

Влияние многокомпонентных травянистых культур фитоценозов на миграцию доступных форм азота в эдафотопях техногенно нарушенных земель

Д.В. Сыщиков, И.В. Агурова

ГУ «Донецкий ботанический сад», пр. Ильича, 110, Украина
эл. почта 2007dmitry@rambler.ru

(Получено в апреле 2020 г.; отдано в печать в мае 2020 г.; доступ в интернете с 11 мая 2020 г.)

Аннотация

В статье приводятся данные относительно влияния травянистых культур фитоценозов на содержание доступных форм азота в эдафотопях нарушенных земель. Для форм азота отмечен различный характер изменения их концентрации: от отсутствия сезонных колебаний для аммонийного, снижения – для нитритного при увеличении длительности исследований, до параболического изменения с минимумом в летний период для нитратного азота.

Ключевые слова: фиторекультивация, аммонийный азот, нитритный азот, нитратный азот, мониторинговый участок.

Abstract

The article provides data on the effect of herbaceous phytocenoses on the content of accessible forms of nitrogen in edaphotopes of disturbed lands. For the forms of soil nitrogen, a different pace of the concentration change was noted: from the absence of seasonal fluctuations for ammonium, a decrease - in nitrite with an increase in the duration of studies to a parabolic change with a minimum in summer for nitrate nitrogen.

Key words: Phytoremediation, ammonia nitrogen, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, monitoring site

Введение

Уровень антропогенной нагрузки в мире на сегодняшний день достиг критически высоких величин. В последние десятилетия в мире наблюдается значительный рост уровня и объемов различных типов промышленности, что в свою очередь влечет за собой негативные последствия, начиная от загрязнения окружающей среды химическими веществами и заканчивая превращением природных ландшафтов в техногенные. Постепенно техногенные ландшафты вытесняют природные, а количество последних с каждым годом катастрофически уменьшается.

Если природный ландшафт относится к естественно-историческому образованию, сформированному под действием факторов географической среды, то техногенному ландшафту присуща предельная степень нарушенности взаимосвязей этих факторов. Одними из распространенных в мире ландшафтов являются отвально-карьерные комплексы, образовавшиеся при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. В процессе нарушения почвенного и растительного покровов природные ландшафты постепенно заменяются и вытесняются техногенными (Андроханов, 2005).

Часто карьерно-отвальные комплексы располагаются вблизи населенных пунктов, оказывая негативное влияние на здоровье людей и на состояние растительного покрова. В своем развитии техногенный ландшафт проходит две стадии развития – техногенного формирования и посттехногенного. Если на первом этапе закладывается каркасная основа ландшафта, рельеф, состав и свойства пород, то на этапе посттехногенного развития каркасная основа трансформируется и превращается со временем в ландшафт, который становится неотъемлемым элементом естественного рельефа (Богородская и др., 2014). Время, которое понадобится для превращения техногенного ландшафта в природный, может быть различно, составляя десятки и сотни лет. Для ускорения процессов восстановления техногенных ландшафтов во всем мире предпочтение отдают комплексу рекультивационных

мер, основное функциональное предназначение которых состоит в создании оптимальных условий почвообразования и формирования устойчивых фитоценозов (Андроханов, 2005).

Изучение основных физических и химических свойств эдафотопов техногенно трансформированных земель даст возможность наметить пути восстановления деградированных почв и формирования новых экосистем на техногенно нарушенных территориях.

Целью нашей работы была оценка влияния многокомпонентных травянистых культурфитоценозов на содержание различных форм (доступных для растений) азота в эдафотопах антропогенно трансформированных экосистем.

Методы исследований

Для исследования почвенного покрова деградированных экосистем были выбраны модельные участки, с учетом ряда факторов, таких 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 рекультивационных мероприятий. Для оценки влияния травянистых культурфитоценозов, на протекание почвообразовательных процессов в эдафотопах антропогенно трансформированных экосистем на мониторинговых участках №№ 2-4 был проведен высеv семян растений семейства Poaceae.

