

DOI 10.31029/vestdnc94/7

УДК 631.416.1; 631.417.4

## АЗОТНЫЙ ФОНД АГРОЧЕРНОЗЕМОВ КАНСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Н. Л. Кураченко, ORCID: 0000-002-1761-4995

Е. Ю. Казанова, ORCID: 0009-0005-1101-3477

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

## NITROGEN FUND OF AGRO-CHERNOZEM (BLACK SOILS) IN THE KANSK FOREST-STEPPE

N. L. Kurachenko, ORCID: 0000-002-1761-4995

E. Yu. Kasanova, ORCID: 0009-0005-1101-3477

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

Аннотация. В работе представлены результаты изучения азотного фонда агрочерноземов Канской лесостепи, расположенной в восточной части земледельческой зоны Красноярского края. Объектом исследования явились агрочерноземы, представляющие основу пахотного фонда региона. Показано, что почвы, функционирующие в условиях агроценозов, характеризуются высоким содержанием гумуса и общего азота, убывающим в ряду подтипов агрочерноземов: глинисто-иллювиальные оподзоленные – глинисто-иллювиальные типичные – криогенно-мицелиарные. Основная масса азотных соединений в почвах представлена негидролизующим азотом (88–97%). На долю трудногидролизующего азота приходится 7–8%, легкогидролизующего 2–4%, минерального 1% от запасов общего азота. Запасы негидролизующего азота в метровой толще почв постепенно снижаются в ряду подтипов агрочерноземов от 24,7 до 9,9 т/га, трудногидролизующего от 1,9 до 0,9 т/га. Более узкие интервалы колебаний выявлены для запасов легкогидролизующего азота. В слое 0–100 см они оцениваются величиной 0,5–0,6 т/га. Запасы аммонийного азота в агрочерноземах оцениваются величиной 0,12–0,07 т/га с максимумом, характерным для агрочерноземов глинисто-иллювиальных оподзоленных. По запасам нитратного азота подтипы агрочерноземов существенно не различаются. В слое 0–20 см они составляют 0,01 т/га, 0–100 см – 0,02 т/га.

Abstract. The paper presents the results of studying the nitrogen fund of agrochernozems of the Kansk forest-steppe located in the eastern part of the agricultural zone of the Krasnoyarsk Territory. The object of the study are the agro-chernozems which are the basis of the arable fund of the region. It is shown that the soils functioning in agroecosystems are characterized by a high content of humus and the total nitrogen, decreasing in the series of the agrochernozem subtypes: clay-illuvial podzolized – clay-illuvial typical – cryogenic-mycelial. The bigger part of the nitrogen compounds in the soils is represented by non-hydrolyzable nitrogen (88–97%). The share of hardly hydrolyzable nitrogen accounts for 7–8%, easily hydrolyzable nitrogen – 2–4%, mineral – 1% of the total nitrogen reserves. The reserves of the non-hydrolyzable nitrogen in the meter-thick soil layer gradually decrease in a series of the agrochernozem subtypes from 24,7 to 9,9 t/ha, and of hardly hydrolyzable nitrogen from 1,9 to 0,9 t/ha. Narrower ranges of fluctuations are revealed for the reserves of the easily hydrolyzable nitrogen. In the 0–100 cm layer, they are estimated at 0,5–0,6 t/ha. The reserves of the ammonium nitrogen in the agrochernozems are at 0,12–0,07 t/ha with a maximum characteristic of the clay-illuvial podzolized agrochernozems. The subtypes of the agrochernozems do not differ significantly in the reserves of the nitrate nitrogen. In the 0–20 cm layer, they are 0,01 t/ha, 0–100 cm – 0,02 t/ha.

Ключевые слова: агрочернозем, азотный фонд, общий азот, негидролизующий азот, трудногидролизующий азот, легкогидролизующий азот, аммонийный азот, нитратный азот.

Keywords: agrochernozem, nitrogen fund, total nitrogen, non-hydrolyzable nitrogen, hardly hydrolyzable nitrogen, easily hydrolyzable nitrogen, ammonium nitrogen, nitrate nitrogen.

