

Фосфорный режим нарушенных земель в условиях Крайнего Севера

*А.В. Игловиков, к.с.-х.н.,
ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья*

«Ключом жизни» называют фосфор, так как он непосредственно участвует в большинстве жизненных процессов.

Вторым элементом питания после азота общепринято считать фосфор, который поглощается растениями в меньших количествах, но его роль не менее важна. Оптимальное фосфорное питание способствует развитию корневой системы растений, улучшает обменные процессы, происходящие в

каждой клетке. Его дефицит независимо от времени вегетации растений негативно отражается на цветении и формировании семян. Особенно важен фосфор в начале вегетации, поэтому каждый специалист знает об эффективности внесения фосфорных удобрений вместе с семенами. Это улучшает снабжение растений питательными веществами и влагой, что особенно актуально для засушливых условий, характерных для Крайнего Севера.

В сочетании с калием фосфор повышает зимостойкость растений, ускоряет их развитие и созревание. Для условий Крайнего Севера это

жизненно необходимо [1]. По многочисленным результатам исследований оптимальное фосфорное питание обеспечивает ускорение созревания зерновых культур на пять – шесть суток. Это особенно важно для районов, где они не вызревают до наступления низких температур.

Рост и развитие многолетних трав определяются не только наличием в почве фосфора, но и его формами, в которых данный элемент питания находится. Кроме того, на Крайнем Севере фосфор снижает отрицательное действие низких температур на растения. Поэтому актуальность изучения фосфорного режима в грунтах, подлежащих биологической рекультивации, не вызывает сомнений.

Материал и методы исследования. Полевые опыты по изучению питательного режима техногенно нарушенных почв были проведены на территории Ямало-Ненецкого автономного округа Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения и на дне песчаного карьера 25-летней выработки, расположенного в 15 км от г. Салехарда [2].

В опытах под многолетние травы (овсяница красная – 40%; кострец безостый – 35%; овсяница луговая – 10%; тимофеевка луговая – 5%; пырей ползучий – 5%; мятлик луговой – 3%; бекмания обыкновенная – 2%) вносили нитроаммофоску, содержащую 16% азота, фосфора и калия (ГОСТ Р51520), биомат торфяной с содержанием 12,2% сухого вещества, питательных веществ (NPK) – соответственно 120, 140 и 180 мг/кг почвы. Для поддержания оптимальной кислотно-щелочной характеристики был добавлен кальций, содержание которого не превышало 0,35% от массы биомата.

Основные показатели состава и свойств грунтов изучали по общепринятым методикам, фосфоромолибденовокислым способом из соляной вытяжки.

Статистическую обработку результатов исследования проводили по Б.А. Доспехову с использованием Microsoft Excel.

Результаты исследования. Источником фосфора для растений являются минеральные соединения почвы и удобрений. В условиях Крайнего Севера низкая температура почвы вызывает замедленное поступление фосфора в растения. При температуре почвы 5°C фосфор практически не потребляется растениями, и только по мере увеличения температуры до 5–20°C растения получают возможность интенсивно его поглощать [3, 4]. Механизм поглощения фосфора при низких положительных температурах довольно подробно изложен в учебниках по агрохимии и биохимии растений. Необходимо отметить, что плохое поглощение фосфора при низких температурах свойственно всем без исключения растениям.

Как показали наши исследования, исходное валовое содержание фосфора в намытых грунтах Бованенковского газоконденсатного месторождения очень низкое – 0,071–0,087% от абсолютно

сухой почвы. Это связано с отсутствием растительного сообщества, которое является биогенным аккумулятором органического вещества и зольных элементов в верхнем слое грунта. В песчаных породах, на которых проводили рекультивацию, изначально не содержится фосфор, о чём свидетельствует отсутствие изменений валовых запасов в глубь почвенного профиля [5].

Эффективность фосфорных удобрений находится в обратной прямой корреляционной связи от почвенных запасов фосфора (рис. 1). За девять лет исследования на варианте без внесения удобрений содержание подвижного фосфора в слое 0–30 см составляло 14,1 мг/кг почвы. Во все сроки определения его минимальное количество установлено в слое 0–10 см (11,1–13,3 мг/кг). Причиной этому является постоянное вымывание водорастворимых фосфатов в глубь рекультивируемого грунта или смыв во время снеготаяния.

