

УДК 631.48

Агрохимические характеристики карьерно-отвальных комплексов с различными субстратами

Дмитракова Я.А., Абакумов Е.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия, dmitrakovay.a@gmail.com

Аннотация: С целью оценки основных агрохимических характеристик почв, формирующихся на карьерно-отвальных комплексах с различными субстратами, было обследовано 8 карьеров строительных материалов. Объекты исследования расположены в Ленинградской, Новгородской и Тульской областях. Среди них 3 известняковых карьера, 3 песчаных, 1 карьер по добыче фосфоритов и 1 по добыче огнеупорных глин. На всех карьерах были выбраны максимально контрастные экотопы, на которых сделаны почвенные прикопки и отобраны образцы почв для анализов. В лабораторных условиях определены реакция рН водной суспензии, содержание органического углерода, подвижные соединения фосфора и калия, обменный аммоний и нитраты. Согласно полученным результатам, содержание элементов минерального питания меняется неравномерно по профилю почв, что является результатом перемешивания грунтов при формировании отвалов и их неоднородном сложении. За исключением слишком низкой реакции рН водной суспензии на отвале пиритосодержащей породы, все рассмотренные характеристики являются благоприятными для развития растительности. На содержание элементов минерального питания и реакцию рН в большей степени может повлиять положение участка в рельефе и применяемая технология рекультивации, чем тип почвообразующей породы. Несмотря на бытующее мнение о бедности грунтов карьерно-отвальных комплексов, содержание некоторых элементов иногда оказывалось более высоким, чем ожидалось для рассматриваемого типа естественных почв.

Ключевые слова: карьеры строительных материалов, элементы минерального питания, рекультивация, сукцессия

Agrochemical characteristics of mining-heap complexes with various substrata

Dmitrakova Y.A., Abakumov E.V.

Saint-Petersburg State University

Russia, dmitrakovay.a@gmail.com

Abstract: With the aim to evaluate of key agrochemical soil characteristics 8 mining-heap complexes were investigated on example of mines for exploitation

building materials. The study sites were located in Leningrad, Novgorod and Tula regions. Objects are presented by 3 limestones, 3 sandy-gravel, 1 phosphorite and 1 fireproof clays mines. All the quarries were presented by maximal diverse ecotopes, where soil pits were created and sampling were conducted. Soil acidity, total organic carbon and available forms of phosphorous, potassium, ammonia and nitrates were determined in the lab.

Data obtained showed that content of nutrients variates within the soil profile depth and this fact illustrate unhomogenety of substrata on heaps. All the ground characteristics are favorable for vegetation development. The only exception was fixed for soil on the pyrite containing ground with extremely acid reaction. The nutrients content and pH values were strongly affected by relief and reclamation technology, at least it was more pronounced than type of parent material. Despite on popular opinion that substrate of mines are usually poor in terms of nutriens content, in our study their content was comparable or even higher that in natural soils.

Key words: quarries of building materials, nutrients, reclamation, succession

Введение Добыча полезных ископаемых, увеличивающая свои темпы с каждым годом, сопровождается полным уничтожением почвенно-растительного покрова. В ходе горных работ на дневную поверхность выносятся огромное количество вскрышных пород, часто не типичных для данного региона. Образуются новые техногенные ландшафты, со специфичным рельефом, обусловленным технологией добычи. Восстановление экосистем на сформированных карьерно-отвальных комплексах идет крайне медленно. Механическое снятие верхних слоев, перемешивание пород и складирование их в отвалы приводят к формированию грунта с крайне сложной и не однородной структурой и строением (Андроханов и др., 2004). Субстрат карьерно-отвальных комплексов характеризуются отсутствием закономерностей изменения физических свойств. В результате, субстрат техногенных местообитаний значительно отличается от прилегающих естественных ландшафтов. По мнению некоторых авторов, практически все отработанные карьеры характеризуются отсутствием органического вещества в субстрате, низким плодородием почв (Bradshaw and Chadwick, 1980). Слишком низкие значения pH типичны для пиритосодержащих субстратов, а также отвалов фосфоритов, такие карьеры не способны к самовосстановлению без помощи рекультивации из-за высокой токсичности.