Фракционный состав азота, являясь одним из важнейших показателей качественного состояния почв, зависит от процессов гумусообразования. Накопление в почве гумуса и общего азота определяется условиями почвообразования и формирует потенциальное плодородие почв [1]. При этом между содержанием гумусовых веществ и азота существует тесная корреляционная зависимость, обусловленная тем, что весь почвенный азот (за исключением природно-фиксированного и незначительного поступления с атмосферными осадками) является результатом биологической аккумуляции: около 90% азота почвы находится в органической форме, генетически связанной с гумусом [2, 3]. Известно, что основная часть азота представлена органическими соединениями, на долю минеральной части приходится около 3–4% [4, 5].

Основу пахотных земель Канской лесостепи, расположенной в восточной части земледельческой зоны Красноярского края, составляют интенсивно используемые черноземы. Сельскохозяйственная деятельность приводит к существенному перераспределению азотного пула [6], что обусловлено трансформацией многокомпонентного и постоянно меняющегося органического вещества почв особенно при смене технологий землепользования [7, 8].

Целью настоящей работы явилась оценка современного состояния азотного фонда агрочерноземов Канской лесостепи.

### Материалы и методы

Исследования по изучению азотного фонда агрочерноземов проведены на территории ООО «ОПХ Соляное», в Канской лесостепи Канско-Рыбинского геоморфологического округа. На этой территории выпадает 360–450 мм осадков в год, среднегодовая температура воздуха изменяется от  $-0,3$  °С до  $-1,7$  °С. Продолжительность периода биологической активности варьирует в пределах 84–115 сут. Сумма активных температур составляет 1561–1818 °С, почвы промерзают на глубину 1,5–3,0 м.

Объектами исследования явились агрочерноземы глинисто-иллювиальные оподзоленные, глинисто-иллювиальные типичные и криогенно-мицелярные. Опорные разрезы закладывали в пределах двух пахотных массивов площадью по 50 га, характеризующихся широко-увалистым рельефом со слабо выраженным микрорельефом в виде мелких понижений и повышений разной формы, что типично для большей части Канской лесостепи. Для определения классификационной принадлежности почв применена «Классификация и диагностика почв России» [9]. Морфологическое описание почв и отбор почвенных образцов проведен по генетическим горизонтам. В образцах определяли: общий углерод гумуса по Тюрину; валовой азот (ГОСТ 26107-84); трудногидролизуемый и легкогидролизуемый азот по методу Корнфильда; аммонийный азот (ГОСТ 26489-85) и нитратный азот (ГОСТ 26488-85).

### Результаты и их обсуждение

Черноземы Канской лесостепи, функционирующие в условиях агроценозов, характеризуются высоким содержанием гумуса и азота. Высокое содержание общего азота в агрочерноземах глинисто-иллювиальных оподзоленных, достигающее 2800–4700 мг/кг, сохраняется по всему профилю и постепенно снижается в связи с изменением гумуса (табл. 1). Для почв этого подтипа характерна средняя, низкая и очень низкая обеспеченность гумуса азотом. Отношение углерода к азоту изменяется по генетическим горизонтам от 9 до 15.

