

2. *Rudoj N.G.* Proizvoditel'naja sposobnost' pochv Prienisejskoj Sibiri. – Krasnojarsk: Izd-vo KrasGAU, 2010. – 240 s.
3. *Starovojtov N.G.* Agronomicheskaja ocenka karmanistosti chernozjomnyh pochv Krasnojarskogo kraja: avtoref. dis... kand. s.-h. nauk. – Novosibirsk, 1988. – 14 s.
4. *Zaripov R.H.* Tehnicheskij otchjot po pochvennomu obsledovaniju uchastka OPH «Minino» Emel'janovskogo rajona Krasnojarskogo kraja. – Krasnojarsk, 1996. – 156 s.
5. *Rudoj N.G.* Vlijanie osadkov i urovnja okul'turenosti pochv na urozhaj zernovyh kul'tur v Krasnojarskom krae // Tr. KSHI. – Krasnojarsk, 1962. – Т. 14. – S. 135–156.



УДК 631.445.51; 541.43

*А.Е. Кудрявцев, Н.В. Стюхляев*

### СВОЙСТВА КАШТАНОВЫХ ПОЧВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ МОБИЛИЗАЦИЮ ПОДВИЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ

*A.E. Kudryavtsev, N.V. Styukhlyayev*

### CHESTNUT SOILS PROPERTIES DEFINING THE NUTRITION ELEMENTS MOBILIZATION

**Кудрявцев А.Е.** – д-р биол. наук, проф. каф. почвоведения и агрохимии Алтайского государственного аграрного университета, г. Барнаул. E-mail: kae5959@mail.ru

**Kudryavtsev A.E.** – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Soil Science and Agrochemistry, Altai State Agrarian University, Barnaul. E-mail: kae5959@mail.ru

**Стюхляев Н.В.** – асп. каф. почвоведения и агрохимии Алтайского государственного аграрного университета, г. Барнаул. E-mail: styukhlyayev90@mail.ru

**Styukhlyayev N.V.** – Post-Graduate Student, Chair of Soil Science and Agrochemistry, Altai State Agrarian University, Barnaul. E-mail: styukhlyayev90@mail.ru

*Изучено влияние таких почвенных показателей, как температура, влажность, реакция среды, плотность почвы, порозность, на мобилизацию подвижных питательных веществ. Путем информационно-логического анализа установлены оптимальные состояния содержания подвижных элементов питания: нитратного (25–30 мг/кг) и аммонийного азота (>3 мг на 100 г почвы), подвижного фосфора (>24 мг на 100 г), обменного калия (>40 мг на 100 г) при различных значениях почвенных показателей. Полученные коэффициенты тесноты связи позволили выстроить зависимость элементов питания по значимости от почвенных факторов. Значимость показателей в мобилизации нитратного азота располагается в последовательности: порозность > реакция среды > температура почвы > влажность > плотность. Роль свойств в поведении*

*аммонийного азота выстраивается в следующий ряд: температура почвы > влажность > порозность > реакция среды > плотность. По степени значимости в мобилизации подвижного фосфора показатели распределяются в порядке: порозность > температура почвы > плотность > влажность > реакция среды. Значимость показателей, определяющих содержание в почве обменного калия, располагается в следующий ряд: температура > порозность > реакция среды > плотность > влажность. На основании определённых специфических состояний можно создавать оптимальные условия для мобилизации доступных элементов питания, формировать высокие и стабильные урожаи в агроценозах.*

**Ключевые слова:** мобилизация, подвижные элементы питания, температура, плотность

*почвы, порозность, реакция среды, влажность, специфические состояния.*

*The influence of such soil indicators as temperature, humidity, reaction of the environment, soil density, porosity, on mobilization of mobile nutrients was studied. By the information and logical analysis optimum conditions of the maintenance of mobile batteries were established: nitrate (25–30 mg/kg) and ammonia nitrogen (> 3 mg on 100 g of the soil), mobile phosphorus (> 24 mg on 100 g), exchange potassium (> 40 mg on 100 g) at various values of soil indicators. The resulting coefficients of the difficulty of communication made it possible to build the dependence of batteries in importance from soil factors. The importance of indicators in the mobilization of nitrate nitrogen was in the sequence: porosity > reaction medium > soil temperature > humidity > density. Role properties in the behavior of ammonia nitrogen were arranged in the following series: soil temperature > humidity > porosity > reaction medium > density. In order of the importance in the mobilization of mobile phosphorus indicators will be displayed in the following order: porosity > soil temperature > density > humidity > environment reaction. The weightings determine the soil content of exchange potassium in the following range: temperature > porosity > reaction medium > density > moisture. On the basis of certain specific conditions, it was possible to create optimal conditions for the mobilization of the available elements of power to form high and stable yields in agricultural ecosystems.*