Согласно литературным данным скорость формирования почвы протекает в разных регионах Земли со скоростью 0,5—2 см в 100 лет (Бурыкин, 1985; Гогатишвили, 1978). Какие факторы оказывают ведущее воздействие на направление сукцессии и определяют скорость почвообразования – до сих пор открытый вопрос (Наумов и Наумова, 1993). Решающее значение в вопросе будет ли освоен образовавшийся субстрат,

имеет коренная порода и определяемые ею агрохимические и агрофизические свойства. Недостаток питательных веществ в почве может сильно тормозить процессы зарастания. Каждый из биогенных элементов играет важную физиологическую роль, при недостатке одного из них растения прекращают рост, заболевают и гибнут, нужно отметить, что при выращивании в разных условиях потребность в каждом питательном элементе не одинакова. Наибольшее внимание при выращивании сельскохозяйственных культур уделяют содержанию азота, фосфора и калия (Никитишен, 1984). Целью данного исследования являлась оценка основных агрохимических характеристик карьерно-отвальных комплексов с различными субстратами.

Материал и методы исследования Исследование проводили на территории восьми карьерно-отвальных комплексов с различными отвальными субстратами (рис. 1). Из них 5 расположены на территории Ленинградской области: 2 известняковых карьера в поселках Елизаветино и Печурки, карьер по добыче фосфоритов близ города Кингисепп, 2 песчаных карьера в населенных пунктах Малукса и Колтуши. Еще 1 песчаный карьер расположен близ города Окуловка Новгородской области, в этом же районе, в Устье-Брынкино находится карьер по добыче огнеупорных глин. В Тульской области в поселке Ново-Гурово расположен карьер по добыче известняка. Карьеры в пп. Елизаветино, Малукса и г. Окуловке были заброшены и оставлены под самозарастание. Остальные карьеры были целиком или частично рекультивированы, характеристика участков исследования приведена в таблице 1. Для закладки площадок выбирали максимально контрастные экотопы, на каждом участке были сделаны почвенные прикопки, проведены описания и отобраны образцы почв для анализов.