**Таблица 1.** Содержание углерода и азота в агрочерноземах глинисто-иллювиальных оподзоленных

| Горизонт  | Глубина, см | C, % | N <sub>общ</sub> , мг/кг | N <sub>тг</sub> , мг/кг | N <sub>лг</sub> , мг/кг | N <sub>нг</sub> , мг/кг | N-NH <sub>4</sub> , мг/кг | N-NO <sub>3</sub> , мг/кг | C:N  |
|---|-------------|------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|------|
| Р. 2 – Агрочернозем глинисто-иллювиальный оподзоленный мощный |             |      |                          |                         |                         |                         |                           |                           |      |
| PU  | 0–22        | 5,0  | 4700,0                   | 303,8                   | 95,2                    | 4285,2                  | 12,0                      | 3,8                       | 10,6 |
| AU  | 22–52       | 4,8  | 3600,0                   | 289,8                   | 74,2                    | 3222,9                  | 10,5                      | 2,7                       | 13,3 |
| AUe   | 52–69       | 4,6  | 3300,0                   | 300,3                   | 88,2                    | 2899,9                  | 9,7                       | 1,8                       | 13,9 |
| ВIe   | 69–93       | 2,8  | 2300,0                   | 163,8                   | 60,2                    | 2067,5                  | 7,2                       | 1,2                       | 8,5  |
| ВI  | 93–100      | 1,9  | 1500,0                   | 16,8                    | 26,3                    | 1452,6                  | 3,5                       | 0,7                       | 12,7 |
| Р. 5 – Агрочернозем глинисто-иллювиальный оподзоленный мощный |             |      |                          |                         |                         |                         |                           |                           |      |
| PU  | 0–22        | 3,5  | 2900,0                   | 259,0                   | 93,3                    | 2529,3                  | 15,6                      | 2,7                       | 12,1 |
| AU  | 23–56       | 3,8  | 2800,0                   | 108,5                   | 23,7                    | 2650,9                  | 14,7                      | 2,1                       | 13,6 |
| AUe   | 56–90       | 2,7  | 1800,0                   | 38,5                    | 15,4                    | 1731,3                  | 13,8                      | 1,0                       | 15,0 |
| ВIe   | 90–100      | 1,4  | 1100,0                   | 29,0                    | 10,0                    | 1055,4                  | 5,3                       | 0,3                       | 12,7 |

Наиболее узкое отношение C:N в профиле агрочерноземов глинисто-иллювиальных оподзоленных отмечено в горизонтах PU и ВIe, что обусловлено снижением доли гуминовых кислот.

Азотный фонд почв определяется долевым участием и соотношением форм азота в его суммарном содержании. Установлено, что основная масса азотистых соединений в агрочерноземах представлена недоступными для питания органическими формами. По мнению [10], это чрезвычайно стойкая к микробиологическому разложению часть азота, она практически не участвует в биологическом круговороте.

На долю этой фракции азота в горизонтах PU и AU агрочерноземов глинисто-иллювиальных оподзоленных приходится от 87 до 94% от общего азота. Следует отметить, что доля негидролизующего азота возрастает вниз по профилю почвы и составляет 89–97% от общего азота. Это свидетельствует о высокой устойчивости азотсодержащих соединений агрочерноземов к гидролизу. Процессы превращения азота в почвах Канской лесостепи заторможены суровыми биоклиматическими условиями, при которых значительная часть азотсодержащих соединений превращается в «мертвый» азотный фонд, исключается из биологического круговорота и питания растений. В агрочерноземе глинисто-иллювиальном содержание трудногидролизующего азота в горизонтах PU и AU составляет 108–303 мг/кг (3–9% от общего азота).

Легкогидролизующую фракцию азотистых веществ принято считать ближайшим резервом для питания растений [11]. При низкой обеспеченности легкогидролизующим азотом максимальное содержание этой фракции (95–93 мг/кг) в агропочвах выявлено в горизонтах PU с постепенным снижением с глубиной до 10–26 мг/кг. Известно, что содержание легкогидролизующего азота в почвах испытывает значительные колебания в зависимости от погодных условий, влажности почв, аэрации. В отдельные периоды, благоприятные для процессов минерализации, легкогидролизующий азот в большей своей части представлен минеральным азотом, а в другие сезоны – органическими соединениями.

Небольшая доля азота представлена минеральными соединениями, в составе которых присутствует аммонийный и нитратный азот. Накопление в почве минерального азота зависит от интенсивности процессов разложения и минерализации органического вещества, от скорости биологического синтеза новых азотсодержащих органических соединений [12]. Основным источником минерального азота в почве являются продукты минерализации гумуса, растительных остатков, а также органических удобрений [13–16]. Исследованиями установлено, что содержание нитратной формы азота в агрочерноземах глинисто-иллювиальных оподзоленных не превышает 0,1% по всему профилю почвы от общего азота. Преобладающей формой минерального азота в профиле почвы является аммонийный азот. Он составляет 10–14 мг/кг в верхних слоях почвы (0,20,5% от общего азота), постепенно снижаясь по профилю почвы.

