

## АЗОТНЫЙ ФОНД ИНИЦИАЛЬНЫХ ПОЧВ ПОД КУЛЬТУРАМИ СОСНЫ НА ВСКРЫШНЫХ ПОРОДАХ

Статья посвящена формированию азотного фонда под культурами сосны, созданными на отвалах вскрышных пород Назаровского угольного разреза.

**Ключевые слова:** азотный фонд, культуры сосны, отвалы вскрышных пород.

L.S. Shugaley, N.V. Bodikova

## NITRIC FUND OF INITIAL SOILS UNDER THE PINE CULTURES ON THE STRIPPING ROCKS

The article is devoted to the nitric fund formation under the pine cultures created on the stripping rocks of Nazarovsky coal mine.

**Key words:** nitric fund, pinecultures, dumps of stripping rocks.

**Введение.** Добыча угля открытым способом влечет за собой разрушение растительного и почвенного покровов, выносит на поверхность значительные объемы вскрышных пород из глубоких геологических слоев, изменяет естественный рельеф, микроклимат, что и создает техногенные ландшафты, включающие угольные разрезы, терриконы вскрышных пород, технически спланированные отвалы, лишенные растительности и почв. Сохранение земель сельскохозяйственного фонда и экологическая оптимизация региона требуют увеличения лесистости до 20 % за счет создания лесных культур на землях, непригодных для сельскохозяйственного производства [6].

Климат Назаровской котловины континентальный и определяется ее положением на стыке горных систем Южной Сибири (хр. Арга, Солгонский кряж, Кузнецкий Алатау) и Западно-Сибирской низменности, а также циркуляцией атмосферы. Средняя температура воздуха в январе  $-16^{\circ}$ ;  $-20^{\circ}$ , в июле  $17-18^{\circ}\text{C}$ . Годовое количество осадков 420–450 мм.

Исследования проводились в культурах сосны (*Pinus sylvestris* L.), созданных на технически рекультивированных отвалах вскрышных пород Назаровского угольного разреза без нанесения гумусного слоя.

**Цель работы.** Исследовать азотный фонд, его состав, наличие подвижного минерального азота в формирующемся почвенном покрове.

В результате вскрыши угольных разрезов, транспортирования, гидравлического смыва и механического перемешивания слоев вскрыши формируются отвалы, представляющие хаотичную смесь четвертичных отложений различного генезиса с примесью пород неогена и палеогена. Отвалы формируются длительный период на территориях, не используемых в сельском и лесном хозяйстве.

Восточный гидроотвал формировался в 1949–1955 гг. гидравлическим смывом пород вскрыши Назаровского угольного разреза в понижение, Серезенский гидроотвал – в 1968–1981 гг. гидравлическим смывом пород вскрыши в пойму реки Серез, Бестранспортный отвал находится в стадии формирования с 1978 г. перекадыванием пород вскрыши внутри разреза [15].

Восточный гидроотвал в настоящий период представляет плакорную территорию. Культуры сосны высажены в центре отвала в 1969 г., занимают площадь 5,6 га, густота посадки 2880 экз/га.

Серезенский гидроотвал занимает часть старой поймы р. Серез. Для предотвращения растекания пульпы в период формирования гидроотвала построена ограждающая дамба с отводной трубой. Культуры сосны созданы на плакорной, слегка покатой в юго-западном направлении территории гидроотвала в 1979 г. Площадь культур сосны 6 га, густота посадки 1200 экз/га.

Бестранспортный отвал представляет собой выровненную возвышенность в окружении системы грядобразных и конусных холмов и увалов из вскрышных пород, понижения между ними заполнены водой. Отвал практически не доступен влиянию естественных экосистем и агроценозов. Культуры сосны на отвале были созданы в 1985 г., занимают площадь 6 га, густота посадки 2941 экз/га.

Культуры сосны высаживались на технически спланированные отвалы без нанесения гумусного слоя 2–3-летними сеянцами машиной СЛН-1 в борозды, нарезанные плугом ПКЛ. Уходы за культурами (прополка сорняков, рыхление субстрата, полив) не проводились.

Учет запасов травяно-кустарничкового яруса, мортмассы подстильно-торфяного горизонта определялся шаблоном (0,03 м<sup>2</sup>) в 10-кратной повторности. Образцы инициальных почв отбирались в этих же точках по слоям: подстильно-торфяной горизонт, 0-5 см, 5-10, 10-20, 20-40 см.