Мониторинговый участок № 6. Территория, прилегающая к южной части отвала шахты № 12 «Наклонная» (Пролетарский район г. Донецк). Общее проективное покрытие растений составляет 95-100%. В растительном покрове 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 echioides* (Lumn.) F. Schult. & Sch. Bip. Из эфемеров отмечены такие виды: довольно много *Holosteum umbellatum* L. и рассеянно *Lepidium perfoliatum* L.

Разрез № 6. Чернозем обыкновенный средне гумусированный.

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

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

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

P – 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 карьер по добыче строительного камня (балка Калиновая, Горняцкий район, г. Макеевка). Растительный покров с высокой мозаичностью, имеются пятна как сорно-рудеральных видов, так и видов степного ценоэлемента. ОПП (за вычетом поверхности крупнообломочного камня) 70-80%. 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 pensylvanica* Marsh., *Rosa* sp.

Разрез № 2-к. Примитивные неразвитые почвы на песчанике.

Н – 0-5 см. Черный, густо пронизан корнями растений. Структура мелкопорошистая, агрегаты 2 мм диаметром. Переход в горизонт Р четкий по цвету, структуре и плотности. Отмечаются ходы зоогенной природы, выцветы солей (розоватые). Каменность – 5%.

Р – Светло-коричневый, продукты метаморфизации песчаников. Каменность – 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 отвала шахты им. Ленина (Горняцкий район, г. Макеевка). Общее проективное покрытие составляет 50-60%, имеются незаросшие прогалины, доминирование отдельных видов не выражено, из древесных растений, кроме рекультиванта *Robinia pseudoacacia* L. На этом участке есть самосев *Fraxinus pensylvanica* Marsh, *Acer negundo* L., *Ulmus pumila* L., *Juglans regia* L.

Разрез № 3-о-п. Примитивные седиментационные неразвитые почвы.

Н – 0-10 см. Коричневый, относительно уплотненный, мелкозернистый, суховатый. Каменность – 5%. Густо пронизан корнями растений.

Р – Темно-серый, метаморфизированный сланец, пластинчатый, сухой, пронизан корнями растений. Каменность – 30%. Прослежен до глубины 30 см.

Мониторинговый участок № 4. Склон отвала шахты им. Ленина южной экспозиции (Горняцкий район, г. Макеевка). В средней части склона угол поверхности составляет около 30°, поэтому ОПП достигает только 20-30%, доминирует *Echium vulgare*, также представлены *Picris hieracioides* L., *Senecio vernalis* Waldst. & Kit., *Linaria maeotica* Klokov, *Reseda lutea* L., *Oberna behen* (L.) Ikonn., из древесных растений в окружении участка и единично на пробной площади встречаются *Robinia pseudoacacia* L., *Acer negundo* L., *Juglans regia* L.

Разрез № 4-о-с. Субстрат с признаками почвообразования.

Нэ – 0-15 см. Коричневый, рыхлый, мелкозернистый, суховатый. Каменность – 5%. Переход в горизонт Р – постепенный, по цвету – затеками.

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

Описание почвенных разрезов проводили по И.И. Назаренко (2004) и Н.И. Полупану (2005). Отбор почвенных образцов проводили по почвенным горизонтам (Методы..., 1991).

Концентрация аммонийного азота (обменного аммония) определялась колориметрически с реактивом Несслера (Практикум, 2001). Содержание нитритного азота по взаимодействию с альфа-нафтиламином и сульфаниловой кислотой (Практикум, 2001), нитратного – по методу Грандваль-Ляжу (Практикум, 2001).

Результаты и обсуждение

Азот – основной элемент питания для всех без исключения живых организмов, содержание в почве определяет уровень ее плодородия. Аккумуляция азота в горных породах является индикатором начавшегося почвообразования (Махонина, 1990).

