella echinoides* (Lumn.) F. Schult. & Sch. Bip. Из эфемеров отмечены такие виды: довольно много *Holosteum umbellatum* L. и рассеянно *Lepidium perfoliatum* L.

Разрез № 1. Чернозем обыкновенный среднегумусированный.

А₁ – 0–47 см. Свежий, темно-бурый однородный, легкосуглинистый, среднезернистый, умеренно плотный. Новообразований и включений не отмечено. Много корней. Переход в горизонт А₂ ясный по цвету и структуре.

А₂ – 47–86 см. Свежий, светло-каштановый-коричневый, неоднородный, легкосуглинистый, среднезернистый, умеренно плотный. Новообразований и включений не отмечено. Редкие корни. Переход в горизонт В резкий по цвету и структуре.

В – 86–110 см. Суховатый, светло-каштановый, однородный, суглинистый, пластинчатый, умеренно плотный. Новообразований и включений не отмечено. Единичные корни. Переход в горизонт С языковатый по цвету.

С – глубже 110 см. Суховатый, коричневато-оранжевый, однородный, суглинистый, пластинчатый, плотный. Новообразований и включений не отмечено. Корни отсутствуют.

Данный участок рассматривается нами как условный контроль.

Мониторинговый участок № 2. Выведенный из эксплуатации нерекультивированный карьер по добыче строительного камня (балка Калиновая, Горняцкий район, г. Макеевка). ОПП естественного растительного покрова (без учета

опытного высева фиторекультивантов) 70–80 %. В составе фитоценоза отмечены следующие виды: *Echium vulgare* L., *Sideritis montana* L., *Stachys transsilvanica* Schur, *Anisantha tectorum* (L.) Nevski, *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Poa compressa* L., *P. bulbosa* L., *P. angustifolia* L., *Galium humifusum* M. Bieb., *Daucus carota* L., *A. pannonica*, *A. absinthium*, *A. austriaca* Jacq., *Centaurea diffusa* Lam., *Senecio jacobaea* L., *S. vernalis* Waldst. & Kit., *Linaria maеотica* Klokov, *E. repens*, *V. lychnitis*, *Carduus acanthoides* L., *Cirsium setosum* (Willd.) Besser, *Chondrilla juncea* L., *Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey., *Picris hieracioides* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Convolvulus arvensis* L., *Reseda lutea* L., *E. virgata*, *Berteroa incana* (L.) DC., *Hieracium virosum* Pall., *Melandrium album* (Mill.) Garcke, *Tragopogon dasyrhyinchus* Artemcz., *Falcaria vulgaris* Bernh., *Phalacrologia annuum* (L.) Dumort s.l., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Medicago romanica* Prodan, *Tanacetum vulgare* L., *Tussilago farfara* L., *Hyoscyamus niger* L., *Oberna behen* (L.) Ikonn., *Camelina microcarpa* Andrz. Местами, особенно по периметру, ближе к стенам карьера, растут древесно-кустарниковые растения *Robinia pseudoacacia* L., *Acer negundo* L., *Juglans regia* L., *Ulmus pumila* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marsh., *Rosa* sp.

Разрез № 2. Примитивные неразвитые почвы на песчанике.

А – 0–5 см. Черный, густо пронизан корнями растений. Структура мелкопоршистая, агрегаты 2 мм диаметром. Переход в горизонт С четкий по цвету, структуре и плотности. Отмечаются ходы зоогенной природы, выцветы солей (розоватые). Каменистость – 5 %.

С – светло-коричневый, продукты метаморфизации песчаников. Каменистость – 20 %, пронизан корнями растений. Прослежен до глубины 20 см.

Почвообразование по дерновому типу (выражен дерновый гумусоаккумулятивный процесс).

Мониторинговый участок № 3. Зона выполаживания склона южной экспозиции у основания нерекультивированного отвала шахты им. Ленина (Горняцкий район, г. Макеевка). ОПП естественного растительного покрова (без учета опытного высева фиторекультивантов) составляет 50–60 %, имеются не заросшие прогалины, доминирование отдельных видов не выражено. Фитоценоз представлен *E. vulgare*, *S. montana*, *S. transsilvanica*, *A. tectorum*, *C. epigeios*, *P. com-*

pressa, *P. bulbosa*, *G. humifusum*, *D. carota*, *A. pannonica*, *A. absinthium*, *A. austriaca*, *C. diffusa*, *S. vernalis*, *L. maеотica*, снизу вегетативно проникает *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. Из древесных растений кроме рекультиванта *R. pseudoacacia* на этом участке есть самосев *F. pennsylvanica*, *A. negundo*, *U. pumila*, *J. regia*.

Разрез № 3. Примитивные седиментационные неразвитые почвы.

А – 0–10 см. Коричневый, относительно уплотненный, мелкозернистый, суховатый. Каменистость – 5 %. Густо пронизан корнями растений.

С – темно-серый, метаморфизированный сланец, пластинчатый, сухой, пронизан корнями растений. Каменистость – 30 %. Прослежен до глубины 30 см.

Мониторинговый участок № 4. Склон нерекультивированного отвала шахты им. Ленина южной экспозиции (Горняцкий район, г. Макеевка). В средней части склона угол поверхности составляет около 30°, поэтому ОПП естественного растительного покрова (без учета опытного высева фиторекультивантов) достигает только 20–30 %. Доминирует *E. vulgare*, также представлены *P. hieracioides*, *S. vernalis*, *L. maеотica*, *R. lutea*, *O. behen*, из древесных растений в окружении участка и единично на пробной площади встречаются *R. pseudoacacia*, *A. negundo*, *J. regia*.

Разрез № 4. Субстрат с признаками почвообразования.

А – 0–15 см. Коричневый, рыхлый, мелкозернистый, суховатый. Каменистость – 5 %. Переход в горизонт С – постепенный, по цвету – затеками.

С – палевый, прослежен до глубины 30 см. Каменистость – 15 %. Присутствуют выцветы солей и продукты метаморфизации сланцев.

Мониторинговый участок № 5. Склон нерекультивированного отвала шахты № 12 «Наклонная» восточной экспозиции (Пролетарский район, г. Донецк). Моновидовая группировка *O. behen*. ОПП естественного растительного покрова (без учета опытного высева фиторекультивантов) 10–15 %.

Разрез № 5. Примитивные неразвитые фрагментарные почвы.

А – 0–27 см. Сухой, темно-серый, однородный, бесструктурный, порошистый, рыхлый. Новообразований не отмечено, каменистость 10 %. Переход в горизонт С неясный по цвету.

С – сухой, темно-коричневый, однородный, бесструктурный, порошистый, рыхлый. Новообразований не отмечено, каменистость 50 %. Единичные корни. Прослежен до глубины 60 см.

В профиле наблюдается первичное агрегатобразование по корням растений, накопление гумуса не имеет морфологического выражения вследствие слабого развития глинистой составляющей. Имеющийся гумус «замаскирован» серым цветом измельченной породы.