**Таблица 2.** Содержание углерода и азота в агрочерноземах глинисто-иллювиальных типичных

| Горизонт   | Глубина, см | C, % | N <sub>общ</sub> , мг/кг | N <sub>тг</sub> , мг/кг | N <sub>лг</sub> , мг/кг | N <sub>нг</sub> , мг/кг | N-NH <sub>4</sub> , мг/кг | N-NO <sub>3</sub> , мг/кг | C:N  |
|--|-------------|------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|------|
| <b>Р. 1 – Агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный мощный</b>       |             |      |                          |                         |                         |                         |                           |                           |      |
| PU   | 0–23        | 4,6  | 4200,0                   | 307,3                   | 145,6                   | 3733,1                  | 11,1                      | 2,8                       | 11,0 |
| AU   | 23–47       | 3,7  | 3400,0                   | 245,3                   | 128,1                   | 3014,7                  | 8,8                       | 3,3                       | 10,9 |
| AUB  | 47–68       | 1,6  | 1300,0                   | 51,8                    | 51,1                    | 1190,5                  | 5,1                       | 1,5                       | 12,3 |
| BI   | 68–84       | 0,5  | 500,0                    | 27,3                    | 25,1                    | 442,2                   | 4,3                       | 1,1                       | 10,0 |
| Bmc  | 84–100      | 0,6  | 700,0                    | 13,3                    | 23,1                    | 658,9                   | 3,7                       | 0,9                       | 8,6  |
| <b>Р. 3 – Агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный среднemocный</b> |             |      |                          |                         |                         |                         |                           |                           |      |
| PU   | 0–23        | 3,5  | 2700,0                   | 245,0                   | 109,2                   | 2331,2                  | 11,6                      | 2,9                       | 13,0 |
| AU   | 23–35       | 3,4  | 2700,0                   | 252,0                   | 95,2                    | 2340,5                  | 10,4                      | 1,8                       | 12,6 |
| AUB  | 40–50       | 1,3  | 1100,0                   | 91,0                    | 32,2                    | 970,1                   | 4,8                       | 1,9                       | 11,8 |
| BI   | 55–65       | 0,5  | 600,0                    | 56,0                    | 4,2                     | 533,8                   | 4,3                       | 1,6                       | 8,3  |
| Bca  | 75–100      | 0,6  | 300,0                    | 52,5                    | 11,2                    | 231,1                   | 4,0                       | 1,1                       | 20,0 |
| <b>Р. 4 – Агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный среднemocный</b> |             |      |                          |                         |                         |                         |                           |                           |      |
| PU   | 0–22        | 3,5  | 2900,0                   | 224,0                   | 95,2                    | 2563,8                  | 12,0                      | 5,0                       | 12,1 |
| AU   | 22–40       | 3,5  | 2200,0                   | 105,0                   | 18,2                    | 2065,8                  | 8,4                       | 2,6                       | 15,9 |
| AUB  | 40–57       | 0,3  | 400,0                    | 45,5                    | 11,2                    | 335,5                   | 6,1                       | 1,7                       | 7,5  |
| Bmc  | 57–100      | 0,3  | 500,0                    | 40,5                    | 10,2                    | 443,5                   | 3,9                       | 1,9                       | 6,0  |

В агрочерноземах глинисто-иллювиальных типичных отмечено более низкое содержание общего азота. В гумусовой толще почв его концентрация составляет 4200–2200 мг/кг (табл. 2). Установлена дифференциация профиля по обеспеченности гумуса азотом. Она заключается в том, что на фоне низкой и очень низкой обеспеченности гумуса азотом с глубины 50–60 см она становится средней и высокой. Полученные закономерности объясняются подвижностью азотистых соединений в почвах [17].

В профиле агрочерноземов глинисто-иллювиальных типичных на долю негидролизующихся соединений азота приходится 86–93% от общего азота. Трудногидролизующая фракция азота в пахотных горизонтах составляет 5–9% от общего азота, существенно снижаясь под гумусовым горизонтом. По-видимому, причиной такой изменчивости степени подвижности азотистых веществ является разнокачественный состав гумуса в профиле почв. Агрочерноземы глинисто-иллювиальные типичные лучше обеспечены легкогидролизующим азотом по сравнению с оподзоленными подтипами. В пахотных горизонтах PU двух разрезов выявлена средняя обеспеченность легкогидролизующим азотом (109–146 мг/кг). Более высокая способность к гидролизу органических соединений азота в агрочерноземах глинисто-иллювиальных типичных обусловлена лучшей прогреваемостью последних. Доля легкогидролизующей фракции составляет 1–4% по всему профилю почвы.