По мнению И.В. Тюрина, существенной чертой почвообразования является ассимиляция и круговорот азота, а характерным признаком почв – аккумуляция азота в гумусовых веществах (Тюрин, 1965). Скорость азотонакопления влияет и на накопления гумуса, соответственно проведение исследований, касающихся определения запасов азота в эдафотобах техногенно нарушенных земель, может служить мерой оценки потенциального плодородия почв.

Основное количество почвенного азота находится в органическом веществе почвы. Азот органического вещества в общем виде недоступен для растений, в связи с чем об

обеспеченности растений азотом судят по содержанию в почве минеральных форм азота. В связи с этим считаем целесообразным определение минеральных форм азота, которые влияют на скорость почвообразовательного процесса и в дальнейшем – на формирование устойчивых фитоценозов.

Именно органическое вещество является природным резервуаром, доставляющим растениям минеральный азот. Так, в результате жизнедеятельности микроорганизмов, происходит аммонификация веществ органической природы, а аммоний при этом нитрифицируется.

Особенности восстановления почвенного покрова и скорость его эволюции в техногенных экосистемах определяются спецификой процессов накопления органического вещества и азота в доступных для растений формах. В процессах трансформации растительных остатков и образования гумусовых веществ первоначальную роль играют почвенные микроорганизмы, а в свою очередь активность микрофлоры во многом определяет морфологию почвенного профиля, физико-химические свойства почвы, интенсивность ее биохимических процессов и скорость круговорота веществ (Курачев и др., 2002).

Наличие валового азота в почве еще не указывает на обеспеченность растений этим элементом – важным является его состав, что определяет необходимость изучения содержания минеральных форм азота (аммонийный азот, нитритный азот, нитратный азот), непосредственно доступных для растений. В связи с этим не является целесообразным, по нашему мнению, изучение общего валового содержания азота, поэтому в своих исследованиях мы концентрируем внимание на изучении вышеупомянутых доступных форм азота.

При изучении содержания обменного аммония в весенний период исследований в гумусо-аккумулятивном горизонте нерекультивируемых мониторинговых участков зафиксирован его низкий уровень, не превышающий 51% по отношению к зональной почве (табл. 1).

Таблица 1. Содержание обменного аммония (мг N-NH₄/100 г почвы) в технозомах мониторинговых участков
Table 1. The content of ammonia nitrogen (mg N-NH₄ / 100 g of soil) in the technozems of monitoring sites

Участок	Весна		Лето		Осень	
	Нерекультивируемые	Рекультивируемые	Нерекультивируемые	Рекультивируемые	Нерекультивируемые	Рекультивируемые
№ 2 Н	2,76±0,09*	3,55±0,07*	2,84±0,11*	6,03±0,14*	3,02±0,14*	6,18±0,12*
№ 2 Р	4,06±0,12*	5,47±0,38*	4,02±0,17*	6,72±0,15*	4,31±0,18*	6,83±0,13*
№ 3 Н	1,43±0,05*	2,04±0,6*	1,48±0,07*	2,9±0,07*	1,64±0,05*	2,69±0,26*
№ 3 Р	2,61±0,11*	3,29±0,15*	2,57±0,09*	4,46±0,13*	2,77±0,09*	4,37±0,23*
№ 4 Н	0,97±0,04*	1,31±0,07*	1,01±0,03*	2,08±0,07*	1,14±0,03*	2,13±0,43*
№ 4 Р	1,14±0,08	1,66±0,11*	1,19±0,04	2,28±0,14*	1,32±0,04	2,81±0,18*
№ 6 Н	5,44±0,21		5,15±0,2		5,27±0,36	
№ 6 Р	1,18±0,08		1,2±0,06		1,28±0,12	

Примечание. * – различия статистически достоверны при $p < 0,05$

Note. * - differences are statistically significant at $p < 0.05$

Наряду с этим, для более глубоких почвенных слоев характер аккумуляции данной формы азота имел несколько иной вид. Так, в субстрате с признаками почвообразования (участок №4) концентрация аммонийного азота статистически достоверно не отличалась от контрольных показателей, а в примитивных седиментационных неразвитых почвах и в примитивных неразвитых почвах на песчанике возросла в 2,2 и 3,4 раза соответственно. В условиях техногенных экотопов корневые системы растений, как правило, сосредоточены в верхних горизонтах, поэтому именно там происходит усиленное поглощение аммонийного азота, в нижних же горизонтах происходит его постепенное накопление.