Мониторинговый участок № 6. Склон нерекультивированного отвала шахты № 12 «Наклонная» северной экспозиции (Пролетарский район, г. Донецк). ОПП естественного растительного покрова (без учета опытного высева фиторекультивантов) 25–30 %. Доминируют *E. vulgare*, *Oenothera biennis* L. Рассеянно произрастают *A. artemisiifolia*, *A. absinthium*, *D. carota*, *C. diffusa*, *Linaria genistifolia* (L.) Mill., *H. umbellatum* и *S. vernalis*, единично встречаются *Rumex crispus* L. и однолетние всходы *Acer negundo* L. В нижней части участка добавляются *A. pannonica* и *Ch. juncea*.

Разрез № 6. Примитивные неразвитые почвы.

А – 0–20 см. Свежий, темно-бурый, однородный, бесструктурный, порошистый, рыхлый. Новообразований не отмечено, каменистость 25 %. Густо пронизан корнями растений. Переход в горизонт С ясный по цвету.

С – суховатый, темно-серый, однородный, бесструктурный, порошистый, рыхлый. Новообразований не отмечено, каменистость 40 %. Единичные корни. Прослежен до глубины 45 см.

Мониторинговый участок № 7. Свалка твердых бытовых отходов (Пролетарский район, г. Донецк). ОПП естественного растительного покрова (без учета опытного высева фиторекультивантов) 80 %. В фитоценозе доминируют *Festuca valesiaca* Gaudin и *Tanacetum millefolium* (L.) Tzvelev. Довольно много *M. romanica*, *Artemisia marschalliana* Spreng и *A. austriaca* (группами). Рассеянно представлены *Eryngium campestre* L., *Plantago urvillei* Opiz, *Salvia tesquicola* Klokov & Pobed, *Marrubium praecox* Janka, *S. transsilvanica*, *H. umbellatum*, *Euphorbia stepposa* Zoz ex Prokh., *E. seguieriana* Neck., *S. jacobaea*, *Otites sibirica* (L.) Raf., *Ononis arvensis* L., *Thesium arvense* Horv., *Nonea rossica* Steven, *Thymus marschallianus* Willd., в нескольких экземплярах встречены *Hesperidium triste* (L.) G. Beck и единичной группой *A. pectinatum*.

Разрез № 7. Примитивные неразвитые почвы на песчанике.

А – 0–18 см. Суховатый, темно-серый, однородный, супесчаный, мелкозернистый, слабоуплотненный. Новообразований и включений не отмечено. Много корней. Переход в горизонт С резкий, волнистый по цвету и структуре.

С – сухой, белесоватый-темно-каштановый, неоднородный, песчаный, мелкокомковатый, рыхлый. Новообразований и включений не отмечено. Единичные корни. Прослежен до глубины 40 см.

Мониторинговый участок № 8. Территория, загрязненная строительными отходами (без проведения рекультивационных мероприятий), прилегающая к реке Богодуховая (Буденновский район, г. Донецк). ОПП естественного растительного покрова (без учета опытного высева фиторекультивантов) составляет 70 %. На выположенных участках в травянистом покрове доминируют *E. repens* и *P. angustifolia*, а на склонах *M. praecox*, *C. diffusa*, *S. tesquicola*. Также представлены *F. valesiaca*, *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., *B. incana*, *A. austriaca*, *A. absinthium*, *C. acanthoides*, *A. artemisiifolia*, *E. vulgare*, *A. pannonica*, *E. virgata*, *S. transsilvanica*, *M. romanica*, *G. humifusum*, *L. vulgaris*, *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Securigera varia* (L.) Lassen, *S. vernalis*, *R. crispus* L. *R. lutea* и *Melica transsilvanica* Schur.

Разрез № 8. Примитивные неразвитые фрагментарные почвы.

А – 0–34 см. Сухой, светло-серый, однородный, бесструктурный, порошистый, рыхлый. Новообразований не отмечено, каменистость 7 % от мелкообломочной фракции. Пронизан корнями растений. Переход в горизонт С постепенный по цвету.

С – сухой, коричневый, однородный, бесструктурный, порошистый, рыхлый. Новообразований не отмечено, каменистость 20 %. Единичные корни. Прослежен до глубины 70 см.

Определение суммы обменных оснований и содержания обменного кальция и магния проводили общепринятыми методами [8]. Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась по общепринятым методам параметрической статистики на 95 % уровне значимости по Ю.Г. Приседскому [9].

Результаты исследований и их обсуждение

Почвенный поглощающий комплекс представляет собой доступное для растений хранили-

ще биофильных катионов, защищенное коллоидной электростатической природой от вымывания атмосферной влагой в грунтовые воды. Суммарное количество всех обменных катионов, за исключением H^+ и Al^{3+} , называют суммой обменных оснований (S), которая также выражается в мг-экв/100 г почвы [4]. Проведенные ранее исследования показали варьирование значений суммы обменных оснований, гидролитической и обменной кислотности в зависимости от места отбора образцов, сезонности и степени нарушенности почвенного покрова [11–13].

В результате проведения комплексных исследований в почвах антропогенно трансформированных экосистем установлены значения суммы обменных оснований, которые варьировали в пределах 33,6–56,9 % по отношению к контролю (табл. 1).

Сумма обменных оснований в ППК эдафотопы контрольного участка (чернозем обыкновенный) в весенний период исследований составляла 43,2 и 31,8 мг-экв/100 г почвы в горизонтах А и

С соответственно. Полученные результаты на контрольном участке сопоставимы с литературными данными относительно содержания обменных оснований в типичных черноземах, где их фиксированная сумма в среднем находится в пределах от 40 до 50 мг-экв/100 г почвы [7]. Наибольшие показатели суммы обменных оснований в почвах антропогенно трансформированных экосистем зафиксированы в гумусо-аккумулятивном горизонте участка № 8 – 65 % к контролю, для горизонта С понижение этого показателя было более существенно и составляло 33,6 % к контролю. Понижение суммы обменных оснований было отмечено и на участке № 2 (54,9 и 38,7 % по отношению к контролю) в горизонтах А и С соответственно.

В весенний период исследований опытный высев фиторекультивантов оказал влияние на сумму обменных оснований в случае высадки как моновидовых, так и поливидовых групп растений, однако степень их воздействия отличалась. Так, наилучшим образом проявили себя поликомпо-

Таблица 1. Сумма обменных оснований (мг-экв/100 г почвы) в почвах антропогенно трансформированных экосистем ($p < 0,05$)