Также это обусловлено потреблением фосфора многолетними травами в течение вегетации. На глубине 10–20 и 20–30 см его содержание было практически одинаковым, что объясняется закреплением фосфора за счёт химической поглощательной способности, при которой образуются трифосфаты кальция или железа.

Внесение минеральных удобрений обеспечило повышение содержания фосфора, доступного для растений, по сравнению с контролем на 14,3% (NPK)₉₀, 28,5% (NPK)₁₅₀, 35,7% (NPK)₂₁₀. Между содержанием подвижного фосфора и дозами минеральных удобрений установлена тесная связь, выражающаяся коэффициентами корреляции (r) от 0,95 до 0,99, что соответствует очень сильной положительной связи.

К концу вегетационного периода многолетних трав восьмого года жизни прослеживается тенденция снижения содержания подвижного фосфора на всех вариантах опыта, особенно где были внесены высокие дозы удобрений. Данный факт свидетельствует о том, что для стабилизации фосфорного режима рекультивируемых грунтов необходимо предусмотреть периодическое внесение минеральных удобрений с интервалом 5–8 лет [6, 7].

Влияние многолетних трав на содержание подвижного фосфора в рекультивируемых грунтах можно проследить по результатам его определения в опыте по изучению их норм высева (рис. 2).

Перед посевом рекультивационной травосмеси на всех вариантах опыта были внесены минеральные удобрения в дозе (NPK)₁₅₀. В среднем за девять лет содержание подвижного фосфора в слое 0–30 см при норме высева трав 40 кг/га составляло 10,1 мг, 120 кг/га – 15,3 мг, 280 кг/га – 14,7 мг/кг почвы. Увеличение нормы высева злаковых трав с 40 до 120 кг/га повышало потребление подвижного фосфора на 21,1%, до 280 кг/га – на 26,3%. Максимальные различия, соответственно 28,6 и 35,7%, установлены в относительно благоприятные годы исследования,

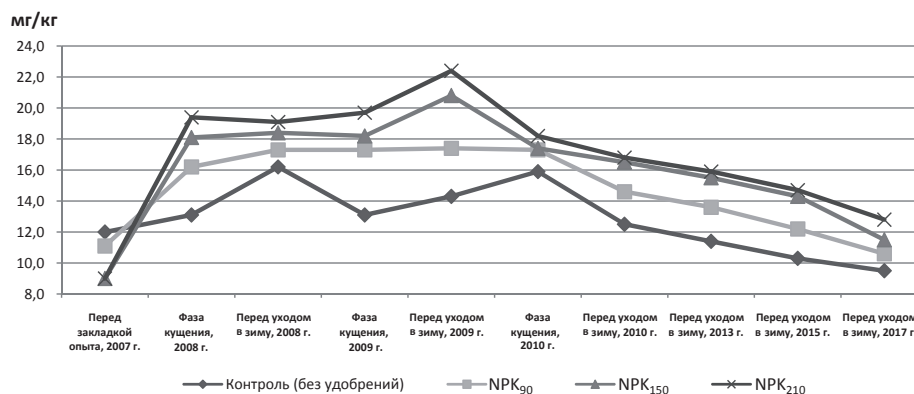


Рис. 1 – Динамика содержания подвижных фосфатов в слое 0–30 см грунта при внесении минеральных удобрений, мг/кг почвы