Высев на мониторинговых участках растений семейства Роасеае привел к увеличению содержания азота аммонийных соединений в генетических горизонтах почв по сравнению с нерекультивируемыми участками (на 26-43%). (табл.1). Наивысшей степенью обеспеченности обменным аммонием характеризовались примитивные неразвитые почвы на песчанике.

При увеличении длительности мониторинговых исследований (в летний период исследований) ни в зональной почве, ни в почве нерекультивируемых мониторинговых участков не отмечено статистически достоверных различий концентрации аммонийного азота по сравнению с предыдущим периодом. Также неизменным остался и характер его распределения как по участкам, так и по генетическим горизонтам. Проведение фиторекультивационных мероприятий позитивно сказалось на содержании обменного аммония, что выразалось не только в возрастании его значений по сравнению с нерекультивируемыми участками (в среднем двукратное повышение в гумусо-аккумулятивном горизонте и на 70-90% в материнской породе), но и с превышением уровня, зафиксированного при весеннем отборе проб. Так, если в гумусо-аккумулятивном горизонте почв отвала концентрация азота аммонийных соединений составляла 40-55% от контрольного уровня (18-26% весной), то для примитивных неразвитых почв на песчанике достигала значений зональной почвы (50,7% весной). Аналогичный характер распределения отмечен и для более глубоких почвенных слоев (табл. 1).

Осенью, также как и в предыдущие периоды исследований, не отмечено колебаний концентрации обменного аммония в почвах участков с естественной растительностью и в черноземе обыкновенном. Степень выраженности позитивного эффекта рекультивации на содержание аммонийного азота (возрастание на 58-113% по сравнению с нерекультивируемыми участками) также осталась неизменной. Возрастание содержания обменного аммония в летний и осенний периоды можно объяснить увеличением численности аммонификаторов, деятельность которых активизируется с поступлением свежего растительного опада, являющегося хорошим энергетическим материалом. Именно амонификаторы активно преобразуют недоступные формы азота гумуса в доступные, что и отражается на незначительном повышении его количества в сезонной динамике.

При изучении содержания нитритного азота как составной части минерального азота установлено, что наибольшее количество этой формы весной было приурочено к верхним генетическим горизонтам мониторинговых участков (табл.2).

Таблица 2. Содержание нитритного азота (мг N-NO₂/100 г почвы) в техноземах мониторинговых участков
Table 2. The content of nitrite nitrogen (mg N-NH₄ / 100 g of soil) in the technozems of monitoring sites

Участок	Весна		Лето		Осень	
	Нерекультивируемые	Рекультивируемые	Нерекультивируемые	Рекультивируемые	Нерекультивируемые	Рекультивируемые
№ 2 Н	41,26±0,21*	46,07±0,53*	30,43±0,14*	34,78±0,12*	18,26±0,14*	21,3±0,17*
№ 2 Р	33,05±0,17*	39,74±1,15*	21,18±0,16*	26,53±0,09*	12,04±0,09*	14,18±0,07
№ 3 Н	27,84±0,14*	30,16±4,79*	16,03±0,08*	19,44±0,07*	7,22±0,06*	8,91±0,05*
№ 3 Р	18,43±0,16*	21,03±0,46*	11,27±0,05*	14,87±0,21*	3,18±0,02*	5,34±0,13
№ 4 Н	29,25±0,18*	35,79±1,39*	18,31±0,06*	22,88±0,16*	4,22±0,04	5,49±0,18*
№ 4 Р	21,16±0,12*	26,3±0,53*	8,42±0,04*	10,49±0,06*	1,63±0,03*	2,89±0,15
№ 6 Н	10,49±0,7		7,18±1,21		4,43±0,23	
№ 6 Р	3,35±0,11		2,43±0,11		2,09±0,13	