Химический анализ выполнен по общепринятым методикам:

- валовой азот спектрометрическим методом [3];
- легкогидролизуемый азот по Корнфильду в чашках Конвея с 1 н NaOH;
- трудногидролизуемый азот по Корнфильду в чашках Конвея с 6 н NaOH;
- негидролизуемый азот устанавливался вычитанием суммы трудногидролизуемого, легкогидролизуемого и подвижных фракций азота из валового содержания;
- аммонийный и нитратный азот в 0,03 н K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> вытяжке с последующим определением: аммонийный азот с реактивом Несслера, нитратный с дисульфифеноловой кислотой [1, 11].

Систематика и классификация инициальных почв сделана по новой классификации почв России [10].

В настоящий период разновозрастные культуры сосны, созданные на отвалах вскрышных пород Назаровского угольного разреза, по высоте и диаметру, запасам древесины и фитомассы соответствуют Ia и I классам бонитета. Наличие вокруг технически рекультивированных отвалов высокопродуктивных естественных и культурных ландшафтов способствовало формированию травянистого покрова [14, 15]. Основу пионерной растительности на хаотичных смесях отвалов составляли сорные виды; затеняя поверхность субстрата, снижали расход влаги на физическое испарение, и культуры сосны способствовали развитию травяно-кустарничкового яруса. За период роста сосны травяно-кустарничковый ярус усложнялся, простые группировки заменялись сложными, проективное покрытие субстрата травянистой растительностью увеличилось до 40 %. В современный период сосновые культуры развиваются как мертвопокровные. На травянистый ярус приходится всего 0,2–3 % общих запасов фитомассы в биогеоценозе. Увеличение емкости и интенсивности биологического круговорота ускорило формирование микро- и зоокомпонентов, что, в свою очередь, улучшало питательный режим культур сосны и способствовало развитию древостоев сосны [4].

Постепенное освоение отвалов растительностью и изменение с возрастом древостоев продукционно-деструкционных процессов привело к накоплению органического вещества в субстрате, что является первым признаком начала почвообразовательного процесса [14].

Профиль почв техногенных ландшафтов, так же как и в естественных природных условиях, формируется под воздействием известной пентады факторов почвообразования: климата, почвообразующих пород (хаотичных смесей), рельефа, биоты, взаимодействующих в определенных рамках времени. В культурах сосны на отвалах вскрышных пород выделена группа техногенных поверхностных образований – натурфабрикатов, подгруппа литостратов [10].

Профили литостратов находятся на начальных стадиях формирования, что определяется главным образом малой продолжительностью срока биопедолитогенного преобразования породы. Литостраты имеют следующий морфологический облик: O-AУ-C (C1, C2, C3 и т.д.). Их отличительной особенностью является наличие органогенного и гумусово-аккумулятивного горизонтов, сформировавшихся на искусственной почвообразующей породе, и отсутствие срединных генетических горизонтов.

Профили натурфабрикатов под культурами сосны различаются по выраженности органогенных и органо-минеральных горизонтов, что, с одной стороны, отражает ведущую роль биологических процессов в формировании профиля почв, а с другой – генетическую подчиненность всех других профилеобразующих процессов биологическим. Однако процессы синтеза и аккумуляции органического вещества тесно связаны с абиогенными параметрами грунтов, таких как минералогический, химический, гранулометрический состав субстрата и рельеф отвала.

В молодых почвоподобных образованиях на отвалах под посадками сосны наблюдается аккумуляция органического вещества в виде слаборазложившегося и слабодифференцированного подстильно-торфяного горизонта. Процессы гумификации протекают медленно. По этой причине горизонт АУ имеет небольшую мощность и слабо прокрашен гумусом. Органогенный и серогумусовый аккумулятивный горизонты лежат прямо на почвообразующей породе, содержащей кроме мелкозема – крупнозем, представленный дресвой, слабовыветрившимися обломками вмещающих пород (алевролитов, аргиллитов, щебня, угля). Наличие крупнозема снижает запасы доступной влаги, что, естественно, негативно отражается на развитии биогенных почвообразовательных процессов.