**Keywords:** *mobilizing, moving feeding elements, temperature, soil density, porosity, reaction medium, humidity, specific conditions.*

**Введение.** Для растений не имеет принципиального значения, что является источником питания: природные резервы или вносимые удобрения. Важно, чтобы они были доступны, в необходимом соотношении и количестве, это зависит от многих условий и факторов, определяющих их поведение [1]. Влияние факторов и условий на мобилизацию элементов питания в большинстве случаев рассматривается с химической и биологической точки зрения. Химический путь превращения элементов питания связан с буферностью, физико-химическими, окислительно-восстановительными реакциями, протекающими в почвенном растворе. Биологи-

ческий путь трансформации элементов питания обусловлен соотношением и количеством различных групп микроорганизмов, ферментативной активности почвы и т.д. Безусловно, такой подход является важным для познания и понимания отдельных сторон трансформации элементов питания для растений, но недостаточным для формирования целостного представления о процессах мобилизации питательных веществ.

Одной из главных причин слабой изученности поведения макроэлементов в почвах является недостаточное знание о влиянии физических и физико-химических свойств почв на их динамику и превращение. Без рассмотрения такого механизма поведения элементов питания сложно объяснить, за счёт каких процессов пополняются фонды биофильных элементов при их постоянной трансформации в почвах в условиях сельскохозяйственных агроценозов [2]. Таким образом, знания о механизмах мобилизации подвижных элементов питания необходимы для регуляции процессов, обуславливающих рост и развитие растений.

**Цель работы.** Изучение влияния некоторых физико-химических свойств на мобилизацию подвижных элементов питания в каштановых почвах.

**Задачи исследования:** установить влияние температуры, влажности, реакции среды, плотности, порозности на поведение подвижных элементов питания; определить степень значимости почвенных свойств в мобилизации доступных элементов питания; определить оптимальные значения содержания элементов питания, формирующие максимальную урожайность яровой пшеницы.

**Объекты и методы исследования.** Объектами исследования послужили агроценозы каштановых почв сухой степи Алтая и их свойства, определяющие мобилизацию подвижных питательных веществ.

Зона сухой степи относится к территории с резко континентальным климатом. Безморозный период составляет 120–130 дней. Сумма температур воздуха за период с температурой выше 10°C равна 2200–2400, ГТК – 0,6–0,8. Характерной особенностью природной зоны является дефицит атмосферных осадков, суммарное количество за вегетацию не превышает 140–160 мм [3]. На рассматриваемой территории в

пашне, как правило, распространены, каштановые маломощные малогумусные, легкосуглинистые почвы.

По данным Р.В. Ковалёва, каштановые почвы достаточно хорошо обеспечены подвижными формами фосфора (10–15 мг) и калия (27–37 мг на 100 г почвы). Реакция среды в каштановых почвах близка к нейтральной – 6,8–7,3 [4]. Исследованиями В.П. Панфилова установлено, что каштановые почвы характеризуются плотностью почвы от 1,20 до 1,60 г/см<sup>3</sup>. Общая порозность в пахотном горизонте изучаемых почв невысокая и составляет в большинстве случаев не более 50 % [5].

Рассматривали влияние на мобилизацию элементов питания таких свойств почв, как влажность, температура, плотность, реакция среды, порозность. Для определения влияния вышеперечисленных почвенных свойств на мобилизацию питательных элементов проводили отбор почвенных образцов с глубины 0–10, 10–20, 20–30 см по основным фенологическим фазам развития яровой пшеницы сорта Алтайская 105. В отобранных образцах в лаборатории агрогенеза и плодородия агрогенных почв определяли влажность почвы термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89), рН водной вытяжки потенциометрическим (ГОСТ 26483-85), азот нитратов по методике Грандваль-Ляжу (ГОСТ 26951-86), аммонийный азот колориметрическим методом с реактивом Несслера (ГОСТ 26489-85), подвижный фосфор и обменный калий в одной навеске по методике Чирикова (ГОСТ 26204-91). Сопряжённо устанавливали плотность почвы методом режущего кольца (ГОСТ 5180-84), температуру почвы термометром Савинова, плотность твёрдой фазы пикнометрическим методом (ГОСТ 5180-84), порозность расчётным способом. Урожайность яровой пшеницы учитывали методом метровок в трёхкратной повторности.