Примечание. * – различия статистически достоверны при p < 0,05

Note. * - differences are statistically significant at p < 0.05

Почвы посттехногенных экосистем (как при проведении фиторекультивации, так и без нее), в отличие от чернозема обыкновенного, характеризовались значительными

количествами азота нитритов, превышающими контрольные показатели в 2,7-4,4 и 5,5-11,8 раз в гумусо-аккумулятивном горизонте и материнской породе соответственно. Как и для обменного аммония, в почве мониторинговых участков с насаждениями злаковых растений отмечено увеличение концентрации нитритов на 8-20% по сравнению с аналогичными генетическими горизонтами участков с естественной растительностью (табл.2).

В летний период исследований зафиксировано снижение содержания азота нитритных соединений в почве всех мониторинговых участков по сравнению с весенним отбором проб. При этом в целом сохранились как характер его профильного распределения, так и процентное отношение значений к зональной почве (табл. 2). Поскольку нитритный азот относится к промежуточной стадии в цепи бактериальных процессов окисления аммония до нитратов, полученные данные, вероятнее всего, объясняются усилением микробиологических процессов его трансформации. Проведение фиторекультивационных мероприятий привело (по аналогии с проведенными весенними исследованиями) к возрастанию концентрации нитритной формы азота в различных генетических горизонтах эдафотопов мониторинговых участков на 14-32% по сравнению с участками с естественным растительным покровом.

С увеличением длительности исследований осенью нами отмечено продолжающееся снижение содержания нитритного азота в почвах, наиболее явно выраженное в генетических горизонтах участков № 3 и 4 как с естественной растительностью, так и с насаждениями растений семейства Роасеае (табл. 2). По отношению к зональной почве, наименьший уровень обеспеченности почв нитритным азотом, превышающий контрольные показатели на 24-39% при проведении фиторекультивационных мероприятий и не достигающий контрольного уровня в эдафотопах с естественной растительностью, зафиксирован в субстрате с признаками почвообразования (участок № 4). Вероятнее всего, полученные данные объясняются неблагоприятными эдафическими условиями, складывающимися на данном мониторинговом участке. Как и для других периодов исследования, отмечен позитивный эффект рекультивации на содержание азота нитритных соединений, концентрация которого статистически достоверно увеличилась на 20-70 по сравнению с аналогичными генетическими горизонтами участков с естественной растительностью.

Нитраты в почве находятся в виде водорастворимых солей, они относятся к высокоподвижным соединениям, в связи с чем количество нитратов может сильно колебаться по сезонам. Кроме того, с атмосферными осадками нитраты могут мигрировать в нижележащие слои. Наибольшее количество минерального азота нитратных соединений в почве мониторинговых участков отмечено в начале вегетационного периода (табл.3).

Таблица 3. Содержание нитратного азота (мг N-NO₃/100 г почвы) в техноземах мониторинговых участков
Table 3. The content of nitrate nitrogen (mg N-NH₄ / 100 g of soil) in the technozems of monitoring sites

Учас-ток	Весна		Лето		Осень	
	Нерекуль- тивируе- мые	Рекульти- вируе- мые	Нерекульти- вируе- мые	Рекультиви- руе- мые	Нерекульти- вируе- мые	Рекульти- вируе- мые
№ 2 Н	0,47±0,03*	0,75±0,02*	0,22±0,03*	0,34±0,01*	0,41±0,06*	0,69±0,03*
№ 2 Р	0,14±0,01*	0,21±0,01*	0,06±0,01*	0,11±0,01*	0,12±0,01*	0,2±0,01*
№ 3 Н	0,41±0,02*	0,69±0,04*	0,19±0,02*	0,31±0,02*	0,39±0,09*	0,62±0,02*
№ 3 Р	0,12±0,02*	0,17±0,03*	0,05±0,01*	0,09±0,02*	0,13±0,04*	0,18±0,01*
№ 4 Н	0,43±0,04*	0,68±0,06*	0,18±0,02*	0,3±0,04*	0,42±0,11*	0,58±0,04*
№ 4 Р	0,13±0,02*	0,18±0,03*	0,04±0,01*	0,07±0,01*	0,11±0,05*	0,19±0,03*
№ 6 Н	3,3±0,14		1,7±0,08		2,8±0,16	
№ 6 Р	0,87±0,07		0,43±0,03		0,79±0,07	