Толща грунта на отвалах очень неоднородна по макроморфологическим признакам и расчленяется на несколько слоев. Каждый из них диагностируется по цвету, сложению или гранулометрическому составу. Мелкозем хаотичной смеси грунтов Восточного гидроотвала характеризуется песчаным и супесчаным гранулометрическим составом, часто с включением тонких иловатых прослоек. Сложение – рыхлое, иногда рас-

сыпчатое, окраска – пестрая, подчеркивающая слоистость толщи, обусловлена скоплениями различных форм железа и выветрившихся плиток бурого угля. Субстрат смеси пород на Серезенском гидроотвале отличается четко выраженной слоистостью мелкозема суглинистого и глинистого гранулометрического состава, с сизыми и ржавыми пятнами и признаками сезонно-мерзлотного оглеения. В хаотичной смеси вскрышных пород Бестранспортного отвала выделяются крупные пятна мелкозема, придающие очень пеструю окраску всей толще: от черной, за счет включений угля, до коричнево-желтой и сизо-бурой, за счет окисленных и восстановленных соединений железа.

Общим морфологическим признаком хаотичных смесей грунтов на отвалах является наличие в них крупнозема из плотных обломочных пород, а также плиток и пластинок аргиллита, алевролита и бурого угля. На поверхности обломков обнаруживается растрескивание, шелушение, редко раскалывание, что связано с процессами физического и химического выветривания [15].

Таким образом, профиль литостратов формируется под воздействием известных факторов почвообразования: климата, почвообразующих пород (хаотичных смесей), рельефа и биоты. Глубокое распространение корневых систем древесной и травянистой растительности указывает на то, что почвообразованием охвачена толща мощностью 80–100 см. Поскольку же основная масса корней в литостратах под культурами сосны сосредоточена в толще 0–20 см, роль их в почвообразовании пока что ограничивается органогенными и аккумулятивными горизонтами.

На поверхности литостратов под культурами сосны образовался довольно мощный, хорошо выраженный специфический подстильно-торфяной горизонт лесной почвы. Подстильно-торфяные горизонты различаются количественным и качественным составом, что обусловлено возрастом, густотой древостоев, напочвенным покровом, и запасы растительной мортмассы имеют высокую пространственную изменчивость. Максимальные запасы органического вещества в органогенном горизонте отмечены в 35-летних культурах сосны Восточного гидроотвала и составляют 33,3 т/га при вариабельности ( $V$ ) 30 %, на Серезенском гидроотвале в 25-летних культурах 12,9 т/га,  $V$  – 39 %, в 21-летних культурах Бестранспортного отвала – 15,5 т/га,  $V$  – 62 %.

За период формирования отвалов и искусственных лесных биогеоценозов в минеральной толще (0–40 см) литостратов накопились значительные запасы органического вещества. Как уже отмечалось, среднее содержание углерода во вскрышных и вмещающих породах (алевролиты и аргиллиты) составляет 0,25 %,  $V$  – 64 %. В настоящий период содержание его увеличилось не только в слоях 0–5 см, 0–12 и 0–15 см, но и в слоях 10–20 см и 20–40 см до 0,79–1,23 %, что является результатом накопления и последующего разложения корневого материала и переноса в глубь органических остатков почвенными беспозвоночными. Органическое вещество литостратов представлено легкоминерализуемым органическим веществом (ЛМОВ) и стабильным гумусом. В состав ЛМОВ входят подстильно-торфяные горизонты, корневые остатки и подвижный углерод минеральной толщи грунта. При определении содержания углерода в минеральной толще отбиралась (видимая) угольная пыль. Максимальные (95,6 т/га) запасы углерода образовались в слое 0–40 см под 35-летними культурами сосны на Восточном гидроотвале, затем следует Бестранспортный отвал – 82,5; Серезенский гидроотвал – 59,0 т/га. Основные различия между литостратами обусловлены запасами углерода в минеральной толще грунта. Так, под культурами сосны на Восточном гидроотвале запасы углерода в грунте составляют 80 %, на Серезенском – 88, Бестранспортном отвале 85 % от общих запасов. В подстильно-торфяном горизонте сосредоточено на Восточном гидроотвале 20 %, Серезенском 12, Бестранспортном отвале 15 % общих запасов углерода в натурфабrikатах (рис.).