**Таблица 3.** Содержание углерода и азота в агрочерноземах криогенно-мицелярных

| Горизонт   | Глубина, см | Углерод, % | N <sub>общ</sub> , мг/кг | N <sub>тг</sub> , мг/кг | N <sub>лг</sub> , мг/кг | N <sub>нг</sub> , мг/кг | N-NH <sub>4</sub> , мг/кг | N-NO <sub>3</sub> , мг/кг | C:N  |
|--|-------------|------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|------|
| Р. 6 – Агрочернозем криогенно-мицелярный маломощный      |             |            |                          |                         |                         |                         |                           |                           |      |
| PU   | 0–22        | 3,2        | 2800,0                   | 185,5                   | 94,4                    | 2503,5                  | 14,1                      | 2,5                       | 11,6 |
| AUB  | 22–28       | 1,5        | 1500,0                   | 122,5                   | 25,7                    | 1336,5                  | 13,4                      | 1,8                       | 10,1 |
| Bmc  | 28–60       | 0,5        | 600,0                    | 28,0                    | 15,7                    | 541,6                   | 13,2                      | 1,4                       | 8,7  |
| Bmc  | 60–100      | 0,3        | 580,0                    | 23,4                    | 15,6                    | 536,7                   | 13,0                      | 1,3                       | 5,0  |
| Р. 7 – Агрочернозем криогенно-мицелярный маломощный      |             |            |                          |                         |                         |                         |                           |                           |      |
| PU   | 0–22        | 3,6        | 2070,0                   | 208,6                   | 112,0                   | 1733,7                  | 5,6                       | 10,1                      | 17,4 |
| AU   | 22–32       | 3,7        | 1840,0                   | 160,0                   | 84,0                    | 1583,3                  | 2,7                       | 9,9                       | 19,9 |
| AUB  | 32–67       | 1,3        | 1470,0                   | 133,0                   | 40,5                    | 286,7                   | 3,4                       | 6,4                       | 8,7  |
| Bmc  | 67–100      | 1,1        | 680,0                    | 28,0                    | 28,0                    | 614,9                   | 5,0                       | 4,0                       | 16,2 |
| Р. 8 – Агрочернозем криогенно-мицелярный среднеспособный |             |            |                          |                         |                         |                         |                           |                           |      |
| PU   | 0–22        | 3,7        | 1990,0                   | 166,6                   | 91,0                    | 1699,9                  | 15,2                      | 17,2                      | 18,7 |
| AU   | 22–28       | 4,2        | 1790,0                   | 133,0                   | 56,0                    | 1586,5                  | 5,3                       | 9,2                       | 23,3 |
| AUB  | 28–45       | 4,4        | 1470,0                   | 101,5                   | 40,0                    | 1316,7                  | 5,8                       | 5,9                       | 29,6 |
| B  | 45–60       | 1,3        | 740,0                    | 28,0                    | 29,0                    | 673,3                   | 6,2                       | 3,4                       | 18,0 |
| Bmc  | 60–100      | 0,9        | 530,0                    | 10,0                    | 26,5                    | 487,8                   | 2,8                       | 2,9                       | 17,0 |

Результаты исследований показывают, что для профильного распределения аммонийного азота характерно уменьшение абсолютного содержания. Так, в верхних горизонтах содержание этой формы азота колеблется в пределах 8–11 мг/кг и свидетельствует о средней обеспеченности почвы в весенний период (0,2–0,4% от общего азота). Относительное его содержание увеличивается вниз по профилю и достигает 0,7–1% от общего азота. Наличие аммонийного азота в глубоких слоях черноземов связано