Для установления связи мобилизации элементов питания с перечисленными свойствами почв использовали информационно-логический анализ, основанный на поведении явления, которое обусловлено состоянием фактора. Значимость фактора зависит от величины коэффициентов эффективности каналов связи (К, бит) и общей информативности (Т, бит) [6].

**Результаты исследования.** Порозность является немаловажным индикатором интенсивности ассимилирующей деятельности корневой системы растений, а также мобилизации питательных элементов (табл.1).

Порозность в большинстве почв непрерывно изменяется, потому что почва подвергается увлажнению и иссушению, поскольку происходит набухание и сжатие, агрегирование или дезагрегация [7]. В каштановых почвах порозность в меньшей степени подвержена таким изменениям. По нашим данным, в каштановой почве порозность оказывает наибольшее воздействие на мобилизацию доступных элементов питания. Установлено, что оптимальные интервалы общей пористости для мобилизации элементов питания не различаются. Установленные специфические состояния содержания элементов питания позволяют констатировать, что для их максимальной мобилизации благоприятна общая порозность более 44 %. Согласно коэффициенту тесноты связи, значимость общей порозности, как показателя в поведении доступного калия, наименьшая: К – 0,2930. Для подвижного фосфора и нитратного азота теснота связи порозности с мобилизацией наибольшая. Стоит отметить, что при чрезмерно низкой пористости (<35 %) мобилизация всех изучаемых элементов питания минимальна.

Температура почвы оказывает большое влияние на рост корневой системы растений и её усвояющую способность. При этом температура весьма существенно влияет на все процессы массо- и энергообмена в системе «почва – растение» [8]. Согласно рассчитанным коэффициентам тесноты связи, установили, что максимальное содержание нитратов возможно в каштановых почвах при температуре 22–30°C, что согласуется с данными Умарова, Куракова, считающими оптимальными условия для деятельности нитрификаторов температуру 25–30°C [9]. Наиболее благоприятные температурные условия для мобилизации аммонийного азота и подвижного фосфора складываются в интервале 14–18°C обменного калия при температуре 18–22°C.

Можно констатировать, что все рассматриваемые элементы питания отличаются заторможенностью мобилизационных процессов при температуре почвы менее 10 и более 30°C. В большей степени от температуры зависит поведение обменного калия, поскольку коэффициент

эффективности канала связи составляет 0,4493, фосфора, коэффициент эффективности канала в меньшей мере – мобилизация подвижного связи – 0,3164.

Таблица 1

**Факторы мобилизации подвижных элементов питания в сухой степи Алтая**

Фактор	Его состояние в слое 0–30 см	Подвижные элементы питания			
		N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Порозность, %	<35	0-5	2,0-2,25	4-8	10-15
	35-38	0-5	1,75-2,0	4-8	20-25
	38-41	5-10	<1,5	8-12	25-30
	41-44	10-15	1,75-2,0	12-16	25-30
	>44	15-20	2,75-3,0	>24	35-40
			T=0,9688 K=0,4740	T=0,5412 K=0,2930	T=0,8452 K=0,4722
Температура почвы, °С	<10	0-5	<1,5	4-8	10-15
	10-14	0-5	2,50-2,75	4-8	20-25
	14-18	0-5	>3,0	>24	25-30
	18-22	5-10	2,0-2,25	16-20	35-40
	22-26	20-25	1,50-1,75	12-16	30-35
	26-30	20-25	1,50-1,75	12-16	20-25
	>30	0-5	1,50-1,75	8-12	30-35
			T=1,0114 K=0,3996	T=0,8853 K=0,3775	T=0,828 K=0,3164
Плотность, г/см <sup>3</sup>	<1,30	20-30	>3,0	>24	30-35
	1,31-1,40	10-15	2,75-3,0	12-16	25-30
	1,41-1,50	5-10	1,75-2,0	8-12	25-30
	>1,50	0-5	<1,50	4-8	10-15
			T=0,3906 K=0,2055	T=0,4311 K=0,2485	T=0,5988 K=0,3142
Влажность почвы, %	<8	0-5	<3,0	4-8	10-15
	8-10	0-5	1,75-2,0	8-12	10-15
	10-12	5-10	2,25-2,50	16-20	15-20
	12-14	15-20	2,75-3,0	20-24	35-40
	14-16	25-30	2,50-2,75	12-16	>40
	>16	20-25	1,50-1,75	12-16	15-20
		T=0,8601 K=0,3789	T=0,7777 K=0,3471	T=0,6844 K=0,2826	T=0,426 K=0,1974
Реакция среды	<6,50	20-30	2-2,25	16-20	25-30
	6,50-6,75	5-10	2,5-3,0	20-24	30-35
	6,75-7,0	5-10	<1,5	12-16	35-40
	>7,0	0-5	<1,5	4-8	10-15
			T=0,7091 K=0,4490	T=0,5571 K=0,2832	T=0,4399 K**=0,2231