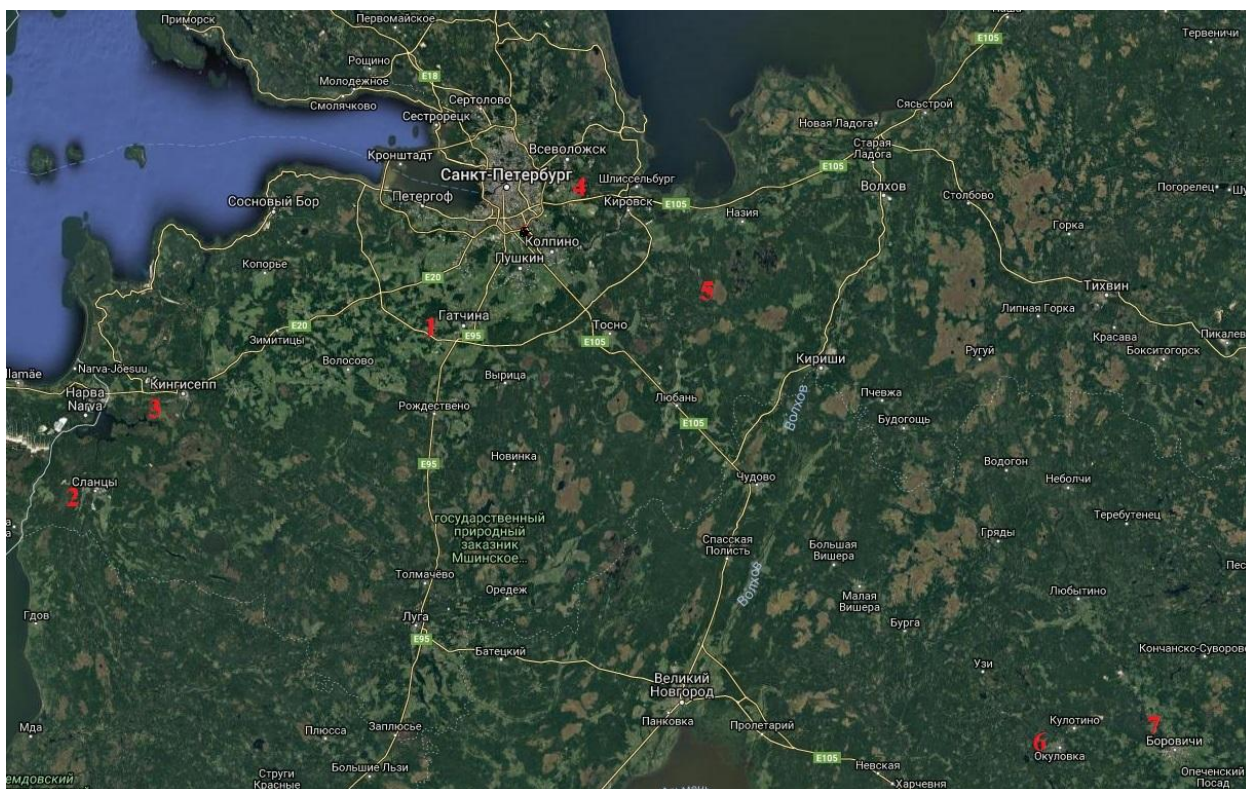


Рисунок 1. Месторасположение объектов исследований в Ленинградской и Новгородской областях

Примечание: 1 – карьер по добыче известняка (Елизаветино); 2 – карьер по добыче известняка (Печурки); 3 – месторождение фосфоритов в Кингисеппском районе; 4 – карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Колтуши); 5 – карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Малукса); 6 – карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Окуловка); 7 – карьер по добыче огнеупорных глин (Устье-Брынкино).

Таблица 1 – Краткая характеристика участков исследования

№ участка	Особенности участка
Карьер по добыче известняка (Елизаветино, Ленинградская область)	
1	Самозарастающее плотное днище, покрытое травянистым сообществом
2	Самозарастающий отвал отсева с зарослями ивы
3	Террасированная щебнистая поверхность, занятая мелколиственным лесом
Карьер по добыче известняка (Печурки, Ленинградская область)	
1	Рекультивированный террасированный участок, под сосняком
2	Самозарастающее скальное днище карьера, покрытое мхами

3	Самозарастающий отвал, под мелколиственным лесом
Карьер по добыче фосфоритов (Кингисеппский район, Ленинградская область)	
1	Рекультивированный участок под елью
2	Рекультивированный участок под лиственницей
3	Рекультивированный участок под сосной
Карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Колтуши, Ленинградская область)	
1	Самозарастающий отвал органического субстрата, используемого для горно-технической рекультивации
2	Рекультивированное днище под мелколиственным лесом
3	Террасированная поверхность, проведена биологическая рекультивация травами
4	Самозарастающий отвал органического субстрата с большим количеством строительного мусора, используемый для рекультивации
Карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Малукса, Ленинградская область)	
1	Самозарастающий отвал, лишенный растительности
2	Самозарастающий террасированный участок, с разреженным растительным покровом
3	Самозарастающий террасированный участок, под сосняком
4	Самозарастающий террасированный участок, под сосняком кустарниково-зеленомошным
5	Фоновый, не тронутый участок под сосняком зеленомошным
Карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Окуловка, Новгородская область)	
1	Самозарастающий трансэлювиально-аккумулятивный экотоп, покрытый сосняком
2	Самозарастающее днище, покрытое сосняком
Карьер по добыче огнеупорных глин (Устье-Брынкино, Новгородская область)	
1	Трансэлювиально-аккумулятивный экотоп, биологическая рекультивация травами
2	Отвал, прошедший горнотехническую рекультивацию, покрытый мелколиственным лесом
3	Не рекультивированный отвал пиритосодержащей породы
Карьер по добыче известняка (Новогуровский, Тульская область)	

1	Самозарастающая терраса, с разреженным растительным покровом
2	Самозарастающая терраса, под луговым сообществом
3	Рекультивированная терраса, под луговым сообществом

Поскольку возможность для прорастания семян и поселения растений в первую очередь определяет верхний слой субстрата, содержание питательных веществ оценивали именно в этих горизонтах. Исключением является песчаный карьер в Малуксе, здесь оценку произвели по всему почвенному профилю, также для сравнения был обследован фоновый участок естественных почв. Во всех отобранных образцах были определены содержание органического углерода бихроматной окисляемости – методом И. В. Тюрина, рН водной вытяжки (1:2,5). Определение подвижных соединений фосфора и калия проводили по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011), обменный аммоний определяли согласно методу ЦИНАО (ГОСТ 26489-85), нитраты были определены ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86).