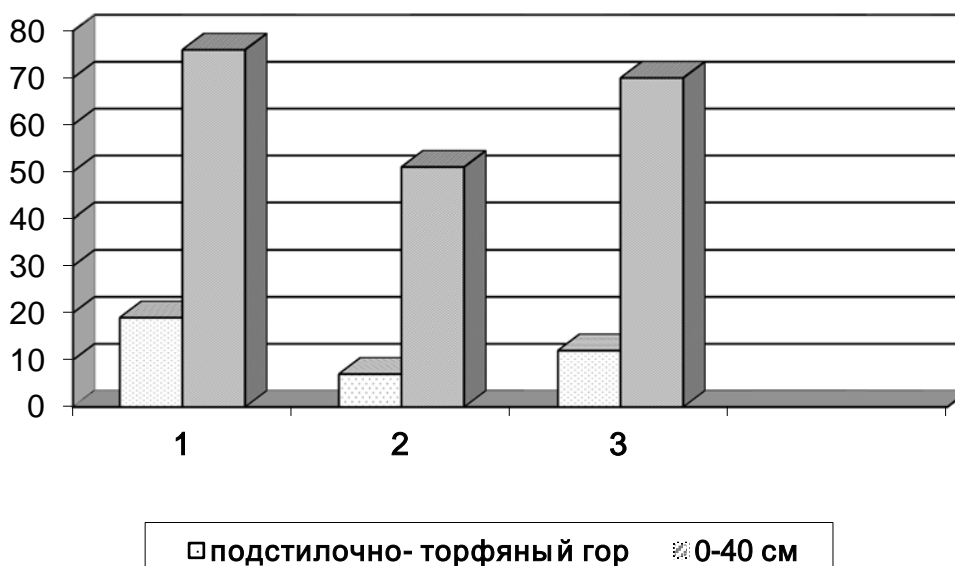
Таким образом, органическое вещество литостратов под разновозрастными культурами сосны различается качественным составом. В литостратах Восточного гидроотвала на углерод ЛМОВ приходится 52 %, углерод стабильного гумуса 48 % общих запасов углерода в почве. Углерод органического вещества литостратов на Серезенском гидроотвале характеризуется снижением запасов углерода в ЛМОВ до 44 %, доля углерода в стабильном гумусе возросла до 56 % общих запасов. В 21-летних культурах сосны на Бестранспортном отвале в натурфабrikатах на углерод ЛМОВ приходится 85 %, на углерод стабильного гумуса всего 15 % общих запасов. Качественный состав углерода в литостратах свидетельствует о замедленном разложении органических остатков в минеральной толще субстрата. Под одновозрастными культурами сосны на старопахотных почвах основная (83 %) часть углерода представлена углеродом стабильного гумуса.

Известно, что азот является функцией гумуса почвы, и уровень обеспечения растений азотсодержащими соединениями определяется запасами органического вещества в почве и интенсивностью его минерализации. Почвенный азот тесно связан с углеродом и является материальной основой биоорганических соединений, скелетом жизненных процессов, необходимым элементом для формирования белков [5, 7–9].

Исследования формирования азотного фонда в инициальных почвах под культурами сосны показали, что накопление и минерализация тесно связаны с формированием биогеоценоза в целом.

На первых этапах развивается фитоценоз, затем следует накопление органического вещества на поверхности и верхней части минерального профиля и намного позднее начинают развиваться профилепреобразующие и профилеобразующие процессы.

Органическое вещество литостратов обеднено азотом (табл.1). Особенно широкое отношение C:N отмечено в литостратах 35-летних культур сосны на Восточном гидроотвале. Формирующиеся здесь почвы по запасам растительной мортмассы в органогенных горизонтах близки запасам в сосняках разнотравной группы типов леса IV класса возраста, I класса бонитета на природных почвах Назаровской котловины [12].



Запасы углерода в литостратах, т/га: 1 – Восточный гидроотвал; 2 – Сереженский гидроотвал; 3 – Бестранспортный отвал

О сближенности процессов аккумуляции органического вещества в формирующихся почвах культур сосны на Восточном гидроотвале с естественными почвами также свидетельствует и широкое отношение C:N в одновозрастных культурах сосны на старопашотных почвах. Органическое вещество в литостратах Сереженского гидроотвала и Бестранспортного отвала более обогащено азотом, что является результатом ряда причин: возраст культур, а значит, количественный и качественный состав опадо-подстилки, интенсивность разложения мортмассы и многое другое.