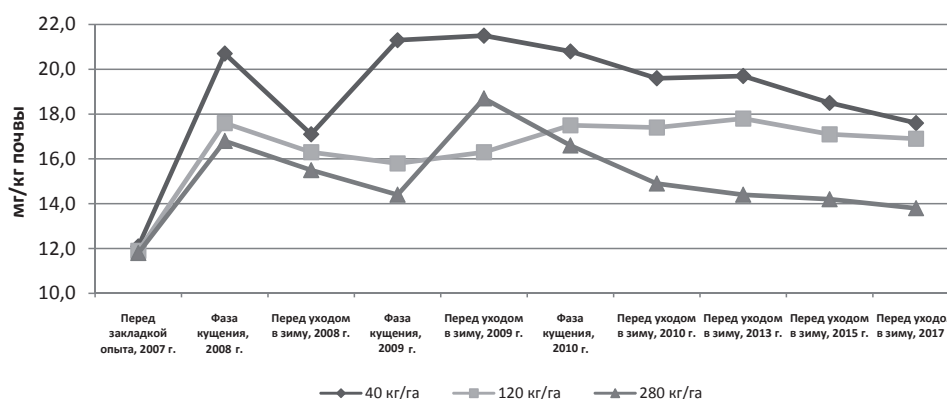


Рис. 2 – Влияние различных норм высева многолетних трав на фосфорный режим изучаемых почвогрунтов, мг/кг почвы

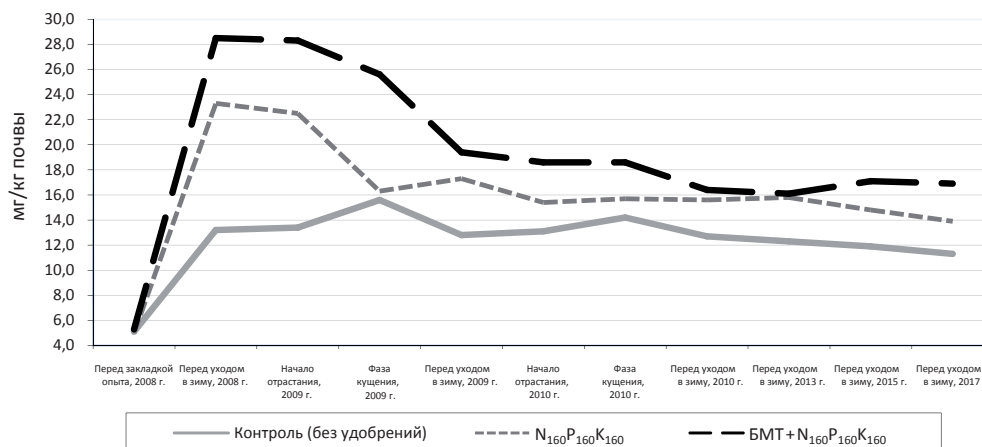


Рис. 3 – Содержание доступного фосфора в 0,3 м слое грунта песчаного карьера при внесении минеральных удобрений и применении биоматов торфяных (г. Салехард)

которые характеризовались максимально высокими температурой воздуха и выпадением осадков в течение вегетационного периода.

В самые холодные годы проведения исследования наблюдалось минимальное потребление фосфора, что доказывает важную роль температурного режима в потреблении элементов питания [8]. По этой причине накопление подвижных форм фосфора в зоне вечной мерзлоты происходит хуже, так как непоглощённая его часть в период вегетации

переходит в труднорастворимые, недоступные для растений формы [1].

Между содержанием подвижных фосфатов в грунте и нормами высева многолетних трав установлена тесная обратная связь, выражающаяся коэффициентами корреляции по срокам определения от $r = -0,84$ до $r = -0,98$.

Валовые запасы фосфора грунта на объекте в г. Салехарде до глубины 120 см не превышают 0,03–0,06% (рис. 3). Глубже – его содержание увеличива-

ется до 0,3–0,5%, что обусловлено процессами миграции фосфатов в песчаных разновидностях почв. Одновременно с валовыми запасами изменяется и содержание доступных для растений форм фосфора. Содержание подвижных фосфатов в слое 0–30 см перед закладкой опыта составляло 5,1 мг/кг грунта. При этом содержание фосфора в слое 0–10 см было в 2,5–3,0 раза выше, чем на глубине 10–20 и 20–30 см. Это связано с его биогенной аккумуляцией [9]. Во все последующие сроки определения доступного фосфора на контрольных делянках сохранилась данная особенность. В течение вегетационного периода и по годам количество фосфора в корнеобитаемом слое без внесения удобрений изменялось незначительно.