Примечание. * – различия статистически достоверны при $p < 0,05$

Note. * - differences are statistically significant at $p < 0.05$

Это связано с увеличением микробиологической активности, обусловленной достаточным запасом влаги, накопленным за осенне-весенний период, и постепенным

повышением температуры, способствующей активной минерализации органического вещества почвы. Также прослеживается тенденция накопления данной формы азота в верхних почвенных горизонтах, обусловленная высокой биологической активностью верхнего слоя почвы и лучшими гидротермическими условиями. Однако в генетических горизонтах участков посттехногенных экосистем этот процесс лимитируется как ограниченностью запасов органического материала, так и неблагоприятными эдафическими условиями, а содержание нитратного азота не превышает 12-16% по сравнению с зональной почвой (табл. 3).

Увеличение концентрации азота нитратных соединений отмечено нами в почве мониторинговых участков с насаждениями злаковых растений. Причем преимущественный уровень поступления свежего органического материала именно в верхние слои почвы привел к тому, что в гумусо-аккумулятивном горизонте содержание нитратного азота возросло в среднем на 62%, тогда как в материнской породе – на 43% по сравнению с аналогичными генетическими горизонтами участков без проведения рекультивационных мероприятий.

При исследовании сезонной динамики содержания нитратов в почве установлено, что в летний период при активном развитии растительности наблюдается резко выраженный минимум количества нитратов за счет их потребления растениями и микроорганизмами, а также вследствие снижения процессов аммонификации и нитрификации, обусловленных ухудшением гидротермических условий (табл. 3). По отношению к зональной почве характер распределения азота нитратных соединений остался неизменным как по участкам, так и по их генетическим горизонтам. Также отмечен положительный эффект рекультивации, заключающийся в увеличении количества данной формы минерального азота более чем на 60% в верхних почвенных горизонтах и практически на 80% в нижележащих слоях, что, скорее всего, объясняется преимущественной локализацией корневых систем растений именно в пределах органо-аккумулятивного горизонта, где и происходит активное поглощение соединений азота.

В осенний период нами зафиксировано повышение концентрации азота нитратных соединений в эдафотопах всех исследуемых мониторинговых участков, приближающееся к значениям, полученным при весеннем отборе проб (табл. 3). Такое накопление соединений азота в прикорневой зоне растений происходит в результате прекращения вегетации, а значит и снижения потребления растениями элементов минерального питания, при продолжающихся микробиологических процессах аммонификации и нитрификации. Практически неизменной в сравнении с другими периодами исследований осталась степень выраженности позитивного эффекта рекультивации на содержание нитратного азота (возрастание на 40-70% относительно нерекультивируемых участков).

Выводы

Таким образом, по результатам проведенных исследований установлено, что для изученных форм азота почвы отмечен различный характер изменения их концентрации: от отсутствия сезонных колебаний для аммонийного, снижения – для нитритного при увеличении длительности исследований, до параболического изменения с минимумом в летний период для нитратного азота. Вместе с тем, общей закономерностью является возрастание количества соединений азота в почве при проведении фиторекультивационных мероприятий, что говорит о позитивном эффекте влияния травянистых культурфитоценозов на обеспеченность эдафотопы элементами минерального питания. Следует отметить, что даже несмотря на то, что при фиторекультивации вегетационная масса увеличивается, а значит и потребление элементов минерального питания соответственно также возрастает, количество минеральных форм азота в конечном итоге повышается в сравнении с нерекультивируемыми участками. Такую закономерность возможно объяснить активизацией

микробиологической активности, а также увеличением содержания гумуса и извлечением почвенными микроорганизмами большего количества доступных форм азота, что и приводит к возрастанию процессов образования минерального азота над его потреблением.