Участок, горизонт	Весна				Лето				Осень			
	Нерекультивируемые		Рекультивируемые		Нерекультивируемые		Рекультивируемые		Нерекультивируемые		Рекультивируемые	
	М±m	%	М±m	%	М±m	%	М±m	%	М±m	%	М±m	%
№ 2 Ап	23,7±0,36	54,9	35,6±0,58	82,4	22,4±0,27	52,5	35,9±0,33	84,2	23,1±0,25	52,7	35,3±0,67	80,5
№ 2 Сп	12,3±0,82	38,7	17,1±0,76	53,8	11,8±0,62	38,8	16,9±0,67	55,7	12,1±0,57	38,5	17,7±0,64	56,0
№ 2 Аэ	23,7±0,36	54,9	32,8±0,25	75,9	22,4±0,27	52,5	31,6±0,21	74,0	23,1±0,25	52,7	32,5±0,23	74,2
№ 2 Сэ	12,3±0,82	38,7	15,43±0,09	48,5	11,8±0,62	38,8	15,02±0,07	49,4	12,1±0,57	38,5	15,9±0,11	50,4
№ 2 Ак	23,7±0,36	54,9	29,2±0,15	67,5	22,4±0,27	52,5	28,6±0,14	67,0	23,1±0,25	52,7	29,0±0,16	66,3
№ 2 Ск	12,3±0,82	38,7	13,6±0,12	42,8	11,8±0,62	38,8	12,9±0,07	42,4	12,1±0,57	38,5	13,2±0,09	41,9
№ 7 Ап	24,6±0,58	56,9	31,9±0,31	73,9	23,3±0,67	54,5	31,5±0,39	73,8	24,3±0,33	55,4	32,3±0,47	73,7
№ 7 Сп	10,9±0,24	34,4	15,9±0,28	50,1	10,1±0,5	33,2	15,1±0,27	49,8	10,6±0,58	33,7	16,1±0,17	51,1
№ 7 Аэ	24,6±0,58	56,9	28,3±0,24	65,4	23,3±0,67	54,5	27,4±0,41	64,2	24,3±0,33	55,4	27,6±0,34	63,0
№ 7 Сэ	10,9±0,24	34,4	13,8±0,16	43,3	10,1±0,5	33,2	13,5±0,17	44,3	10,6±0,58	33,7	13,4±0,19	42,6
№ 7 Ак	24,6±0,58	56,9	26,1±0,14	60,4	23,3±0,67	54,5	25,4±0,16	59,6	24,3±0,33	55,4	26,2±0,17	59,8
№ 7 Ск	10,9±0,24	34,4	12,4±0,15	39,1	10,1±0,5	33,2	11,9±0,13	39,3	10,6±0,58	33,7	12,3±0,15	38,9
№ 8 Ап	28,1±0,14	65,0	32,6±0,38	75,5	27,5±0,11	64,4	32,8±0,43	76,7	28,4±0,16	64,8	33,3±0,37	76,0
№ 8 Сп	10,7±0,08	33,6	14,3±0,23	44,9	10,3±0,06	33,9	14,6±0,25	48,0	10,3±0,07	32,6	14,8±0,16	46,9
№ 8 Аэ	28,1±0,14	65,0	29,9±0,15	69,2	27,5±0,11	64,4	28,3±0,18	66,3	28,4±0,16	64,8	28,9±0,23	65,9
№ 8 Сэ	10,7±0,08	33,6	12,2±0,26	38,5	10,3±0,06	33,9	12,2±0,22	40,0	10,3±0,07	32,6	12,6±0,18	40,1
№ 8 Ак	28,1±0,14	65,0	28,3±0,33	65,4	27,5±0,11	64,4	28,1±0,13	65,9	28,4±0,16	64,8	28,3±0,12	64,5
№ 8 Ск	10,7±0,08	33,6	11,3±0,14	35,4	10,3±0,06	33,9	10,5±0,22	34,6	10,3±0,07	32,6	10,4±0,23	32,9
№ 1 А	43,2±0,12				42,7±0,16				43,8±0,19			
№ 1 С	31,8±0,35				30,4±0,27				31,5±0,23			

Примечание. Здесь и в таблицах 2–6 – э – посадки эспарцета песчаного, к – посадки китайбелии виноградолистной, п – поликомпонентная смесь (злаки), % – процент превышения значений по отношению к аналогичным почвенным горизонтам участка № 1

нентные сообщества злаков, повышая значения суммы обменных оснований по сравнению с нерекультивированными участками на 16–50 % в гумусо-аккумулятивном и на 33–45 % в нижележащем горизонтах. Наилучшие результаты отмечены на участке № 2, что связано с достаточным запасом элементов минерального питания в первичном субстрате, небольшими значениями обменной и гидролитической кислотности. Эспарцет как фиторекультивант повышал сумму обменных оснований в ППК на 6–38 % в горизонте А и на 14–27 % в горизонте С соответственно. Использование китайбелии оказало существенное влияние лишь при ее высадке на участке № 2, повысив значения суммы обменных оснований на 23,2 % в горизонте А, в горизонте С китайбелия не показала статистически достоверных различий по сравнению с контрольными значениями.

По сезонам (лето – осень) нами не было зафиксировано варьирования суммы обменных оснований, что может свидетельствовать о ста-

бильности данного показателя и малой степени его подверженности влиянию абиотических факторов. Сумма обменных оснований – это признак, который в первую очередь определяется изначальными свойствами субстрата, на котором формируются растения. Однако ошибочно полагать, что этот показатель не будет меняться в течение длительного времени. Рекультивация способствует формированию достаточно развитого почвенного профиля и фиксируемое в нем возрастание значений суммы обменных оснований будет свидетельствовать об интенсификации процессов почвообразования, приводящих к формированию одного из зональных типов почв.

Показатель суммы обменных оснований в почвах экосистем породных отвалов (участки № 3–6) (табл. 2) был существенно ниже как по отношению к контролю, так и к сумме обменных оснований в почвах антропогенно трансформированных экосистем. Наиболее низкие показатели были характерны для склоновой поверхности

Таблица 2. Сумма обменных оснований (мг-экв/100 г почвы) в почвах экосистем породных отвалов ($p < 0,05$)