Таблица 1

Запасы углерода и азота в инициальных и агросерых почвах

| Объект                    | Мощность исследов. толщи | Запасы, т/га |      | C:N  |
|---------------------------|--------------------------|--------------|------|------|
|                           |                          | C            | N    |      |
| Восточный гидроотвал      | 0-40                     | 95,6         | 4,34 | 22,0 |
| Сереженский гидроотвал    | 0-40                     | 59,0         | 5,79 | 10,2 |
| Бестранспортный отвал     | 0-40                     | 82,5         | 9,18 | 8,9  |
| Агросерая почва, хр. Арга | 0-40                     | 113,3        | 6,48 | 17,5 |

Азот в органогенных и минеральных горизонтах инициальных почв представлен обширной группой соединений, очень неоднородных по своему составу и доступности растениям. Как показали исследования азотного фонда под культурами сосны, трансформация органических азотсодержащих соединений опадо-подстилки зависит от исходного состава компонентов, гидротермических условий, биохимической направленности процессов разложения и синтеза азота.

Содержание валового азота в литостратах высокое в подстильно-торфяном и аккумулятивном горизонтах (0–5 см) минерального профиля. Пространственная изменчивость в органогенном горизонте находится в пределах 30–59 %, в аккумулятивном горизонте минерального профиля – 3–9 %. Как уже отмечалось, срединные горизонты еще не сформировались, закономерностей аккумуляции азота в хаотичных смесях субстрата не выявлено. В подстильно-торфяном горизонте агросерых почв среднее содержание азота вследствие более высокой биологической активности и более интенсивного потребления его богатой травянистой растительностью несколько ниже, чем в литостратах, пространственная изменчивость находится на уровне литостратов. Концентрация валового азота минерального профиля литостратов в верхней аккумулятивной части формирующегося профиля с глубиной снижается. Пространственная изменчивость валового азота в инициальных почвах возрастает с глубиной в соответствии со снижением содержания органического вещества, хаотичностью материального состава субстрата – основы формирующейся почвы [2].

Таблица 2

## Компонентный состав азотного фонда

| Горизонт                  | Глубина, см | Валовой | Негидролизуемый  | Трудногидролизуемый | Легкогидролизуемый | Минеральный |
|---------------------------|-------------|---------|------------------|---------------------|--------------------|-------------|
| Восточный гидроотвал      |             |         |                  |                     |                    |             |
| О                         | 0           | 1450    | <u>1384,14</u> * | <u>25,9</u>         | <u>30,8</u>        | <u>9,2</u>  |
|                           |             |         | 95               | 2                   | 2                  | 1           |
| АУ                        | 0-10        | 225     | <u>197,13</u>    | <u>16,65</u>        | <u>6,8</u>         | <u>2,42</u> |
|                           |             |         | 86               | 9                   | 3                  | 2           |
| С                         | 10-40       | 83      | <u>60,46</u>     | <u>11,35</u>        | <u>7,65</u>        | <u>3,34</u> |
|                           |             |         | 72               | 14                  | 9                  | 5           |
| Серезенский гидроотвал    |             |         |                  |                     |                    |             |
| О                         | 0           | 1060    | <u>1019,5</u>    | <u>28,7</u>         | <u>9,7</u>         | <u>2,1</u>  |
|                           |             |         | 95               | 2                   | 1                  | 2           |
| АУ                        | 0-10        | 133     | <u>99,3</u>      | <u>25,2</u>         | <u>6,85</u>        | <u>1,15</u> |
|                           |             |         | 77               | 18                  | 4                  | 1           |
| С                         | 10-40       | 110     | <u>57,05</u>     | <u>18,4</u>         | <u>5,4</u>         | <u>2,4</u>  |
|                           |             |         | 65               | 23                  | 9                  | 3           |
| Бестранспортный отвал     |             |         |                  |                     |                    |             |
| О                         | 0           | 990     | <u>923,4</u>     | <u>19,6</u>         | <u>28,4</u>        | <u>9,6</u>  |
|                           |             |         | 94               | 2                   | 3                  | 1           |
| АУ                        | 0-10        | 270     | <u>240,2</u>     | <u>10,5</u>         | <u>14,7</u>        | <u>4,5</u>  |
|                           |             |         | 86               | 5                   | 7                  | 2           |
| С                         | 10-40       | 130     | <u>91,75</u>     | <u>13,7</u>         | <u>18</u>          | <u>6,5</u>  |
|                           |             |         | 68               | 10                  | 13                 | 9           |
| Агросерая почва, хр. Арга |             |         |                  |                     |                    |             |
| О                         | 0           | 350     | <u>313,5</u>     | <u>19,6</u>         | <u>5,6</u>         | <u>11,3</u> |
|                           |             |         | 90               | 5                   | 2                  | 3           |
| АУ                        | 0-10        | 180     | <u>155,6</u>     | <u>15,5</u>         | <u>5,3</u>         | <u>3,6</u>  |
|                           |             |         | 86               | 9                   | 3                  | 2           |
| С                         | 10-40       | 113     | <u>89,25</u>     | <u>15,6</u>         | <u>4,2</u>         | <u>3,45</u> |
|                           |             |         | 78               | 15                  | 4                  | 3           |

\* Числитель – мг/кг; знаменатель – процент от валового содержания.