Список литературы

1. Андроханов, В.А. (2005). Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка: дис... докт. биол. наук: 03.00.27 – почвоведение. Новосибирск, 379 с.
2. Курачев, В.М., Андроханов, В.А., Двуреченский, В.Г. (2002). Теоретические основы рекультивации нарушенных земель. Биологическая рекультивация нарушенных земель. Материалы Международного совещания, С. 239 – 247.
3. Богородская, А.В., Трефилова, О.В., Шишкин, А.С. (2014). Процессы первичного почвообразования в техногенных экосистемах на отвалах Бородинского бурогоугольного месторождения (восточная часть Катэк). Вестник Томского государственного университета. № 382, С. 214–220.
4. Махонина, Г.И., Тихомирова, Е.Б. (1990). Азот в почвах техногенных экосистем Урала. Растения и промышленная среда: сб. науч. тр. (Свердловск: УрГУ), С. 34–44.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под. ред. Д.Г., Звягинцева (1991). М.: Изд-во МГУ, 304 с.
6. Назаренко, І.І. Польчина, С.М., Нікорич, В.А. (2004). Ґрунтознавство. Чернівці: Книги-XXI, 400 с.
7. Полупан, М.І. Соловей, В.Б., Величко, В.А. (2005). Класифікація ґрунтів України К.: Аграрна наука, 300 с.
8. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г., Минеева (2001). М.: Изд-во МГУ, 689 с.
9. Тюрин, И.В. (1965). Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Наука, 320 с.

Influence of Multicomponent Herbal Culturphytocenosis on the Migration of Available Nitrogen Forms in Edafotopes of Technogenous Disturbed Lands

(Received in April, 2020; Accepted in May, 2020; Available Online from 11th of May, 2020)

Summary

Currently, the level of anthropogenic pressure in the world has reached critically high levels, and the replacement of natural landscapes with technogenic ones leads to irreversible consequences. One of the most widespread technogenous landscapes in the world is dump-open pit complexes formed during open pit mining of mineral deposits. To accelerate the restoration of technogenous landscapes around the world, preference is given to a set of remediation measures, the main functional purpose of which is to create optimal conditions for soil formation and the formation of stable phytocenoses.

The aim of our work was to assess the effect of multicomponent herbaceous phytocenoses on the content of various forms (accessible to plants) of nitrogen in edaphotopes of technogenous transformed ecosystems. To study the soil cover of degraded ecosystems, model plots were selected, taking into account a number of factors such as the prevalence of the type of disturbance within the study area, the degree of anthropogenic transformation, the possibility of restoring biological productivity and involvement in economic activity, and the potential environmental effect during remediation activities.

According to the results of the studies, it was found that for the studied forms of soil nitrogen, a different nature of the change in their concentration was noted: from the absence of seasonal fluctuations for ammonium, the decrease for nitrite with an increase in the duration of studies, to the parabolic change with a minimum in summer for nitrate nitrogen. At the same time, the general pattern is an increase in the number of nitrogen compounds in the soil during phyto-remediation measures, which indicates a positive effect of the influence of herbaceous phytocenoses on the supply of edaphotope with mineral nutrition elements. It should be noted that even despite the fact that during phytoremediation, the vegetative mass increases, and hence the consumption of mineral nutrition elements also increases, the number of mineral forms of nitrogen ultimately increases in comparison with non-regulated areas. This pattern can be explained by the activation of microbiological activity, as well as an increase in the content of humus and the extraction of more available forms of nitrogen by soil microorganisms, which lead to an increase in the processes of formation of mineral nitrogen over its consumption.