

РЕЗЕРВЫ ФОСФОРА И КАЛИЯ В ОСНОВНЫХ ТИПАХ ЗОНАЛЬНЫХ ПОЧВ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

И. А. Захарова, кандидат биологических наук
Х. С. Юмашев, кандидат сельскохозяйственных наук

Челябинский НИИ сельского хозяйства,
Челябинск, Россия
E-mail: chniisx2@mail.ru

Ключевые слова: мониторинг, почва, валовой фосфор, подвижный фосфор, обменный калий, целина, пашня

Реферат. Одной из наиболее важных задач мониторинга земель является контроль содержания в почвах валовых и подвижных форм основных элементов питания. Фосфатно-калийный режим почвы зависит не только от её типа, геохимического состава почвообразующей породы, но также от рельефа местности и уровня химизации. Низкое содержание в почве фосфора на основной площади сельскохозяйственных угодий ограничивает продуктивность агроценозов. Запасы калия в почвах области довольно высоки, но наблюдения за данным показателем также не менее важны. Научный и практический интерес представляет сравнительная оценка фосфатно-калийного режима пахотных земель и целины в условиях одного и того же почвообразовательного процесса. По результатам исследований установлено, что наибольшими запасами валовых и подвижных форм фосфора обладают чернозёмные почвы, наименьшими – тёмно-серые горно-лесные. Выявлено повсеместное снижение запасов подвижного фосфора в почвах, вовлечённых в сельскохозяйственный оборот. Особенно ярко эта тенденция наблюдается в тёмно-серых горно-лесных почвах, чернозёмах обыкновенных и южных. По результатам мониторинга выявлено, что запасы обменного калия на основной площади пашни и целины повышенные, высокие и очень высокие. В тёмно-серых горно-лесных почвах, а также чернозёмах выщелоченных за пять туров обследования снизились запасы обменного калия. В хозяйствах, располагающих обновлённой информацией об агрохимических свойствах почвы, необходимо корректировать дозы удобрений с учётом содержания фосфора и калия в пахотном слое, а также с учётом выноса их с урожаем и коэффициента использования питательных веществ из почвы и удобрений.

PHOSPHORUS AND POTASSIUM RESERVES IN THE MAIN TYPES OF ZONAL SOILS OF THE CHELYABINSK REGION

I.A. Zakharova, Candidate of Biological Sciences
Kh.S. Iumashev, Candidate of Agricultural Sciences

Chelyabinsk Research Institute of Agriculture, Chelyabinsk, Russia

Key words: monitoring, soil, gross phosphorus, mobile phosphorus, exchangeable potassium, virgin land, arable land.

Abstract. One of the most important tasks of land monitoring is to control the content of gross and mobile forms of basic nutrients in soils. The phosphate-potassium regime of the soil depends not only on its type and the geochemical composition of the soil-forming rock, but also on the landscape and the level of chemicalization of the soil. The low content of phosphorus in the soil in the main area of agricultural land limits the productivity of agrocenoses. The reserves of potassium in the soils of the region are quite high. However, monitoring of this indicator is still important. A comparative

assessment of the phosphate-potassium regime of arable land and virgin lands under the same soil-forming process is of scientific and practical interest. According to the research results, it has been established that black soils have the highest reserves level of gross and mobile forms of phosphorus. Dark gray mountain-forest soils have the lowest one. A widespread decrease in the reserves of mobile phosphorus in agricultural soils was revealed. This tendency is especially pronounced in dark gray mountain forest soils, ordinary and southern black soils. According to the results of monitoring, it was revealed that the reserves of exchangeable potassium in the main area of arable land and virgin land are gradually increased. In the dark gray mountain-forest soils, as well as leached black soils for five rounds of the survey, the reserves of exchangeable potassium decreased. It is necessary to adjust the dose of fertilizers into the farms with updated information on the agrochemical properties of the soil, taking into account the content of phosphorus and potassium in the arable layer. Also it is of great importance to take into account their removal with the crop and the utilization rate of nutrients from the soil and fertilizers.

Ценность земли как основного средства сельскохозяйственного производства определяется её плодородием – способностью удовлетворять потребность растений в питательных веществах, воздухе, воде, тепле, биологической и физико-химической среде и обеспечивать высокий урожай сельскохозяйственных культурных растений при хорошем качестве продукции [1].