Результаты исследования и обсуждение. Практически на всех карьерах отвальные субстраты характеризуется слабокислыми значениями рН водной вытяжки, что оптимально для развития большинства видов растений (табл. 2). Исключением оказался отвал пиритосодержащей породы карьера по добыче огнеупорных глин, здесь процессы самозарастания невозможны вследствие высокой токсичности и низких значений рН (2,1) субстрата. На песчаном карьере в Малуксе со временем, в процессе накопления органических кислот и подзолообразования, также снижаются значения рН в горизонте Е до 3,5, однако это не сказывается на развитии растительности.

Таблица 2 – Основные агрохимические показатели почв, формирующихся на карьерах, с различными субстратами

Горизонт	Глубина, см	pH _{водн.}	C %	P ₂ O ₅ (мг/кг)	K ₂ O _(мг/кг)	N-NH ₄ _(мг/кг)	N-NO ₃ (мг/кг)
Песчаный карьер Малукса, 1-2 летний псамозем (площадка 1)							
C	0-5	6,43	0,23	167,6	10,1	8,87	0,02
C	5-10	5,60	0,29	141,0	11,2	5,75	0,02
C	10-20	4,15	-	152,8	9,4	10,20	0,24
C	20-30	4,70	0,33	152,4	11,1	5,81	0,02
Песчаный карьер Малукса, 15-20 летний псамозем серогумусовый (площадка 2)							
(o)	0-0,5	6,50	2,430	172,2	27,5	10,50	0,27
AУ	0,5-4	6,10	0,931	227,1	16,2	9,50	0,03
BF	4-10	6,25	1,330	228,8	21,1	8,31	0,02
C	10+	6,32	1,798	162,5	20,1	6,75	0,02
Песчаный карьер Малукса, 25-30 летний эмбриоподзол (площадка 3)							
(e)	3-4	4,36	0,650	88,2	45,4	17,60	0,18
BF	4-20	6,33	0,348	66,3	18,7	8,75	0,02
BC	20-50	6,71	0,101	76,8	12,6	10,60	0,27
C	50+	5,10	0,275	48,6	62,9	7,12	0,02
Песчаный карьер Малукса, 70 летний подзол (площадка 4)							
E	9-10	3,50	3,933	22,80	60,8	16,40	0,12
BHF	10-25	4,10	1,521	52,34	17,5	15,30	0,33
BC	25-45	5,91	0,150	79,40	14,5	17,20	0,04
C	45+	5,51	0,107	117,80	9,6	8,75	0,05
Песчаный карьер Малукса, Подзол не нарушенного сообщества (площадка 5)							
E	2-4	4,73	2,183	49,8	59,8	23,10	0,10
BF	4-50	5,57	0,185	175,2	7,9	9,50	0,01
BC	50-70	6,71	0,054	99,6	6,4	6,56	0,01
Песчаный карьер Окуловка, 25 летний серогумусовый псамозем (площадка 1)							