Примечание: N-NO<sub>3</sub> – мг/кг; N-NH<sub>4</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O – мг 100 г почвы; T – общая информативность, бит; K – коэффициент эффективности канала связи между фактором и явлением, бит.

Плотность почвы – важнейший регулятор интенсивности микробиологических, ферментативных и физико-химических процессов, водного, теплового и воздушного режимов, что оказывает существенное воздействие на мобилизацию питательных веществ, их доступность и использование растениями [10]. По данным Медведева, при плотности почвы до 1,20 г/см<sup>3</sup> наблюдается высокий уровень обеспеченности почвы нитратами [11]. Затем, по мере увеличения плотности, количество нитратной формы азота уменьшается. По нашим данным, сходная зависимость характерна не только в отношении нитратного азота, но и для всех остальных доступных элементов питания. При увеличении плотности более 1,30 г/см<sup>3</sup> происходит постепенное снижение мобилизации элементов питания, при плотности почвы более 1,50 г/см<sup>3</sup> количество элементов питания соответствует минимальным значениям. Стоит отметить, что значения плотности менее 1,30 г/см<sup>3</sup> на изучаемых почвах носят кратковременный характер.

Очевидно, одной из важных причин снижения уровня подвижности элементов питания при высокой плотности является снижение других важных свойств, таких как температура, влажность, порозность. Это, несомненно, подавляет биологическую активность почвы, увеличивает количество микрофлоры, оказывающей антагонистическое воздействие на химические и биологические звенья, обеспечивающие образование доступных элементов питания. Согласно коэффициентам тесноты связи фактора с явлением, в наибольшей степени от плотности зависит образование доступных соединений фосфора ( $K = 0,3142$ ), наименьшее воздействие из рассматриваемых элементов питания плотность почвы оказывает на поведение нитратной формы азота ( $K = 0,2055$ ).

Содержание достаточного количества влаги в почве является необходимым условием для нормального развития растений и оказывает большое влияние на подвижность и содержание элементов питания в почве [12]. Проведёнными исследованиями установлено, что снижение влажности приводит к резкому снижению мобилизации практически всех рассматриваемых элементов питания, за исключением аммоний-

ного азота; выявлено, что максимум его мобилизации отмечается при влажности менее 8 %, что соответствует уровню влажности устойчивого завядания для каштановых почв. Такое поведение азота аммония, по-видимому, объясняется прекращением расходования данной формы азота на процессы нитрификации.

По мнению А.Е. Кудрявцева, В.В. Тонких, поведение аммонийного азота при увеличении влажности обусловлено неустойчивостью процессов аммонификации, часть его улетучивается, другая переходит из аммонийной в нитратную форму [13]. Наиболее благоприятные условия для мобилизации нитратного азота в интервале 25–30 мг/кг и обменного калия более 40 мг на 100 г в каштановых почвах складываются при влажности 14–16 %. Лучшие условия для мобилизации подвижных фосфатов по специфическому состоянию 20–24 мг на 100 г установлены в интервале влажности 12–14 %.