Мощное развитие технического прогресса в аграрном секторе экономики вступает в противоречие с экологическими проблемами. Активные негативные процессы, главным образом техногенного характера, пагубно сказываются на почвенном покрове и ведут к снижению потенциального плодородия: уменьшаются запасы органического вещества, происходит постепенное закисление, засоление и загрязнение пахотного слоя.

Информацию о плодородии и экологическом состоянии почвы в современном земледелии можно получить благодаря мониторингу, что позволит в дальнейшем рационально использовать земельные ресурсы и провести культуртехнические мероприятия. Программа мониторинга земель сельскохозяйственного назначения предусматривает контроль за содержанием в почве как валовых, так и подвижных форм питательных веществ, прежде всего фосфора и калия, дающий представление о плодородии почв.

Челябинская область одной из первых в Уральском регионе с 1993 г. начала вести мониторинг земель сельскохозяйственного на-

значения. Основанием для проведения работ послужили Постановление Правительства РФ от 15.02.1993 № 100 «О государственной программе мониторинга земель РФ на 1993–1995 гг.», Постановление губернатора Челябинской области от 02.06.1993 № 216 «О программе мониторинга земель в Челябинской области». При составлении программы исследований использованы рекомендации ВИУА [2] и В. В. Болотиной [3].

В основу работы положено планомерное периодическое (раз в 5 лет) наблюдение за параметрами плодородия и экологией почвенного покрова пахотных и целинных почв на стационарных реперных площадках, размещённых во всех природно-сельскохозяйственных зонах Челябинской области с охватом основных подтипов почв, встречающихся на землях сельскохозяйственного назначения.

Основной целью исследований является оценка состояния почв и прогноз изменений их плодородия под влиянием различных антропогенных факторов, а также раннее обнаружение развития неблагоприятных свойств почв при их сельскохозяйственном использовании.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одним из основных показателей плодородия почв, который подвергался исследованию по программе мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, является содержание фосфора (как в валовых, так и подвиж-

ных формах) и обменного калия. Поскольку запасы в почвах области валового калия довольно высоки, было принято решение представить в данной статье результаты только по содержанию обменного калия. Согласно методике исследования, содержание подвижного фосфора и обменного калия определяется с интервалом раз в 5 лет, содержание валового фосфора – раз в 10 лет.

Анализ почвенных образцов проводился в аналитической лаборатории ФГБНУ «Челябинский НИИСХ». Валовой фосфор определяли колориметрически методом Ле Ван Тиема, подвижный фосфор и обменный калий – по Чирикову (в образцах, взятых на чернозёме южном карбонатном, – по Мачигину). Общий гумус определяли по Тюрину, азот общий – по Кьельдалю, азот легкогидролизуемый – по Тюрину-Кононовой, гидролитическую кислотность – по Каппену, pH солевой вытяжки – потенциометрически,

сумму поглощенных оснований – по Каппену-Гельковицу.

Согласно методике выполнения работ по программе мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, содержание валовых и подвижных форм фосфора и калия приводится в миллиграммах на 1 кг почвы в слое 0–40 см. Аналогичные единицы измерения содержания различных форм основных элементов питания растений используют многие авторы, в частности А. Л. Иванов и др. [4].

Пробы почвы для анализа содержания фосфора и калия отбирали в 10 прикопках.

Статистическую обработку данных производили с помощью программы SNEDECOR, разработанной СибНИИЗХим (г. Новосибирск).

Основные агрохимические показатели, отражающие все многообразие представленных типов почв, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Общая агрохимическая характеристика исследуемых почв
General agrochemical characteristics of the studied soils

Тип почвы	Тип угодья	Содержание гумуса, %	Содержание азота		pH _{сол.}	Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г	Сумма поглощенных оснований, мг-экв/ 100 г
			Общего, %	Легкогидролизуемого, мг/100 г			
Чернозём выщелоченный	Пашня	5,90	0,44	84,4	5,45	3,64	32,6
	Целина	7,44	0,28	90,3	5,50	3,84	31,8
Чернозём обыкновенный	Пашня	6,22	0,40	75,6	6,25	1,91	40,1
	Целина	6,73	0,24	83,3	5,80	2,65	38,2
Чернозём южный	Пашня	3,93	0,29	74,6	7,25	0,43	50,6
	Целина	4,54	0,25	73,6	7,23	0,44	51,0
Тёмно-серая горнолесная	Пашня	3,32	0,18	65,0	5,18	4,03	27,0
	Целина	3,40	0,17	59,8	4,39	7,43	22,6
Солонец чернозёмный	Пашня	4,11	0,24	71,2	7,45	0,50	50,8
	Целина	5,35	0,29	78,8	7,20	0,52	49,3
Солонец лугово- чернозёмный	Пашня	4,32	0,27	94,3	7,54	0,80	46,9
	Целина	5,68	0,32	91,3	6,78	1,91	37,1

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По мнению большинства авторов, на запасы различных форм фосфора и калия в почве большое влияние оказывают почвообразующие породы, минералогический и гранулометрический состав, вид землепользования, уровень применения минеральных и органи-

ческих удобрений, а также климатические факторы [5–8].