Внесение минеральных удобрений увеличило содержание доступного фосфора в слое 0–30 см в среднем за девять лет по сравнению с контролем с 13,2 до 17,8 мг/кг почвы, отклонение составляло 30,8% от первоначальных значений. По слоям это выглядело следующим образом: 0–10 см – соответственно 13,2 и 21,5 мг (61,5%), 10–20 см – 13,3 и 17,8 мг (30,8%), 20–30 см – 13,2 и 17,7 мг/кг почвы (30,8%).

Основные запасы внесённого фосфора потреблялись многолетними травами на протяжении двух лет после внесения удобрений. В последующие годы содержание доступного фосфора в слое 0–10 см снизилось в 1,5–2,0 раза. На большей глубине его количество оставалось постоянным. По мнению А.И. Коровина (1972), лучшему поглощению фосфора и передвижению его в надземные органы многолетних трав способствует аммонийное питание. О преимуществе аммиачного питания многолетних трав при низких температурах нами сообщалось ранее [10].

Использование биоматов торфяных в сочетании с минеральными удобрениями повысило содержание подвижного фосфора в слое 0–30 см от 13,22 до 21,7 мг/кг почвы, увеличение составляло 66,9% от первоначальных значений. По сравнению с внесением минеральных удобрений в чистом виде его содержание увеличилось от 17,3 до 21,7 мг/кг почвы (27,6%). Связано это с содержанием фосфора в торфе, где его количество составляло 140 мг/кг почвы. По этой причине во все сроки определения наибольшее количество фосфора установлено в слое 0–10 см, именно на этой глубине расположен биомат.

Максимальные запасы доступного фосфора на этом варианте установлены в течение вегетационного периода 2009 г. Для него были характерны относительно благоприятные гидротермические условия. Известно, что чем благоприятнее гидротермические условия для разложения органических веществ, тем больше мобилизуется доступного для растений фосфора. В какой-то мере относится это и к фосфору, который входит в состав минеральной части почвы. Между содержанием подвижных фос-

фатов в слое грунта 0–30 см и минеральными удобрениями, биоматами торфяными имеется тесная связь, выраженная коэффициентами корреляции от $r=0,58$ до $r=0,97$. Следовательно, решающую роль в обеспечении многолетних трав доступным фосфором в условиях Крайнего Севера играют минеральные удобрения и биоматы торфяные.

В полевых опытах изучались требования многолетних трав к фосфорному питанию в различные фазы роста и развития. Это дало возможность определить потребность многолетних трав в питательных веществах на основных этапах своего развития. В условиях Крайнего Севера особенно значим для растений фосфор. Наше исследование показало, что он наиболее интенсивно потреблялся в фазы кущения и колошения (вымётывания). Его содержание в растениях было 0,46–0,76% (табл. 1).

1. Динамика содержания общего фосфора в разные фенологические фазы развития растений, % от сухого вещества

Вариант	Фаза развития	%
контроль (без удобрений)	всходы – колошение (вымётывание)	0,76
	колошение (вымётывание) – цветение	0,47
	цветение – начало созревания	0,46
(NPK) ₉₀	всходы – колошение (вымётывание)	0,77
	колошение (вымётывание) – цветение	0,45
	цветение – начало созревания	0,45
(NPK) ₁₅₀	всходы – колошение (вымётывание)	0,74
	колошение (вымётывание) – цветение	0,56
	цветение – начало созревания	0,52
(NPK) ₂₁₀	всходы – колошение (вымётывание)	0,76
	колошение (вымётывание) – цветение	0,52
	цветение – начало созревания	0,52

По мере роста и развития растений оно уменьшалось, достигая относительного минимума в фазу начала созревания. Увеличение дозы вносимого фосфора положительно сказывалось на его потреблении многолетними травами [11].

Заметное снижение содержания фосфора отмечено до фазы цветения. К моменту созревания его потребление снижалось не существенно. Наиболее высоким усвоение фосфора было в фазу вымётывания – 0,67–0,79% от сухого вещества.

Рассматривая поглощение фосфора из почвы и минеральных удобрений, следует отметить, что потребление увеличивалось от ранней стадии развития (всходы – колошение (вымётывание)), достигая максимума в межфазный период колошение (вымётывание) – цветение, и снижалось во время цветения – начала созревания. Повышение дозы фосфорных удобрений на 60 кг действующего вещества стимулировало его потребление в фазу колошения (вымётывания) – цветения.