Участок, горизонт	Весна				Лето				Осень			
	Нерекультивировуемые		Рекультивировуемые		Нерекультивировуемые		Рекультивировуемые		Нерекультивировуемые		Рекультивировуемые	
	М±m	%	М±m	%	М±m	%	М±m	%	М±m	%	М±m	%
№ 3 Ап	17,8±0,65	41,2	24,6±0,52	56,9	16,7±0,38	39,1	24,3±0,38	56,8	16,1±0,65	36,8	23,9±0,33	54,6
№ 3 Сп	13,4±0,44	42,1	17,9±0,28	56,4	13,0±0,83	42,8	17,6±0,15	57,9	12,5±0,35	39,7	17,8±0,24	56,4
№ 3 Аэ	17,8±0,65	41,2	21,6±0,43	50,0	16,7±0,38	39,1	20,8±0,44	48,6	16,1±0,65	36,8	21,3±0,16	48,6
№ 3 Сэ	13,4±0,44	42,1	14,9±0,17	47,0	13,0±0,83	42,8	14,4±0,18	47,5	12,5±0,35	39,7	14,6±0,15	46,3
№ 3 Ак	17,8±0,65	41,2	17,6±0,25	40,7	16,7±0,38	39,1	17,3±0,67	40,4	16,1±0,65	36,8	16,3±0,88	37,1
№ 3 Ск	13,4±0,44	42,1	13,1±0,22	41,2	13,0±0,83	42,8	12,5±0,58	41,2	12,5±0,35	39,7	12,3±0,79	38,9
№ 4 Ап	7,6±0,64	17,6	9,3±0,13	21,5	6,4±0,35	15,0	8,3±0,14	19,4	8,3±0,25	18,9	9,9±0,37	22,7
№ 4 Сп	3,8±0,15	11,9	4,9±0,14	15,5	3,5±0,24	11,5	4,6±0,28	15,1	3,3±0,15	10,5	4,7±0,17	15,0
№ 4 Аэ	7,6±0,64	17,6	8,9±0,1	20,7	6,4±0,35	15,0	7,7±0,17	18,1	8,3±0,25	18,9	9,3±0,14	21,2
№ 4 Сэ	3,8±0,15	11,9	4,6±0,18	14,5	3,5±0,24	11,5	4,1±0,19	13,5	3,3±0,15	10,5	4,2±0,19	13,4
№ 4 Ак	7,6±0,64	17,6	7,3±0,37	16,8	6,4±0,35	15,0	6,7±0,59	15,8	8,3±0,25	18,9	7,9±0,63	18,1
№ 4 Ск	3,8±0,15	11,9	4,1±0,29	12,9	3,5±0,24	11,5	3,6±0,38	11,8	3,3±0,15	10,5	3,5±0,43	11,2
№ 5 Ап	7,2±0,24	16,7	10,3±0,28	23,8	7,1±0,21	16,8	10,1±0,29	23,7	7,4±0,23	16,8	10,6±0,28	24,2
№ 5 Сп	3,7±0,11	11,5	6,1±0,14	19,2	3,7±0,13	12,2	6,2±0,16	20,5	3,8±0,11	12,0	6,5±0,22	20,7
№ 5 Аэ	7,2±0,24	16,7	9,4±0,09	21,7	7,1±0,21	16,8	9,2±0,08	21,6	7,4±0,23	16,8	9,4±0,08	21,5
№ 5 Сэ	3,7±0,11	11,5	5,2±0,12	16,4	3,7±0,13	12,2	5,4±0,13	17,6	3,8±0,11	12,0	5,3±0,11	16,7
№ 5 Ак	7,2±0,24	16,7	7,4±0,53	17,2	7,1±0,21	16,8	7,3±0,68	17,0	7,4±0,23	16,8	7,1±0,51	16,2
№ 5 Ск	3,7±0,11	11,5	4,1±0,64	12,9	3,7±0,13	12,2	4,0±0,51	13,3	3,8±0,11	12,0	3,9±0,48	12,5
№ 6 Ап	7,6±0,18	17,6	12,3±0,47	28,4	7,3±0,18	17,0	11,9±0,37	27,9	7,8±0,24	17,7	12,6±0,38	29,5
№ 6 Сп	3,4±0,17	10,8	8,9±0,33	28,1	3,3±0,06	10,7	9,3±0,13	30,5	3,5±0,12	11,1	9,4±0,43	31,0
№ 6 Аэ	7,6±0,18	17,6	11,1±0,4	25,7	7,3±0,18	17,0	10,6±0,25	24,8	7,8±0,24	17,7	11,3±0,14	26,4
№ 6 Сэ	3,4±0,17	10,8	7,8±0,24	24,4	3,3±0,06	10,7	7,3±0,27	23,9	3,5±0,12	11,1	7,6±0,22	25,0
№ 6 Ак	7,6±0,18	17,6	8,3±0,67	19,1	7,3±0,18	17,0	7,9±0,53	18,6	7,8±0,24	17,7	8,0±0,62	18,8
№ 6 Ск	3,4±0,17	10,8	4,1±0,64	12,9	3,3±0,06	10,7	3,6±0,38	11,8	3,5±0,12	11,1	3,9±0,48	12,9
№ 1 А	43,2±0,12				42,7±0,16				43,8±0,19			
№ 1 С	31,8±0,35				30,4±0,27				31,5±0,23			

отвалов угольных шахт (участки № 4–6). В весенний период исследований на этих участках процент суммы обменных оснований по отношению к контролю составлял всего 10,8–17,6 %, в то время как на участке № 3 с достаточно сформированным растительным покровом с преобладанием древесной растительности и более мягкими экологическими условиями (зона выполаживания) этот показатель составил 41,2–42,1 % по отношению к контролю.

Существенное влияние опытный высев фито-рекультивантов оказал на показатель суммы обменных оснований на участке № 3, где экологические условия, в том числе закрепление субстрата древесными растениями, дают возможность растениям-рекультивантам удерживать от вымывания различные элементы питания растений. Так, на этом участке отмечено повышение значений суммы обменных оснований на 33–38 % по отношению к нерекультивированным участкам (в случае с поликомпонентными сообществами). При использовании эспарцета в качестве рекультиванта сумма обменных оснований повысилась на 11–21 %, а в вариантах с китайбелией не было зафиксировано статистически достоверных различий по сравнению с нерекультивированными участками.

В эдафотобах склонов отвалов угольных шахт было отмечено наиболее существенное влияние поликомпонентной смеси растений, что привело к повышению значений суммы обменных оснований по отношению к участкам без рекультивации в среднем на 20–182 %. При высеве эспарцета рекультивация оказала положительный эффект, повысив сумму обменных оснований на 17–46 % в гумусо-аккумулятивном горизонте субстрата и на 21–129 % в нижележащем горизонте по сравнению с участками с естественным растительным покровом. В вариантах с китайбелией не было зафиксировано статистически достоверных различий с не подвергшимися рекультивации участками.

Различные почвы существенно отличаются друг от друга по качественному составу поглощенных катионов, который обусловлен особенностями почвообразования, водно-солевым режимом почв и хозяйственной деятельностью человека. Состав обменно-поглощенных катионов в разных почвах неодинаков и зависит от факторов и типа почвообразования, характера сельскохозяй-

зяйственного использования почвы, степени ее окультуренности и т.д.

Среди всех обменных катионов особое значение и положительное влияние на протекание почвообразовательного процесса принадлежит катионам Ca^{2+} и Mg^{2+} . Наиболее ценным с агрономической точки зрения является катион Ca^{2+} , который, способствуя коагуляции почвенных коллоидов, обуславливает закрепление гумуса и образование водопроходной агрономически ценной зернисто-комковатой структуры. Ca^{2+} способствует созданию физически уравновешенного почвенного раствора, благоприятствуя жизнедеятельности полезных почвенных микроорганизмов и растительности, блокирует поступление в растение тяжелых металлов, радиоактивных и фитотоксичных элементов, усредняет реакцию среды [1, 8].

По результатам наших исследований для чернозема среднегумусированного содержание кальция в гумусо-аккумулятивном горизонте составляет 65–73 % от общей суммы обменных оснований. В почвах антропогенно трансформированных экосистем (участки № 2, 7, 8) значения концентрации этого катиона составляют 65–69 % от общей суммы обменных оснований на мониторинговых участках (табл. 1, 3). Однако по сравнению с контролем содержание обменного кальция снижено и составляет в среднем 32–62 %. Опытный высев фиторекультивантов с использованием различных групп растений, как и для суммы обменных оснований, оказал влияние на содержание обменного кальция. Наибольший положительный эффект был достигнут в вариантах с поликомпонентной смесью растений.

Так, на участке № 2 содержание обменного кальция в горизонте А повысилось на 48 %, горизонте С – на 40 %, участке № 7 – на 31 и 42 % и на участке № 8 – 21 и 62 % в горизонтах А и С соответственно по сравнению с нерекультивированными участками. Высев эспарцета способствовал повышению содержания обменного кальция в ППК в среднем на 12–30 %, а китайбелии – не приводил к статистически достоверным различиям с нерекультивированными участками. Сезонная динамика количества обменного кальция не претерпевала существенных изменений.