A	0,5-3	6,3	11,2	389,2	73,5	34,4	0,01
Песчаный карьер Окуловка, 15 летний псамозем стратифицированный (точка 2)							
RY	0-2	6,0	14,7	5,79	78,3	6,81	0,01
Песчаный карьер Колтуши, Органострат (1 площадка)							
A	0-5	5	22,5	66,8	12,7	70,8	0,02
Песчаный карьер Колтуши, реплантазем органогенный супесчаный (2 площадка)							
AУ	0,5-10	5,2	26,4	63,3	90,5	51,6	2,32
Песчаный карьер Колтуши, реплантазем органогенный супесчаный (3 площадка)							
AУ	0-12	5	18,9	168,9	85,9	11,2	0,30
Песчаный карьер Колтуши, органолитострат (4 площадка)							
A	0-5	4,8	7,6	144,8	242,6	14,6	0,01
Месторождение фосфоритов (Кингисепп) 35 летний реплантозем на торфяно-минеральной смеси (1 площадка)							
AУ	3-18	6,5	2,0	2043,5	338,3	31,1	0,24
Месторождение фосфоритов (Кингисепп) 30 летний реплантозем на минеральной породе (2 площадка)							
AУ	1-18	7,6	2,4	4198,5	242,7	27,2	0,82
Месторождение фосфоритов (Кингисепп) 26 летний реплантозем на минеральной породе (3 площадка)							
AУ	1-10	7,2	1,9	1731,5	214,7	27,4	0,37
Известняковый карьер Печурки, 56 летний реплантозем серогумусовый (10 площадка)							
AУ	0-18	6,50	12,64	7,13	142,2	28,1	0,62
Известняковый карьер Печурки, 29 летний петрозем (11 площадка)							
AC	0-3	6,00	16,00	2,23	137,7	25,3	6,65
Известняковый карьер Печурки, 46 летний серогумусовый эмбриозем (12 площадка)							
AУ	0-25	6,15	17,68	193,9	293,3	31,4	2,85
Известняковый карьер Елизаветино, 45 летний серогумусовый литозем (1 площадка)							
AC	0-6	7,60	1,96	92,7	103,9	17,2	0,50
Известняковый карьер Елизаветино, 25 летняя рендзина (2 площадка)							
AC	1-7	7,90	1,72	52,6	154,1	22,2	0,66
Известняковый карьер Елизаветино, 50 летняя рендзина (3 площадка)							
AC	0-18	7,00	1,98	210,4	196,3	17,3	2,83
Известняковый карьер Гурово, 1 летний эмбриозем (1 площадка)							
C	0-5	7,6	0,85	77,6	195,6	13,3	0,33
Известняковый карьер Гурово, 4 летний эмбриозем (2 площадка)							
C	0-5	7,7	1,98	6,24	133,2	11,1	0,64
Известняковый карьер Гурово, 25 летний эмбриозем (3 площадка)							
AУ	0-1	7,6	3,60	2,23	171,9	9,31	2,55
Карьер по добыче огнеупорных глин Устье-Брынкино, реплантозем серогумусовый (1 площадка)							
AУ	0-4	7,60	2,10	187,2	314,5	21,5	1,14
Карьер по добыче огнеупорных глин Устье-Брынкино, реплантозем серогумусовый (2 площадка)							
AУ	0-4	5,80	2,05	70,7	234,9	20,8	2,04
Карьер по добыче огнеупорных глин Устье-Брынкино, токсихемолитозем (3 площадка)							

С	0-5	2,20	1,62	1,34	24,1	48,8	0,05
---	-----	------	------	------	------	------	------

Одним из крайне важных элементов, влияющих на жизнь растений, является фосфор (Р). Почти все почвы России обеспечены этим элементом обеспечены хуже, чем азотом и калием (Минеев, 2006). Поскольку естественных источников пополнения запасов Р нет (Минеев, 1984), нарушение баланса на техногенных местообитаниях может значительно замедлить процессы зарастания. Принято считать (Акопов, 1987), что верхние слои почвы содержат значительно больше P_2O_5 , накапливаемомся в зоне отмирания и трансформации массы корневой фитомассы. Согласно полученным результатам, содержание фосфора далеко не всегда максимально в верхнем горизонте. Нужно отметить, что измерения содержания этого элемента по всему профилю почв были выполнены только на Малуксинском месторождении флювиогляциальных песков. Изменение содержания P_2O_5 по профилю почв было неравномерно на всех площадках. Интересно, что данное явление вряд ли может быть объяснено неоднородностью сложения отвалов, поскольку на фоновом участке максимальное содержание P_2O_5 приходится на горизонт ВФ. Содержание P_2O_5 в первые годы зарастания варьирует от 141 до 167,6 мг/кг, к 15—20 годам концентрация несколько увеличивается (162,5—228,8 мг/кг). К 25—30 годам зарастания содержание фосфатов падает: на 3, 4 и 5 площадках оно изменяется от 22,8 мг/кг в горизонте Е до 175,2 мг/кг в горизонте ВФ. Согласно более чем 100 летним наблюдениям Ротамстедской опытной станции в Англии соли фосфорной кислоты практически не вымываются из тяжелых почв, в легких почвах они также теряются в незначительных концентрациях (Минеев, 2006). Снижение концентрации со временем на карьере может быть вызвано выносом фосфора растениями, поскольку вследствие слабой подвижности, в почве практически отсутствуют естественные пути потерь Р.