Структура азотного фонда инициальных почв под культурами сосны близка составу азота почв естественных лесных биогеоценозов [13]. Азотный фонд литостратов как в органогенных, так и в минеральных горизонтах состоит в основном из негидролизующих форм (табл. 2).

На долю негидролизующих соединений азота, представленных сложными органическими формами и прочно связанных со стабильным гумусом минеральным азотом, приходится в органогенной и верхней части (0–5 см) аккумулятивного минерального горизонта 96–90 % валового содержания, с глубиной их количество

уменьшается в соответствии с содержанием и качественным составом органического вещества, но несколько возрастает в составе валового азота трудногидролизующих соединений, что является следствием замедленного разложения корневых органических остатков и закрепления продуктов разложения в минеральной составляющей субстрата.

Фракция легкогидролизуемого азота, ближайшего резерва подвижного, составляет в органогенном горизонте 1–3 % валового содержания, аналогичное положение отмечено и в сосняках на агросерой почве. В минеральной толще на легкогидролизуемую фракцию приходится 7–15 %, в агросерой почве всего 3–4 % общего содержания, что является следствием более высокой биологической активности старопашотной почвы.

На минеральный азот, представленный нитратами и аммонием, приходится 1–5 % валового азота. Минерализация органических азотсодержащих соединений в почве осуществляется посредством развития процессов аммонификации и нитрификации. Интенсивность процессов минерализации тесно связана с количественным и качественным составом органического вещества почв, гидротермическими условиями, аэрацией, активностью микроорганизмов и ферментов азотного метаболизма [5, 7, 9]. Разновозрастные культуры сосны на хаотичных смесях отвалов вскрышных пород и агросерых почвах имеют Ia и I класс бонитета, что свидетельствует об их обеспеченности основными элементами питания, в т.ч. и минеральным азотом.

### Выводы

– Азотный фонд инициальных почв, созданных на отвалах вскрышных пород Назаровского угольного разреза, формируется по типу почв бореальных лесов.

– Основная масса азотного фонда (90–96 %) представлена органическими и минеральными соединениями, прочно связанными со сложными системами органического вещества и стабильным гумусом. На легкогидролизуемую фракцию органогенного горизонта приходится 1–3 % валового азота. На минеральную часть аккумулятивного горизонта, так же как и в почвах естественных лесных биогеоценозов, приходится 2–7 % валового азота. С глубиной их количество несколько возрастает из-за замедленного разложения корневой массы и снижения потребления его растениями.

– Культуры сосны имеют Ia и I классы бонитета и уже сейчас способствуют экологической оптимизации ландшафтов и выполняют биосферные и средообразующие функции.

### Литература

1. Агрохимические методы исследования почв. – М., 1975. – 656 с.
2. Бодикова Н.В. Азотный фонд инициальных почв на отвалах вскрышных пород Назаровского угольного разреза: дис. ... магистра технологии. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2013. – 70 с.
3. Борцов В.С. Использование автоматизированной системы на основе отражательной спектроскопии в исследовании агроценозов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2002. – 18 с.
4. Напраснокова Е.В., Никитина З.И. Сукцессии микробных сообществ молодых техногенных почв // География и природные ресурсы. – 1984. – № 4. – С. 90–96.
5. Полова Э.П. Азот в лесных почвах. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1983. – 137 с.
6. Природа и хозяйство района первоочередного формирования КАТЭКа. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1983. – 261 с.
7. Сорокина О.А. Трансформация серых почв залежей под влиянием соснового леса. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2008. – 209 с.
8. Сорокин Н.Д. Микробиологическая диагностика лесорастительного состояния почв Средней Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 221 с.
9. Сорокин Н.Д., Сорокина О.А. Биогенные факторы плодородия лесных и агрогенно-трансформированных почв Средней Сибири. – Красноярск: Изд-во Ин-та леса, 2012. – 232 с.
10. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.Н. Лебедева [и др.]. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
11. Шконде Э.Ф., Королева И.Е. О природе и подвижности почвенного азота // Агрохимия. – 1964. – № 10. – 36 с.
12. Шугалей Л.С., Чупрова В.В. Запасы углерода в блоках естественных и антропогенно-нарушенных лесных экосистем и его баланс // Сиб. экол. журн. – 2003. – № 5. – С. 545–554.