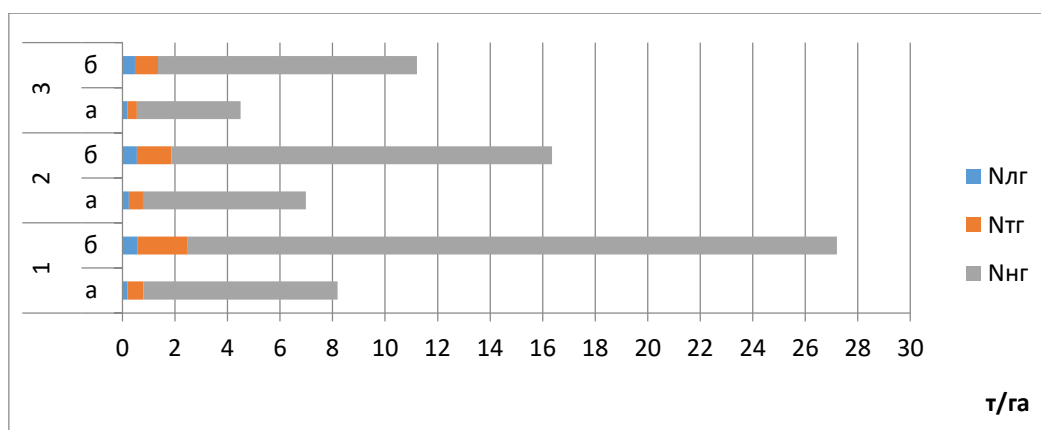
с передвижением по профилю гуматов аммония. С.А. Жакаевым [18] доказано, что чрезмерный избыток влажности, как и резкий недостаток влаги в почве, подавляет нитрификацию, но не препятствует аммонификационному процессу, что и приводит к увеличению содержания в почве аммонийного азота. В агрочерноземах глинисто-иллювиальных типичных на фоне очень низкой обеспеченности профиля нитратным азотом его доля в пахотных горизонтах составляет 0,3–0,6% от общего азота. Однако выявлена закономерность увеличения этой доли азота в нижележащих слоях почвенного профиля до 1–2%.

Наименьшим содержанием общего азота среди изученных подтипов отличаются агрочерноземы криогенно-мицелярные с малой мощностью гумусовых горизонтов (табл. 3). Содержание общего азота в профиле почв изменяется от 2800 до 530 мг/кг. Для гумусово-аккумулятивных горизонтов этого подтипа агрочерноземов характерна очень низкая и низкая обогащенность гумуса азотом (С:N = 30-11).

Общей особенностью распределения всех фракций органического азота в агрочерноземах криогенно-мицелярных является их аккумуляция в слое 0–40 см. На долю негидролизующей фракции азота в гумусовых горизонтах этого подтипа приходится 83–89% от содержания  $N_{\text{общ}}$ . Вниз по профилю доля этой фракции азота увеличивается до 90–92%. Полученные результаты свидетельствуют о наличии труднодоступных микроорганизмам соединений, что определяет недостаток в усвояемых формах азота. Содержание трудногидролизующего азота в агрочерноземах криогенно-мицелярных в горизонтах PU составляет 209–167 мг/кг и колеблется в пределах 7–10% от содержания общего азота. На фракцию легкогидролизующих соединений приходится 2–5% от общего азота. Обеспеченность легкогидролизующим азотом генетических горизонтов агрочерноземов криогенно-мицелярных оценивается, как правило, на низком уровне и изменяется от 94 до 16 мг/кг. Исключение составляет почва **разреза 7**, где в гор. PU содержание легкогидролизующего азота соответствует средней обеспеченности.

В весенний период при достаточно высокой влажности и сравнительно лучших условиях прогреваемости этого подтипа выявлено преобладание нитратной формы минерального азота. Для аммонийной формы азота установлена низкая и повышенная обеспеченность, не превышающая 15 мг/кг. Содержание нитратного азота изменяется от средней до высокой обеспеченности (10–17 мг/кг). Аммонийный азот, так же как и в других подтипах агрочерноземов, имеет тенденцию к увеличению вниз по почвенному профилю, достигая максимума на глубине 70–80 см (0,7–2,2% от общего азота).