Как предполагалось, максимальное содержание фосфора характерно для почв, сформировавшихся на отвалах карьера по добыче фосфоритов. Значения варьируют от 4198,5 до 1731,5 мг/кг, разница между величинами – почти 2,5 раз. Минимальное содержание P_2O_5 соответствует не рекультивированному участку на карьере по добыче огнеупорных глин, значение составляет 1,34 мг/кг, это в 140 раз меньше, чем на карьере по добыче фосфоритов.

Нужно отметить, что помимо очевидного превышения содержания фосфора на карьере по добыче фосфоритов, по сравнению с другими карьерами, других закономерностей в содержании P_2O_5 выделить не удастся. В зависимости от участка и способа рекультивации содержание P_2O_5 на территории одного карьера изменяется сильнее чем на карьерах с различными субстратами. Таким образом, можно сделать вывод, что неравномерность сложения отвалов карьеров и способ рекультивации могут

влиять на агрохимические параметры почв сильнее, чем тип субстрата. Ситуация осложняется и тем, что содержание гумуса и гранулометрический состав в значительной мере определяют содержание фосфора в почве: в более легких почвах, с меньшим содержанием гумуса запасов фосфора меньше, чем в тяжелых почвах. Необходимо отметить, что исследовалась фосфатная емкость почв, а не фосфатный уровень, который динамично меняется при усвоении элемента растениями (Минеев, 2006).

Почвы, характеризующиеся песчаным гранулометрическим составом, как правило, содержат небольшое количество калия (от 3,5 до 7 мг/кг), в отличие от глинистых почв, где К входит в состав минералов (Минеев, 2006). Исключение могут составлять пески, богатые калий-натриевыми полевыми шпатами. Согласно нашим результатам, максимальным содержанием калия характеризуются карьер по добыче огнеупорных глин и месторождение фосфоритов (214,7—338,3 мг/кг). На втором месте по содержанию K_2O находятся известняковые карьеры (103,9—293,3 мг/кг). Минимальным содержанием характеризуются песчаные карьеры. Нужно отметить, что из данного правила имеется 2 исключения. На нерекультивированном участке карьера по добыче огнеупорных глин содержание K_2O составляет всего 24,1 мг/кг против 234,9—314,5 мг/кг на других участках. А на отвале органического субстрата, используемого для рекультивации песчаного карьера Колтуши, значение составляет 242,6 мг/кг, тогда, как среднее содержание калия для субстратов песчаных карьеров составляет 27,6 мг/кг.

В образцах почв Малуксинского месторождения содержание K_2O варьирует от 6,4 мг/кг в горизонте ВС ненарушенной почвы до 62,9 мг/кг в горизонте С 25—30 летнего эмбриопodzола. На более ранних этапах зарастания динамика изменения этого показателя выражается слабо. К 70 годам зарастания и на фоновом участке содержание K_2O снижается вниз по профилю, что может быть связано с возвращением калия от органических остатков и накоплением его в верхних слоях.

Минимальное содержание иона аммонийного азота отмечено на Малуксинском песчаном карьере и составляет 5,75 мг/кг, максимальное (70,9 мг/кг) – на органическом субстрате песчаного карьера в Колтушах. На песчаных карьерах содержание аммонийного азота значительно варьирует на разных участках, в аналогичных горизонтах одного карьера кратность различий достигает 6. На Малуксинском месторождении содержание иона аммония варьирует от 5,75 мг/кг в горизонте С первой площадки, до 23,1 мг/кг в горизонте Е ненарушенного сообщества, где лучше идут процессы разложения органического вещества. Сложно выделить тенденции изменения этого показателя с глубиной. С возрастом концентрация $N-NH_4$ не изменяется или слегка увеличивается. На остальных карьерах, значения варьируют в более узких пределах. На карьере по добыче фосфоритов и известняковом карьере в Печурках от 25,3 мг/кг до 31,4 мг/кг. Несколько меньше содержание $N-NH_4$ на Елизаветинском известняковом карьере (17,2

—22,2 мг/кг). На известняковом карьере в Гурово значения варьируют от 9,31 до 13,3 мг/кг. При этом, нужно отметить, что содержание аммонийного и нитратного азота очень динамично и зависит от микробиологической деятельности.