13. Шугалей Л.С., Ведрова Э.Ф. Азотный фонд лиственничников северной тайги Средней Сибири// Изв. РАН. Сер. Биол. – 2004. – № 2. – С. 247–256.
14. Шугалей Л.С. Органическое вещество в искусственных лесных экосистемах, созданных на отвалах вскрышных пород угольных разрезов Средней Сибири// Изв. РАН. Сер. Биол. – 2010. – № 4. – С. 498–507.
15. Шугалей Л.С., Чупрова В.В. Почвообразование в техногенных ландшафтах Назаровской котловины // Почвоведение. – 2012. – № 3. – С. 287–298.



УДК 631.4

О.А. Пилецкая, В.Ф. Прокопчук

### ФОСФАТНЫЙ РЕЖИМ И ФОСФАТАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМОВИДНОЙ ПОЧВЫ

Приведены данные определения активности фермента фосфатазы и содержание подвижного фосфора черноземовидной почвы на фоне длительного применения различных систем удобрений. Установлено, что содержание подвижного фосфора во все фазы развития пшеницы было выше контроля.

**Ключевые слова:** активность фосфатазы, содержание подвижного фосфора, черноземовидная почва, система удобрений.

O.A. Piletskaya, V.F. Prokopchuk

### PHOSPHATE MODE AND PHOSPHATASE ACTIVITY OF CHERNOZEM-LIKE SOIL

The data for determining the phosphatase enzyme activity and the mobile phosphorus content in the chernozem-like soil on the background of the long-term use of the fertilizer various systems are presented. It is found that the mobile phosphorus content in all the wheat development phases was higher than the control.

**Key words:** phosphatase activity, mobile phosphorus content, chernozem-like soil, fertilizer system.

**Введение.** Фосфорное питание растений зависит не только от содержания в почве доступных на данный момент форм фосфора, но и активности ряда ферментов, участвующих в переводе фосфатов из запасного фонда в подвижные формы. Фосфатазная активность в черноземовидных почвах не изучалась, хотя установлено, что при очень низком содержании подвижного фосфора соя и яровая пшеница, возделываемые на Зейско-Буреинской равнине, могут дать около 2 т/га урожая [1]. И.Г. Ковшиком [2] предложена региональная шкала обеспеченности растений фосфором, которая гораздо ниже, чем общероссийская.

**Цель исследований.** Определение фосфатазной активности черноземовидной почвы и ее изменения на фоне длительного применения различных систем удобрений.

**Материалы и методы исследований.** В 2011–2013 годах фосфатазную активность и динамику подвижных форм фосфора черноземовидной почвы исследовали в многолетнем стационарном опыте ВНИИ сои в 5-м поле десятой ротации 5-го севооборота: однолетние травы–соя–пшеница–соя–пшеница. Наблюдения проводили в вариантах без внесения удобрений непосредственно под пшеницу с последствием следующих систем: 1) без удобрений (контроль); 2) N24; 3) N24P30; 4) N42P48; 5) N24P30+4,8 т навоза на 1 га севооборотной площади. Площадь деланки 180 м<sup>2</sup>. Опыт имеет три закладки со сдвигом во времени и трехкратную повторность каждой закладки в пространстве. В фазы кущения, выхода в трубку, колошения и восковой спелости пшеницы активность фосфатазы в почве определяли методом гидролиза фенолфталеин фосфата [3], а содержание подвижного фосфора методом А.Г. Кирсанова [4]. Статистическую обработку полученных данных выполняли методом оценки различных вариантов полевого опыта по средним многолетним показателям [5].

Амурская область характеризуется своеобразием климата и почвенного покрова. Особенностью погодных условий является холодная малоснежная зима, способствующая глубокому промерзанию почвы, и холодная, засушливая затяжная весна, замедляющая оттаивание почвы, в результате чего жизнедеятельность почвенных микроорганизмов сдерживается, что, несомненно, влияет на структуру микробных и ферментных