Реакция почвенного раствора оказывает воздействие на протекающие в почве биологические, химические, физико-химические процессы. Проведённые исследования позволили выделить интервалы мобилизации элементов питания при различных значениях pH. Обнаружено, что в большей степени от исследуемого показателя зависит мобилизация нитратного азота, поскольку коэффициент эффективности канала связи равен 0,4490, при этом максимум содержания нитратов в каштановой почве наблюдается при pH водной суспензии менее 6,50, что соответствует слабокислой реакции, подщелачивание почвенного раствора приводит к резкому снижению мобилизации рассматриваемого элемента питания. Высокий уровень содержания доступных форм фосфора и аммонийного азота установлен при нейтральной реакции среды в интервале 6,50–6,75. Наибольшее содержание обменного калия, соответствующее 35–40 мг на 100 г, проявляется при нейтральной реакции водной вытяжки в диапазоне 6,75–7,0.

Урожайность отражает эффективное плодородие и зависит от свойств почвы. Одним из значимых условий получения высоких урожаев является оптимальное соотношение элементов питания в почве (табл. 2).

## Влияние подвижных элементов питания на урожайность яровой пшеницы

Фактор NO <sub>3</sub>	Урожай- ность, т/га	Фактор NH <sub>4</sub>	Урожай- ность, т/га	Фактор P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Урожай- ность, т/га	Фактор K <sub>2</sub> O	Урожай- ность, т/га
0-5	2,0-2,4	1,5-1,75	0,8-1,2	4-8	0,8-1,2	10-15	<0,8
5-10	>2,4	1,75-2,0	1,6-2,0	8-12	>2,4	15-20	0,8-1,2
10-15	1,6-2,0	2,0-2,25	>2,4	12-16	1,6-2,0	20-25	>2,4
15-20	1,6-2,0	2,25-2,50	2,0-2,4	16-20	0,8-1,2	25-30	2,0-2,4
20-25	0,8-1,2	2,50-2,75	1,2-1,6	-	-	30-35	1,6-2,0
>25	<0,8	2,75-3,0	1,2-1,6	-	-	35-40	1,6-2,0
-	-	>3	<0,8	-	-	>40	0,8-1,2
T=0,1273; K=0,0699		T=0,3072; K=0,1129		T=0,1778; K=0,0975		T=0,5215; K=0,1933	

Исследованиями определены оптимальные интервалы содержания элементов питания, позволяющие сделать вывод, что максимальное содержание подвижных питательных веществ не обеспечивает формирование наибольшей урожайности. Можно констатировать, что для формирования максимальной урожайности пшеницы оптимальное содержание азота в почве 5–10 мг/кг, аммонийного азота – 2,0–2,25 мг на 100 г, подвижного фосфора – 8–12 мг на 100 г, обменного калия – 20–25 мг на 100 г.

**Выводы.** Таким образом, рассчитанные специфические состояния содержания подвижных элементов питания в зависимости от некоторых физических и физико-химических свойств каштановой почвы позволили установить, что мобилизация нитратной формы азота наиболее энергично происходит в почве при следующих значениях изученных показателей: порозность >44 %, температура – 22–30 °С, плотность < 1,30 г/см<sup>3</sup>, влажность – 14–16 %, рН водной суспензии менее 6,50. Лучшие условия для мобилизации аммонийного азота складываются при таких значениях изученных индикаторов: порозность >44%. температура – 14–18 °С, плотность <1,30 г/см<sup>3</sup>; влажность – 8 %, рН водной суспензии 6,50–6,75. Максимальное образование доступных соединений фосфора происходит при значениях индикаторов: пористость >44 %, температура – 14–18 °С, плотность <1,30 г/см<sup>3</sup>, влажность – 12–14 %, рН водной суспензии 6,50–6,75. Наилучшие условия для образования обменного калия в следующих интервалах индикаторов: пористость >44 %, температура – 18–22 °С, плотность <1,30 г/см<sup>3</sup>, влажность – 14–16 %, рН водной суспензии 6,75–7,0. Наи-

большая урожайность яровой пшеницы формируется при содержании азота в почве 5–10 мг/кг, аммонийного азота – 2,0–2,25 мг на 100 г, подвижного фосфора 8–12 мг на 100 г, обменного калия – 20–25 мг на 100 г. Следовательно, интервалы почвенных свойств, обеспечивающие вышеперечисленные уровни мобилизации подвижных элементов питания, будут являться оптимальными и для формирования максимальной урожайности пшеницы.