Содержание нитратов характеризует обеспеченность почв минеральным азотом. Значения этого показателя значительно ниже, чем N-NH₄ и варьируют в более узком диапазоне от 0,01 до 6,65 мг/кг. Низкая концентрация может быть объяснена высокой подвижностью элемента и его миграцией с осадками. Сложно выделить какие-либо тенденции, однако в среднем на песчаных карьерах значения несколько ниже (0,17 мг/кг). Максимальное содержание N-NO₃ зафиксировано на плоском, скальном днище, со скудным растительным покровом известнякового карьера Печурки.

Заключение Результаты исследования свидетельствует о том, что содержание элементов минерального питания не являются лимитирующими факторами для восстановления растительности. Слишком низкие значения рН на карьере по добыче огнеупорных глин, препятствуют поселению растений в связи с чем пиритосодержащие породы отвалов необходимо рекультивировать. Содержание элементов минерального питания иногда оказывалось большим, чем ожидалось согласно общепринятым представлениям о содержании того или иного вещества в рассматриваемом типе почв. На агрохимическое состояние участков в большей степени влияние может оказывать способ рекультивации и положение участка в рельефе, чем тип почвообразующей породы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ №17-16-01030.

Список литературы

1. Акопов М.Н. Сельскохозяйственная рекультивация земель, нарушенных при добыче фосфоритов (на примере Егорьевского месторождения): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Воронеж, 1987. – 21 с.
2. Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 151 с.
3. Бурыкин А.М. Темпы почвообразования в техногенных ландшафтах в связи с их рекультивацией // Почвоведение, 1985. № 2. – С. 81–93.

4. Гогатишвили А.Д. Особенности методики рекультивации земель в горных условиях // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М.: Наука, 1978. – С. 148–158.
5. Минеев В.Г. Агрохимия и биосфера. М., 1984. – 245 с.
6. Минеев В.Г. Агрохимия. М.: издательство МГУ. 2006. – 719 с
7. Наумов А.В., Наумова Е.Н. Разложение корневой растительной массы в “молодых” почвах КАТЭЖа // Почвоведение. 1993. № 5. – С. 47–55.
8. Никитишен В.Н. Агрохимические основы эффективного применения удобрений в интенсивном земледелии. М., 1984. – 214 с.
9. Bradshaw A. D., Chadwick J. The restoration of land. Blackwell, Oxford, United Kingdom., 1980. – 317 с.

References

1. Akopov M.N. Sel'skohozjajstvennaja rekul'tivacija zemel', narushennyh pri dobyche fosforitov (na primere Egor'evskogo mestorozhdenija): dis. kand. s.-h. nauk / M.N. Akopov. – Voronezh, 1987. – 21 s.
2. Androhanov V.A., Kuljapina E.D., Kurachev V.M. Pochvy tehnogennyh landshaftov: genezis i jevoljucija. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2004. – 151 s.
3. Burykin A.M. Tempy pochvoobrazovaniya v tehno-gennyh landshaftah v svjazi s ih rekul'tivaciej // Pochvovedenie. 1985. № 2. – S. 81–93.
4. Gogatishvili A.D. Osobennosti metodiki rekul' tivacii zemel' v gornyh uslovijah // Programma i metodika izuchenija tehnogennyh biogeocenzov. M.: Nauka, 1978. – S. 148–158.
5. Mineev V.G. Agrohimiya i biosfera. M., 1984 – 245 s.
6. Mineev V.G. Agrohimiya. M.: izdatel'stvo MGU. 2006. 719 S.
7. Naumov A.V., Naumova E.N. Razlozhenie kornevoj rastitel'noj massy v “molodyh” pochvah KATJeKa // Pochvovedenie. 1993. № 5. – S. 47–55.
8. Nikitishen V.N. Agrohimicheskie osnovy jeffektivnogo primenenija udobrenij v intensivnom zemledelii. M., 1984. – 214 s.

9. Bradshaw A. D., Chadwick J., 1980. The restoration of land. Blackwell, Oxford, United Kingdom. – 317 s.