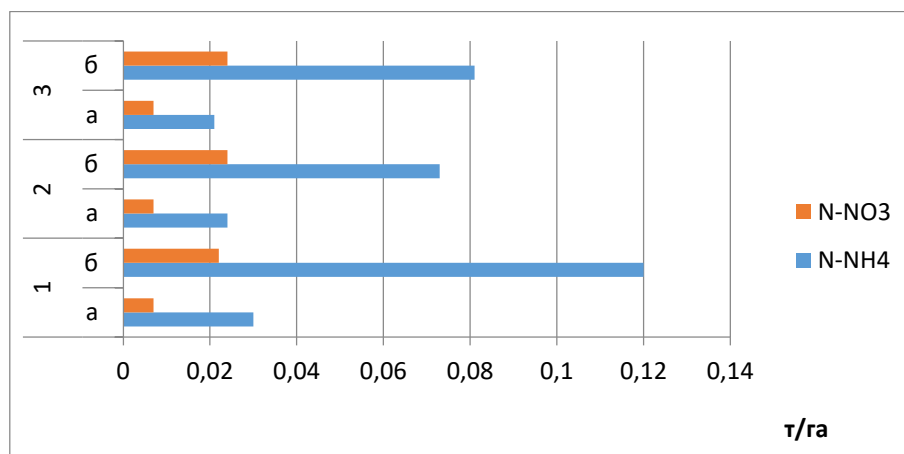
Определение абсолютных количеств (запасов) общего азота в агрочерноземах Канской лесостепи подтвердило известную географическую закономерность [19], заключающуюся в его понижении от агрочерноземов глинисто-иллювиальных оподзоленных к агрочерноземам криогенно-мицелярным (рис. 1). Запасы фракций негидролизующего и трудногидролизующего азота в 0–20 и 0–100 см толще снижаются от агрочерноземов глинисто-иллювиальных оподзоленных к агрочерноземам криогенно-мицелярным.



**Рис. 1.** Запасы органического азота в агрочерноземах, т/га: а – 0–20 см, б – 0–100 см; 1 – агрочернозем глинисто-иллювиальный оподзоленный (n = 2); 2 – агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный (n = 3); 3 – агрочернозем криогенно-мицелярный (n = 3)

Запасы негидролизующего азота в метровой толще подтипов агрочерноземов оцениваются величиной 24,7–9,9 т/га, трудногидролизующего – 1,9–0,9 т/га. Для запасов легкогидролизующего азота

среди подтипов агрочерноземов установлены более узкие интервалы колебаний (0,5–0,6 т/га). В агрочерноземах глинисто-иллювиальных типичных по сравнению с другими подтипами отмечено заметное увеличение запасов N<sub>лг</sub> до 0,24 т/га в слое 0–20 см.



**Рис. 2.** Запасы минерального азота в агрочерноземах, т/га: а – 0–20 см, б – 0–100 см; 1 – агрочернозем глинисто-иллювиальный оподзоленный (n = 2); 2 – агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный (n = 3); 3 – агрочернозем криогенно-мицелярный (n = 3)

Установленные закономерности фракционного состава почв определяют способность их к накоплению минерального азота. Исследования показывают незначительные запасы минерального азота в агрочерноземах всех подтипов (рис. 2).

Запасы аммонийного азота в метровой толще почв подтипов агрочерноземов оцениваются величиной 0,12–0,07 т/га с максимумом, характерным для агрочерноземов глинисто-иллювиальных оподзоленных. По запасам нитратного азота подтипы агрочерноземов существенно не различаются. В слое 0–20 см они составляют 0,01 т/га, 0–100 см – 0,02 т/га.