## Литература

1. *Кидин В.В.* Система удобрений. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2011. – 535 с.
2. *Раджабова П.О.* Биологическая мобилизация элементов из труднодоступных соединений почвы и почвообразующих пород: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2006. – 27 с.
3. *Агроклиматические ресурсы Алтайского края.* – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 155 с.
4. *Ковалёв Р.В.* Почвы Кулундинской степи. – Новосибирск: Наука, 1967. – 296 с.
5. *Панфилов В.П.* Физические свойства и водный режим почв Кулундинской степи. – Новосибирск: Наука, 1973. – 258 с.
6. *Пузаченко Ю.Т., Карпачевский Л.О., Взнуздаев Н.А.* Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности // Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. – М.: Наука, 1970. – С. 103–121.

7. Воронин А.Д. Основы физики почв. – М.: Изд-во Москов. ун-та, 1986. – 244 с.
8. Ревут И.Б. Физика почв. – 2-е изд. – М.: Колос, 1972. – 368 с.
9. Умаров М.М., Кураков А.В., Степанов А.Л. Микробиологическая трансформация азота в почве. – М.: ГЕОС, 2007. – 138 с.
10. Трофимова Т.А. Научные основы совершенствования основной обработки и регулирования плодородия почв в ЦЧР: дис... д-ра с.-х. наук. – Воронеж, 2014. – 399 с.
11. Медведев В.В., Лындина Т.Е., Лактионова Т.Н. Плотность сложения почв (генетический, экологический и агрономический аспекты). – Харьков: 13-я типография, 2004. – 244 с.
12. Ягодин Б.А., Смирнов П.М., Петербургский А.В. [и др.]. Агрохимия. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 639 с.
13. Кудрявцев А.Е., Тонких В.В. Агрофизические условия мобилизации подвижных питательных веществ в почвах // Агрохимический вестник. – 2005. – С. 21–24.
4. Kovaljov R.V. Pochvy Kulundinskoj stepi. – Novosibirsk: Nauka, 1967. – 296 s.
5. Panfilov V.P. Fizicheskie svojstva i vodnyj rezhim pochv Kulundinskoj stepi. – Novosibirsk: Nauka, 1973. – 258 s.
6. Puzachenko Ju.T., Karpachevskij L.O., Vznuzdaev N.A. Vozmozhnosti primeneniya informacionno-logicheskogo analiza pri izuchenii pochvy na primere ee vlazhnosti // Zakonomernosti prostranstvennogo var'irovaniya svojstv pochv i informacionno-statisticheskie metody ih izuchenija. – M.: Nauka, 1970. – S. 103–121.
7. Voronin A.D. Osnovy fiziki pochv. – M.: Izd-vo Moskov. un-ta, 1986. – 244 s.
8. Revut I.B. Fizika pochv. – 2-e izd. – M.: Kolos, 1972. – 368 s.
9. Umarov M.M., Kurakov A.V., Stepanov A.L. Mikrobiologicheskaja transformacija azota v pochve. – M.: GEOS, 2007. – 138 s.
10. Trofimova T.A. Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya osnovnoj obrabotki i regulirovanie plodorodija pochv v CChR: dis. ... d-ra s.-h. nauk. – Voronezh, 2014. – 399 s.
11. Medvedev V.V., Lyndina T.E., Laktionova T.N. Plotnost' slozhenija pochv (geneticheskij, jekologicheskij i agronomicheskij aspekty). – Har'kov: 13-ja tipografija, 2004. – 244 s.
12. Jagodin B.A., Smirnov P.M., Peterburgskij A.V. [i dr.]. Agrohimiya. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Agropromizdat, 1989. – 639 s.
13. Kudrjavcev A.E., Tonkih V.V. Agrofizicheskie uslovija mobilizacii podvizhnyh pitatel'nyh veshhestv v pochvah // Agrohimicheskij vestnik. – 2005. – S. 21–24.

#### Literatura

1. Kidin V.V. Sistema udobrenij. – M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2011. – 535 s.
2. Radzhabova P.O. Biologicheskaja mobilizacija jelementov iz trudnodostupnyh soedinenij pochvy i pochvoobrazujushhijh porod: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – M., 2006. – 27 s.
3. Agroklimaticheskie resursy Altajskogo kraja. – L.: Gidrometeoizdat, 1971. – 155 s.