При изучении содержания обменного кальция в почвах экосистем породных отвалов установлена критически низкая его концентрация как в ППК, так и по отношению к чернозему (кон-

Таблица 3. Содержание обменного кальция (мг-экв/100 г почвы) в почвах антропогенно трансформированных экосистем ($p < 0,05$)

Участок, горизонт	Весна				Лето				Осень			
	Нерекультивируемые		Рекультивируемые		Нерекультивируемые		Рекультивируемые		Нерекультивируемые		Рекультивируемые	
	М ± m	%	М ± m	%	М ± m	%	М ± m	%	М ± m	%	М ± m	%
№ 2 Ап	15,4±0,18	49,0	22,8±0,31	72,6	14,9±0,16	48,5	22,1±0,17	72,0	15,2±0,19	47,5	22,6±0,21	70,6
№ 2 Сп	7,2±0,11	34,4	10,1±0,12	48,3	6,8±0,09	34,7	9,7±0,06	49,5	7,0±0,07	32,7	9,9±0,08	46,3
№ 2 Аэ	15,4±0,18	49,0	19,6±0,18	62,4	14,9±0,16	48,5	19,2±0,14	62,5	15,2±0,19	47,5	19,4±0,18	60,6
№ 2 Сэ	7,2±0,11	34,4	8,8±0,07	42,1	6,8±0,09	34,7	8,3±0,07	42,3	7,0±0,07	32,7	8,5±0,07	39,7
№ 2 Ак	15,4±0,18	49,0	17,4±0,22	55,4	14,9±0,16	48,5	16,8±0,11	54,7	15,2±0,19	47,5	17,2±0,23	53,8
№ 2 Ск	7,2±0,11	34,4	8,2±0,05	39,2	6,8±0,09	34,7	7,7±0,09	39,3	7,0±0,07	32,7	7,9±0,08	36,9
№ 7 Ап	16,8±0,21	53,5	22,1±0,19	70,4	16,1±0,23	52,4	21,7±0,14	70,7	16,6±0,21	51,9	22,0±0,19	68,8
№ 7 Сп	6,9±0,09	33,0	9,8±0,11	46,9	6,4±0,09	32,7	9,1±0,06	46,4	6,7±0,08	31,3	9,6±0,09	44,9
№ 7 Аэ	16,8±0,21	53,5	19,4±0,18	61,8	16,1±0,23	52,4	18,8±0,18	61,2	16,6±0,21	51,9	19,2±0,17	60,0
№ 7 Сэ	6,9±0,09	33,0	8,1±0,04	38,8	6,4±0,09	32,7	7,5±0,05	38,3	6,7±0,08	31,3	7,9±0,06	36,9
№ 7 Ак	16,8±0,21	53,5	18,3±0,09	58,3	16,1±0,23	52,4	17,6±0,12	57,3	16,6±0,21	51,9	18,1±0,14	56,6
№ 7 Ск	6,9±0,09	33,0	7,6±0,04	36,4	6,4±0,09	32,7	7,2±0,07	36,7	6,7±0,08	31,3	7,4±0,05	34,6
№ 8 Ап	19,5±0,24	62,1	23,7±0,28	75,5	18,9±0,17	61,6	22,9±0,26	74,6	19,3±0,16	60,3	23,5±0,22	73,4
№ 8 Сп	6,7±0,08	32,1	10,9±0,16	52,2	6,3±0,06	32,1	10,1±0,09	51,5	6,5±0,08	30,4	10,7±0,08	50,0
№ 8 Аэ	19,5±0,24	62,1	21,8±0,14	69,4	18,9±0,17	61,6	21,0±0,18	68,4	19,3±0,16	60,3	21,6±0,19	67,5
№ 8 Сэ	6,7±0,08	32,1	8,6±0,11	41,1	6,3±0,06	32,1	8,2±0,07	41,8	6,5±0,08	30,4	8,4±0,06	39,3
№ 8 Ак	19,5±0,24	62,1	20,3±0,26	64,6	18,9±0,17	61,6	19,3±0,26	62,9	19,3±0,16	60,3	19,9±0,25	62,2
№ 8 Ск	6,7±0,08	32,1	6,9±0,12	33,0	6,3±0,06	32,1	6,5±0,11	33,2	6,5±0,08	30,4	6,7±0,18	31,3
№ 1 А	31,4±0,18				30,7±0,26				32,0±0,18			
№ 1 С	20,9±0,21				19,6±0,24				21,4±0,21			

трольному участку) (табл. 4). Так, содержание обменного кальция в гумусо-аккумулятивном горизонте составляло на участках № 4, 5, 6 – 43–48 %, на участке № 3 – 49 % от общего количества обменных оснований. При этом на всех участках наблюдалось существенное снижение этого показателя по сравнению с контрольными значениями. На отвалах (участки № 5 и 6) зафиксировано снижение содержания обменного кальция на 90–95 % по отношению к контролю (табл. 1, 4). Это свидетельствует о неудовлетворительных условиях для жизнедеятельности микроорганизмов и функциональной активности почвы.

Как и в почвах антропогенно трансформированных экосистем, содержание обменного кальция в почвах экосистем породных отвалов зависело от применяемого вида растений-рекультивантов. Так, при использовании поликомпонентной смеси содержание обменного кальция повышалось на 34–45 % в горизонте А и на 16–42 % в горизонте С. Высев китайбелии не оказал статистически достоверного влияния на содержание обменного кальция в ППК почв экосистем данных мониторинговых участков.

При изучении содержания обменного магния в почвах антропогенно трансформированных

экосистем и экосистем породных отвалов получены следующие данные, представленные в таблицах 5 и 6. В почвах антропогенно трансформированных экосистем соотношение в ППК обменного магния к кальцию составляет на участках № 2, 7 и 8 в среднем 1 : 5, 1 : 6, что соотносится с литературными данными по изучению поглотительной способности почв природных экосистем [3, 14]. По отношению к контрольным показателям содержание обменного магния составляло в горизонте А 43,3–58,2 %, а в горизонте С – 32,5–37,5 % соответственно. Высев фитомелиорантов в той или иной степени повлиял на содержание обменного магния в обоих генетических горизонтах всех изучаемых участков. Так, высев поликомпонентных сообществ растений повышал содержание обменного магния в 1,2–1,6 раза в горизонте А и в 1,3–1,6 раза в горизонте С.