Рассматривая использование многолетними травами элементов питания из удобрений, следует отметить, что коэффициент использования удобрений фосфора многолетними травами был на

уровне 6,6–10,2%. Увеличение дозы минеральных удобрений свыше (NPK)₁₅₀ приводило к снижению коэффициента использования из удобрений фосфора на 1,5–2,2% (табл. 2).

2. Биогенный вынос и коэффициенты использования P₂O₅ многолетними травами из минеральных удобрений

Вариант	Вынос с 1 т сухой массы, кг	Коэффициент использования из удобрений, %
Контроль (без удобрений)	2,1	1,1
(NPK) ₉₀	2,4	10,2
(NPK) ₁₅₀	2,9	8,8
(NPK) ₂₁₀	3,0	6,6

Таким образом, при внесении минеральных удобрений увеличивался вынос фосфора с 1 т сухой массы многолетних трав и снижался коэффициент его использования.

Выводы

1. В техногенно нарушенных исследуемых грунтах валовое содержание фосфора очень низкое – 0,071–0,087% (намытые грунты в районе Бованенковского) и 0,03–0,06% (песок в районе г. Салехарда). Вниз по профилю его содержание увеличивается до 0,3–0,5%. В соответствии с валовыми запасами изменяется и содержание доступных форм фосфора.

2. К концу вегетационного периода прослеживается тенденция снижения содержания подвижного фосфора, особенно там, где были внесены высокие нормы удобрений. Для сохранения плодородия рекультивируемых грунтов на минимальном уровне необходимо периодическое внесение минеральных удобрений в виде подкормок.

3. Основные запасы внесённого фосфора потребляются многолетними травами на протяжении двух лет. В последующие годы содержание доступного фосфора снижается от 1,5 до 2,0 раз.

Решающую роль в обеспечении многолетних трав доступным фосфором играют минеральные удобрения и биоматы торфяные.

4. Поступление фосфора в растения особенно интенсивно происходит в ранние стадии развития (всходы – колошение (вымётывание), достигая максимума в межфазный период колошения (вымётывание) – цветения, и снижается во время цветения – начала созревания. Повышение дозы фосфорных удобрений на 60 кг д.в. стимулирует его потребление в фазу колошения (вымётывания) – цветения.

Литература

1. Дадькин В.П. О жизни растений в условиях Севера. М., 1954. 24 с.
2. Игловиков А.В. Биологическая рекультивация карьеров в условиях Крайнего Севера: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Алтайский государственный аграрный университет. Барнаул, 2012.
3. Журбицкий З.И., Штраусберг Д.В. Влияние температуры на поглощение фосфора и кальция растениями // Доклады АН СССР. 1954. Т. 96. С. 37–44.
4. Коровин А.И. Роль температуры в минеральном питании растений. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 283 с.
5. Igllovikov A.V. The development of artificial Phytocenosis in Environmental Construction in the far North // Procedia Engineering. 2016. Volume 165. P. 800–805.
6. Motorin A.S., Igllovikov A. V. Assessment of group composition of peat organic matter for industrial processing // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science electronic edition. Saint-Petersburg Mining University. 2018. 194(4):042016.
7. Motorin A.S., Igllovikov A.V., Bukin A.V. Changing in water-physical properties of drained peat soils during extraction and exploration of minerals in the conditions of the northern urals // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science electronic edition. Saint-PetersburgMiningUniversity. 2018. 194:082026.
8. Игловиков А.В. Технологии оптимизации питательного режима нарушенных тундровых почв на биологическом этапе рекультивации // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (70). С. 22–26.
9. Eremina D., Eremina D. Influence of granulometric composition structure of anthropogenic – reformed soil on ecology of infrastructure // Procedia Engineering. 2016. No. 165. Pp. 788–793.
10. Моторин А.С., Игловиков А.В. Динамика различных форм азота при проведении биологической рекультивации нарушенных земель в условиях Крайнего Севера // Агропродовольственная политика России. 2017. № 12 (72). С. 88–92.
11. Тихановский А.Н. Теория и практика применения удобрений на почвах Крайнего Севера. М.: Изд-во «Научный консультант», 2015. 273 с.