Таким образом, высокое содержание гумуса и общего азота в агрочерноземах Канской лесостепи, функционирующих в агроэкосистемах, характеризует их потенциальное плодородие. Содержание гумуса, его профильное распределение, фракционный состав азотного фонда являются характерными признаками подтипов агрочерноземов. Количество гумуса и органических форм азота уменьшается в ряду подтипов агрочерноземов: глинисто-иллювиальные оподзоленные – глинисто-иллювиальные типичные – криогенно-мицелярные. Азотный фонд пахотных черноземов представлен преимущественно стойкими органическими соединениями. В структуре запасов установлено преобладание негидролизующих (88–91%) и трудногидролизующих (7–8%) форм органического азота. Специфика азотного фонда агрочерноземов Канской лесостепи обуславливает невысокую подвижность азотсодержащих соединений. На долю легкогидролизующего азота в подтипах агрочерноземов приходится 2–4%, минерального азота – 0,5–0,8% с увеличением подвижности в агрочерноземах криогенно-мицелярных, обусловленной более благоприятным тепловым режимом этих почв.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зонально-провинциальные нормативы изменения агрохимических, физико-химических и физических показателей основных пахотных почв Европейской территории России при антропогенных воздействиях / А.С. Фрид, И.В. Кузнецова, И.Е. Королева, А.Г. Бондарев, Б.М. Козут, В.Ф. Уткаева, Н.А. Азовцева. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2010. 176 с.
2. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах. Новосибирск, 2013. 790 с.
3. Давлятин И.Д., Лукманов А.А. Содержание гумуса и общего азота в почвах лесостепи и дозы азотных удобрений под планируемую урожайность яровой пшеницы // Агрохимический вестник. 2020. № 2. С. 16–20.
4. Tate R. Soil microbiology. 2000. 508 p.
5. Andrieg S. Agrochimia elementelor nutritive. Fertilitatea ecologica solurilor. Chisinau: Pontos, 2011. 230 p.
6. Фрунзе Н.И. Фракционный состав азота почвы и его запасы // Агрохимия. 2015. № 8. С. 23–31.

7. Умаров М.М., Кураков А.В., Степанов А.Л. Микробиологическая трансформация азота в почве. М.: Геос, 2008. 138 с.
8. Современное состояние земельных и почвенных ресурсов Красноярского края / В.В. Чупрова, Н.Л. Кураченко, О.А. Сорокина [и др.] // Почвы Сибири: особенности функционирования и использования : сборник научных статей, посвященный памяти известного сибирского почвовед, доктора сельскохозяйственных наук, профессора П. С. Булгакова. Вып. 4. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2012. С. 13–37.
9. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
10. Чупрова В.В., Кадычегова А.Н., Кадычegov В.А. Азотный фонд почв Хакасии // Вестник КрасГАУ. 2008. № 4. С. 50–60.
11. Славнина Т.П. Азот в почвах элювиального ряда. Томск, 1978. 392 с.
12. Кураченко Н.Л., Бопп В.Л. Режим нитратного азота в черноземе при возделывании многолетних трав // Аграрный научный журнал. 2022. № 9. С. 29–33.
13. Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Азот в агросистеме на черноземных почвах: К 125-летию экспедиции В.В. Докучаева в Каменную Степь. М.: Российская академия наук, 2018. 180 с.
14. Невзоров А.И. Действие минерального питания на содержание в почве азота при выращивании кукурузы на силос // Инновационные технологии в АПК : материалы Международной научно-практической конференции. Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2018. С. 182–186.
15. Черепухина И.В., Безлер Н.В. Агроэкологические аспекты сохранения плодородия чернозема выщелоченного при использовании соломы зерновых культур и *Humicola Fuscoatra* // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности. Краснодар, 2018. С. 54–56.
16. Онищенко Л.М., Шалыпин В.В., Али А.К.А. Удобрение: минеральный азот в агроценозе озимой пшеницы // Энтузиасты аграрной науки. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020. С. 188–199.
17. Кадычегова А.Н. Запасы азота в черноземах и каштановых почвах и его основные потоки в агроценозах Минусинской котловины : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Красноярск, 2008. 17 с.
18. Жакаев С.А. Азотный фонд Костанайской области и эффективность применения азотных удобрений : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Уфа, 2005. 28 с.
19. Ерохина Н.Л. Содержание и запасы азота в почвах Средней Сибири (в пределах земледельческой территории Красноярского края) : дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2002. 152 с.

Поступила в редакцию 01.04.2024 г.  
Принята к печати 26.09.2024 г.

\*\*\*

**Кураченко Наталья Леонидовна**, доктор биологических наук, профессор кафедры почвоведения и агрохимии, Красноярский государственный аграрный университет; e-mail: kurachenko@mail.ru

**Natalya L. Kurachenko**, Doctor of Biology, professor of the Department of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agrarian University; e-mail: kurachenko@mail.ru

**Казанова Екатерина Юрьевна**, аспирант кафедры почвоведения и агрохимии, Красноярский государственный аграрный университет; e-mail: laletina95@bk.ru

**Ekaterina Yu. Kasanova**, graduate student of the Department of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agrarian University; e-mail: laletina95@bk.ru