Положительный эффект зафиксирован и при использовании эспарцета, что привело к возрастанию количества обменного магния в ППК в обоих горизонтах в среднем в 1,2–1,3 раза. При высеве китайбелии, как и для обменного кальция, не было отмечено статистически достоверного позитивного влияния на содержание обменного магния. Наряду с этим, по сезонам также не было за-

Таблица 4. Содержание обменного кальция (мг-экв/100 г почвы) в почвах экосистем породных отвалов ($p < 0,05$)

Участок, горизонт	Весна				Лето				Осень			
	Нерекультивируемые		Рекультивируемые		Нерекультивируемые		Рекультивируемые		Нерекультивируемые		Рекультивируемые	
	М ± m	%	М ± m	%	М ± m	%	М ± m	%	М ± m	%	М ± m	%
№ 3 Ап	8,7±0,16	27,7	11,6±0,12	36,9	8,3±0,12	27,0	11,2±0,11	36,5	8,1±0,14	25,3	10,9±0,11	34,1
№ 3 Сп	5,8±0,12	27,8	7,4±0,09	35,4	5,5±0,09	28,1	6,8±0,07	34,7	5,2±0,09	24,3	6,6±0,07	30,8
№ 3 Аэ	8,7±0,16	27,7	9,9±0,11	31,5	8,3±0,12	27,0	9,3±0,08	30,3	8,1±0,14	25,3	9,0±0,12	28,1
№ 3 Сэ	5,8±0,12	27,8	6,7±0,07	32,1	5,5±0,09	28,1	6,2±0,06	31,6	5,2±0,09	24,3	6,1±0,15	28,5
№ 3 Ак	8,7±0,16	27,7	8,9±0,14	28,3	8,3±0,12	27,0	8,1±0,12	26,4	8,1±0,14	25,3	7,9±0,32	24,7
№ 3 Ск	5,8±0,12	27,8	6,1±0,12	29,2	5,5±0,09	28,1	5,6±0,09	28,6	5,2±0,09	24,3	5,3±0,11	24,8
№ 4 Ап	3,7±0,08	11,8	4,8±0,09	15,3	3,4±0,07	11,1	4,6±0,07	15,0	3,1±0,12	9,7	4,4±0,08	13,8
№ 4 Сп	1,6±0,05	7,7	2,1±0,04	10,0	1,4±0,07	7,1	1,9±0,03	9,7	1,3±0,07	6,1	1,8±0,03	8,4
№ 4 Аэ	3,7±0,08	11,8	4,4±0,02	14,0	3,4±0,07	11,1	4,1±0,05	13,4	3,1±0,12	9,7	4,0±0,05	12,5
№ 4 Сэ	1,6±0,05	7,7	1,9±0,02	9,1	1,4±0,07	7,1	1,7±0,03	8,7	1,3±0,07	6,1	1,7±0,03	7,9
№ 4 Ак	3,7±0,08	11,8	3,9±0,15	12,4	3,4±0,07	11,1	3,5±0,14	11,4	3,1±0,12	9,7	3,0±0,15	9,4
№ 4 Ск	1,6±0,05	7,7	1,8±0,12	8,6	1,4±0,07	7,1	1,6±0,12	8,2	1,3±0,07	6,1	1,4±0,11	6,5
№ 5 Ап	3,1±0,09	9,9	4,3±0,05	13,7	2,9±0,11	9,7	4,0±0,08	13,0	2,7±0,12	8,4	3,7±0,12	11,6
№ 5 Сп	1,4±0,04	6,7	2,0±0,03	9,6	1,2±0,06	6,1	1,8±0,03	9,2	1,1±0,09	5,1	1,6±0,05	7,5
№ 5 Аэ	3,1±0,09	9,9	3,8±0,07	12,1	2,9±0,11	9,7	3,6±0,05	11,7	2,7±0,12	8,4	3,3±0,1	10,3
№ 5 Сэ	1,4±0,04	6,7	1,7±0,02	8,1	1,2±0,06	6,1	1,5±0,03	7,7	1,1±0,09	5,1	1,5±0,08	7,0
№ 5 Ак	3,1±0,09	9,9	3,3±0,15	10,5	2,9±0,11	9,7	3,0±0,16	9,8	2,7±0,12	8,4	2,6±0,19	8,4
№ 5 Ск	1,4±0,04	6,7	1,6±0,14	7,7	1,2±0,06	6,1	1,1±0,08	5,6	1,1±0,09	5,1	1,3±0,16	6,1
№ 6 Ап	3,3±0,07	10,5	4,8±0,09	15,3	3,1±0,12	10,1	4,5±0,11	14,7	2,8±0,14	8,8	4,2±0,12	13,1
№ 6 Сп	1,2±0,03	5,7	1,9±0,03	9,1	1,0±0,04	5,1	1,7±0,08	8,7	0,9±0,07	4,2	1,6±0,08	7,5
№ 6 Аэ	3,3±0,07	10,5	4,2±0,06	13,4	3,1±0,12	10,1	3,9±0,07	12,7	2,8±0,14	8,8	3,8±0,09	11,9
№ 6 Сэ	1,2±0,03	5,7	1,7±0,04	8,1	1,0±0,04	5,1	1,4±0,03	7,1	0,9±0,07	4,2	1,2±0,03	5,6
№ 6 Ак	3,3±0,07	10,5	3,5±0,18	11,1	3,1±0,12	10,1	3,2±0,16	10,4	2,8±0,14	8,8	2,9±0,25	9,1
№ 6 Ск	1,2±0,03	5,7	1,4±0,13	6,7	1,0±0,04	5,1	1,1±0,09	5,6	0,9±0,07	4,2	1,0±0,09	4,7
№ 1 А	31,4±0,18				30,7±0,26				32,0±0,18			
№ 1 С	20,9±0,21				19,6±0,24				21,4±0,21			

фиксировано существенных колебаний его концентрации.

В почвах экосистем породных отвалов содержание обменного магния (как и обменного кальция) существенно снижено. На мониторинговых участках соотношение магний / кальций в ППК меняется по сравнению с антропогенно трансформированными экосистемами и в среднем составляет 1 : 6, 1 : 7.

Наименьшие показатели концентрации обменного магния в ППК были зафиксированы в субстратах склоновых поверхностей отвалов (участки № 4–6), где на нерекультивированных участках содержание обменного магния по сравнению с зональной почвой было снижено на 91–93 %. На участке № 3 значение концентрации обменного магния составляло 20,9–22,5 % по отношению к контролю. Опытный высев фиторекультивантов также повлиял на этот показатель, в наибольшей степени позитивный эффект был зафиксирован после высева злаков, в данном слу-

чае удалось добиться увеличения содержания обменного магния в 1,3–1,4 раза. Использование в качестве фиторекультиванта эспарцета привело к увеличению содержания обменного магния в среднем в 1,1–1,2 раза, а китайбелия не оказала достоверно положительного стимулирующего влияния на его концентрацию.

Выводы

Результаты проведенных исследований поглотительной способности почв мониторинговых участков свидетельствуют о процессах, типичных для начальных стадий почвообразования. Значения суммы обменных оснований в почвах антропогенно трансформированных экосистем варьировали в пределах 33,6–56,9 % по отношению к зональным почвам. Опытный высев фиторекультивантов оказал влияние на сумму обменных оснований как в вариантах с моновидами, так и поливидовыми группами растений, однако степень их воздействия отличалась. Наи-

Таблица 5. Содержание обменного магния (мг-экв/100 г почвы) в почвах антропогенно трансформированных экосистем ($p < 0,05$)

Участок, горизонт	Весна				Лето				Осень			
	Нерекультивируемые		Рекультивируемые		Нерекультивируемые		Рекультивируемые		Нерекультивируемые		Рекультивируемые	
	M ± m	%	M ± m	%	M ± m	%	M ± m	%	M ± m	%	M ± m	%
№ 2 Ап	2,9±0,12	43,3	4,7±0,19	70,1	2,7±0,11	40,9	4,3±0,15	65,2	2,8±0,14	41,2	4,6±0,19	67,6
№ 2 Сп	1,3±0,07	32,5	2,0±0,06	50,0	1,1±0,05	28,9	1,8±0,07	47,7	1,2±0,11	29,3	1,9±0,05	46,3
№ 2 Аэ	2,9±0,12	43,3	3,8±0,11	56,7	2,7±0,11	40,9	3,5±0,11	53,0	2,8±0,14	41,2	3,6±0,11	52,9
№ 2 Сэ	1,3±0,07	32,5	1,7±0,04	42,5	1,1±0,05	28,9	1,6±0,09	42,1	1,2±0,11	29,3	1,7±0,06	41,5
№ 2 Ак	2,9±0,12	43,3	3,1±0,24	46,3	2,7±0,11	40,9	2,9±0,14	43,9	2,8±0,14	41,2	3,0±0,18	44,1
№ 2 Ск	1,3±0,07	32,5	1,5±0,18	37,5	1,1±0,05	28,9	1,2±0,07	31,6	1,2±0,11	29,3	1,4±0,26	34,1
№ 7 Ап	3,2±0,14	47,8	4,5±0,19	67,2	2,9±0,14	43,9	4,1±0,16	62,1	3,0±0,12	44,1	4,3±0,19	63,2
№ 7 Сп	1,5±0,04	37,5	1,9±0,08	47,5	1,4±0,08	36,8	1,7±0,05	44,7	1,5±0,08	36,6	1,9±0,07	46,3
№ 7 Аэ	3,2±0,14	47,8	3,9±0,14	58,2	2,9±0,14	43,9	3,6±0,12	54,5	3,0±0,12	44,1	3,8±0,12	55,9
№ 7 Сэ	1,5±0,04	37,5	1,7±0,06	42,5	1,4±0,08	36,8	1,6±0,03	42,1	1,5±0,08	36,6	1,8±0,04	43,9
№ 7 Ак	3,2±0,14	47,8	3,6±0,07	53,7	2,9±0,14	43,9	3,1±0,05	47,0	3,0±0,12	44,1	3,2±0,21	47,1
№ 7 Ск	1,5±0,04	37,5	1,6±0,02	40,0	1,4±0,08	36,8	1,5±0,08	39,5	1,5±0,08	36,6	1,7±0,13	41,5
№ 8 Ап	3,9±0,21	58,2	4,9±0,21	73,1	3,6±0,18	54,4	4,5±0,12	68,2	3,7±0,17	54,4	4,8±0,15	70,6
№ 8 Сп	1,4±0,08	35,0	2,2±0,13	55,0	1,2±0,05	31,6	2,1±0,15	55,3	1,4±0,06	34,1	2,1±0,08	51,2
№ 8 Аэ	3,9±0,21	58,2	4,5±0,12	67,2	3,6±0,18	54,4	4,2±0,08	63,6	3,7±0,17	54,4	4,3±0,11	63,2
№ 8 Сэ	1,4±0,08	35,0	1,9±0,07	47,5	1,2±0,05	31,6	1,8±0,09	47,4	1,4±0,06	34,1	1,9±0,05	46,3
№ 8 Ак	3,9±0,21	58,2	4,0±0,25	59,7	3,6±0,18	54,4	3,8±0,22	57,6	3,7±0,17	54,4	3,9±0,22	57,4
№ 8 Ск	1,4±0,08	35,0	1,5±0,18	37,5	1,2±0,05	31,6	1,4±0,25	36,8	1,4±0,06	34,1	1,5±0,18	36,6
№ 1 А	6,7±0,14				6,6±0,18				6,8±0,21			
№ 1 С	4,0±0,09				3,8±0,08				4,1±0,11			

Таблица 6. Содержание обменного магния (мг-экв/100 г почвы) в почвах экосистем породных отвалов ($p < 0,05$)

Участок, горизонт	Весна				Лето				Осень			
	Нерекультивируемые		Рекультивируемые		Нерекультивируемые		Рекультивируемые		Нерекультивируемые		Рекультивируемые	
	M ± m	%	M ± m	%	M ± m	%	M ± m	%	M ± m	%	M ± m	%
№ 3 Ап	1,4±0,03	20,9	1,9±0,05	28,4	1,2±0,04	18,2	1,6±0,07	24,2	1,3±0,08	19,1	1,7±0,06	25,0
№ 3 Сп	0,9±0,02	22,5	1,2±0,03	30,0	0,7±0,02	18,4	1,0±0,05	26,3	0,8±0,04	19,5	1,1±0,08	26,8
№ 3 Аэ	1,4±0,03	20,9	1,7±0,04	25,4	1,2±0,04	18,2	1,5±0,03	22,7	1,3±0,08	19,1	1,5±0,04	22,1
№ 3 Сэ	0,9±0,02	22,5	1,1±0,03	27,5	0,7±0,02	18,4	0,9±0,03	23,7	0,8±0,04	19,5	1,0±0,03	24,4
№ 3 Ак	1,4±0,03	20,9	1,5±0,09	22,4	1,2±0,04	18,2	1,3±0,02	19,7	1,3±0,08	19,1	1,4±0,15	20,6
№ 3 Ск	0,9±0,02	22,5	1,0±0,05	25,0	0,7±0,02	18,4	0,9±0,03	23,7	0,8±0,04	19,5	0,9±0,11	22,0
№ 4 Ап	0,6±0,03	9,0	0,8±0,04	11,9	0,4±0,02	6,1	0,6±0,03	9,1	0,5±0,01	7,4	0,6±0,02	8,8
№ 4 Сп	0,3±0,01	7,5	0,5±0,03	12,5	0,2±0,01	5,3	0,4±0,01	10,5	0,3±0,01	7,3	0,4±0,02	9,8
№ 4 Аэ	0,6±0,03	9,0	0,7±0,01	10,4	0,4±0,02	6,1	0,5±0,02	7,6	0,5±0,01	7,4	0,6±0,03	8,8
№ 4 Сэ	0,3±0,01	7,5	0,4±0,01	10,0	0,2±0,01	5,3	0,3±0,02	7,9	0,3±0,01	7,3	0,4±0,01	9,8
№ 4 Ак	0,6±0,03	9,0	0,6±0,08	9,0	0,4±0,02	6,1	0,4±0,02	6,1	0,5±0,01	7,4	0,5±0,01	7,4
№ 4 Ск	0,3±0,01	7,5	0,3±0,01	7,5	0,2±0,01	5,3	0,2±0,01	5,3	0,3±0,01	7,3	0,3±0,01	7,3
№ 5 Ап	0,5±0,02	7,5	0,7±0,05	10,4	0,3±0,02	4,5	0,6±0,04	9,1	0,3±0,02	4,4	0,5±0,03	7,4
№ 5 Сп	0,2±0,01	5,0	0,3±0,04	7,5	0,2±0,01	5,3	0,3±0,02	7,9	0,1±0,01	2,4	0,2±0,01	4,9
№ 5 Аэ	0,5±0,02	7,5	0,6±0,02	9,0	0,3±0,02	4,5	0,5±0,03	7,6	0,3±0,02	4,4	0,4±0,02	5,9
№ 5 Сэ	0,2±0,01	5,0	0,3±0,03	7,5	0,2±0,01	5,3	0,3±0,01	7,9	0,1±0,01	2,4	0,2±0,01	4,9
№ 5 Ак	0,5±0,02	7,5	0,5±0,02	7,5	0,3±0,02	4,5	0,3±0,02	4,5	0,3±0,02	4,4	0,3±0,02	4,4
№ 5 Ск	0,2±0,01	5,0	0,2±0,01	5,0	0,2±0,01	5,3	0,2±0,01	5,3	0,1±0,01	2,4	0,1±0,01	2,4
№ 6 Ап	0,6±0,02	9,0	0,8±0,03	11,9	0,5±0,03	7,6	0,7±0,04	10,6	0,6±0,04	8,8	0,7±0,03	10,3
№ 6 Сп	0,3±0,04	7,5	0,5±0,05	12,5	0,3±0,01	7,9	0,5±0,02	13,2	0,2±0,01	4,9	0,3±0,01	7,3
№ 6 Аэ	0,6±0,02	9,0	0,7±0,01	10,4	0,5±0,03	7,6	0,6±0,04	9,1	0,6±0,04	8,8	0,6±0,02	8,8
№ 6 Сэ	0,3±0,04	7,5	0,4±0,01	10,0	0,3±0,01	7,9	0,4±0,02	10,5	0,2±0,01	4,9	0,3±0,02	7,3
№ 6 Ак	0,6±0,02	9,0	0,6±0,02	9,0	0,5±0,03	7,6	0,5±0,03	7,6	0,6±0,04	8,8	0,6±0,04	8,8
№ 6 Ск	0,3±0,04	7,5	0,3±0,04	7,5	0,3±0,01	7,9	0,3±0,01	7,9	0,2±0,01	4,9	0,2±0,01	4,9
№ 1 А	6,7±0,14				6,6±0,18				6,8±0,21			
№ 1 С	4,0±0,09				3,8±0,08				4,1±0,11			

лучшим образом проявили себя поликомпонентные сообщества злаков, повышая значения суммы обменных оснований по сравнению с участками с естественным растительным покровом на 16–50 % в гумусо-аккумулятивном и на 33–45 % в нижележащем горизонтах. Показатель суммы обменных оснований в почвах экосистем породных отвалов был существенно ниже как по отношению к контролю, так и к сумме обменных оснований в почвах антропогенно трансформированных экосистем.

В почвах антропогенно трансформированных экосистем содержание обменного кальция снижено и составляет в среднем 32–62 % к контролю. Опытный высев фиторекультивантов с использованием различных групп растений, как и для суммы обменных оснований, оказал влияние на содержание обменного кальция в большей или меньшей мере. Наибольший положительный эффект был достигнут при использовании поликомпонентных смесей. При изучении содержания обменного кальция в почвах экосистем породных отвалов установлено критически низкое его содержание как в ППК, так и по отношению к чернозему (контрольному участку). Это свидетельствует о неудовлетворительных условиях для жизнедеятельности микроорганизмов и функциональной активности почвы. В почвах антропогенно трансформированных экосистем содержание обменного магния составляло в горизонте А 43,3–58,2 %, в горизонте С – 32,5–37,5 % по отношению к контрольным показателям, соответственно. Наименьшие показатели обменного магния в ППК были зафиксированы в субстратах склоновых поверхностей отвалов.

1. *Агрохимия* / под ред. П.М. Смирнова, Э.А. Муравина. М.: Колос, 1984. 304 с.
2. *Андроханов В.А., Курачев В.М.* Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.
3. *Воеводина Л.А.* Кальциевый режим чернозема обыкновенного при капельном орошении минерализованной водой // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2011. N 3(03). С. 1–11.
4. *Куликов Я.К.* Почвенные ресурсы: учебное пособие. Минск: Высшая школа, 2012. 409 с.
5. *Методические рекомендации по морфологическому описанию почв* / сост. А.Г. Дюкарев, Н.Н. Пологова, Л.И. Герасько. Томск: Изд-во СО РАН, 1999. 39 с.
6. *Методы почвенной микробиологии и биохимии* / под. ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
7. *Национальный атлас почв Российской Федерации*. М.: Астрель, 2011. 632 с.
8. *Практикум по агрохимии* / под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
9. *Приседський Ю.Г.* Статистична обробка результатів біологічних експериментів: навчальний посібник. Донецьк: Касіопія, 1999. 210 с.
10. *Розанов Б.Г.* Морфология почв. М.: Изд-во МГУ, 1983. 320 с.
11. *Сыщиков Д.В., Агурова И.В.* Поглощительная способность почв техногенно нарушенных земель как один из показателей инициального этапа почвообразования // Промышленная ботаника. 2020. Вып. 20, N 2. С. 46–51.
12. *Сыщиков Д.В., Агурова И.В.* Особенности формирования потенциальной кислотности почв в условиях антропогенного прессинга // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. Вып. 1–2. С. 95–102.
13. *Сыщиков Д.В., Агурова И.В.* К изучению суммы обменных оснований как одного из индикаторных показателей направленности почвообразовательного процесса в условиях антропогенно трансформированных экосистем // Биоразнообразие и антропогенная трансформация природных экосистем: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции (Балашов, 22–23 апреля 2021 г.). Саратов, 2021. С. 197–204.
14. *Шеуджен А.Х., Бочко Т.Ф., Онищенко Л.М., Бондарева Т.Н., Осипов М.А., Есипенко С.В.* Содержание и формы соединений кальция в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья в условиях агрогенеза // Научный журнал КубГАУ. 2015. N 105(01). С. 1–12.

Поступила в редакцию: 17.01.2022

UDC 631.413.41+631.416.7+631.416.8+58.072

ABSORPTION CAPACITY OF SOILS IN ANTHROPOGENOUS TERRITORIAL COMPLEXES OF THE DONETSK-MAKEYEVKA INDUSTRIAL AGGLOMERATION

I.V. Agurova, D.V. Syshchykov

Public Institution «Donetsk Botanical Garden»

In the soils of anthropogenous transformed ecosystems (monitoring sites № 2, 7, 8), values of total exchangeable bases varied within 33.6–56.9 % in relation to control. The indicator of the sum of exchangeable bases in the soils of rock dump ecosystems (monitoring sites № 3–6) was significantly lower both in relation to control and in relation to the sum of exchangeable bases in the soils of anthropogenous transformed ecosystems. Compared to control, the content of exchangeable calcium and magnesium in soils of all monitoring sites is reduced, which indicates unsatisfactory conditions for the vital activity of microorganisms and functional activity of the soil. Experimental sowing of phytorecultivants has affected the total of exchangeable bases and the content of exchangeable calcium and magnesium in case of sowing of both monospecies and multispecies groups of plants, but the maximum values of these indicators were noted when using polycomponent grass communities.

Key words: absorption capacity, soil, monitoring site, the amount of exchangeable bases, exchangeable calcium, exchangeable magnesium, soil absorption complex

Citation: Agurova I.V., Syshchykov D.V. Absorption capacity of soils in anthropogenous territorial complexes of the Donetsk-Makeyevka industrial agglomeration // *Industrial Botany*. 2022. Vol. 22, N 1. P. 69–80. DOI: 10.5281/zenodo.7199775