По результатам наших исследований выявлено, что наибольшими запасами валового фосфора характеризуются выщелоченные чернозёмы, наименьшими – чернозёмы южные карбонатные (табл. 2). На различия в содержании валового фосфора оказывает влияние химический состав почвообразую-

Таблица 2

Содержание валового фосфора в основных типах зональных почв Челябинской области, мг/кг
 Content of gross phosphorus in the main types of zonal soils of the Chelyabinsk Region, mg / kg

Тип почвы	Тип угодья	Тур обследования		
		I (1993–1997 гг.)	II (1998–2003 гг.)	IV (2008–2012 гг.)
Тёмно-серая горно-лесная	Пашня	927	918	1040
	Целина	834	785	933
Чернозём выщелоченный	Пашня	1025	1277	1307
	Целина	1005	1250	1255
Чернозём обыкновенный	Пашня	702	794	983
	Целина	513	808	960
Чернозём южный карбонатный	Пашня	725	642	828
	Целина	607	614	558
Солонец чернозёмный карбонатный	Пашня	638	598	715
	Целина	788	610	800
Солонец лугово-чернозёмный	Пашня	950	1027	855
	Целина	725	865	813

щих пород. Разница в содержании общего фосфора между пашней и целиной в чернозёмах выщелоченных и обыкновенных незначительна и не превышает 4% в зависимости от тура обследования, в то время как в тёмно-серых горно-лесных почвах она составляет 11–17%, а в чернозёмах южных карбонатных 48% в пользу пашни. В солонце чернозёмном карбонатном содержание валового фосфора на пашне меньше, чем на целине, с разницей 12–24% в пользу целины. В солонцах лугово-чернозёмных на пашне содержание фосфора также было выше, чем на целине.

Наблюдения за содержанием валового фосфора в зональных почвах области показали возрастание запасов к четвёртому туру мониторинга. Наибольший рост отмечен в южных карбонатных и обыкновенных чернозёмах, а также в солонцовых почвах, как на пашне, так и на целине, что, на наш взгляд, можно объяснить только климатическими условиями в ареалах распространения этих подтипов почв.

Характеризуя содержание валового фосфора в основных подтипах зональных почв Челябинской области в целом, следует отметить, что в окультуренных почвах валовое содержание фосфора выше, чем в неосвоенных под пашню аналогах. Основным элементом питания, оказывающим огромное влияние на продуктивность возделываемых в зауральских агроландшафтах культур, является фосфор. Кроме того, он влияет и на эффективность вносимых удобрений, особенно азотных.

Неоднородность почвенного покрова исследуемых типов почв является причиной изменения содержания подвижного фосфора. Особенно проявляется это на солонцовых почвах, где более резко выражена комплексность, в отличие от чернозёмов.

По содержанию подвижного фосфора основные подтипы зональных почв области в зональном ряду представлены в убывающей последовательности, в частности, наибольшими запасами подвижного фосфора обладают чернозёмы выщелоченные, наименьшими – тёмно-серые горно-лесные.

Отчётливо проявилось снижение доли подвижного фосфора в тёмно-серых горно-лесных почвах от I к V туру обследования (табл. 3). Так, содержание подвижного фосфора к пятому туру обследования на пашне снизилось вдвое. По нашему мнению, здесь имеют место сорбционные процессы, которые усилились в результате повышения кислотности почвенного раствора, на что указывали многие исследователи [4, 9, 10]. На целинном аналоге тёмно-серой горно-лесной почвы содержание подвижного фосфора снижалась менее интенсивно.

В чернозёмах выщелоченных и обыкновенных на пашне содержание подвижного фосфора, наоборот, возросло. Однако темпы прироста невысоки: в выщелоченных чернозёмах они составляют 0,25 мг/кг, а в обыкновенных 0,15 мг/кг почвы в год. Данное явление можно объяснить повсеместным внедрением в земледелие технологий возделывания зерно-

Таблица 3

Содержание подвижного фосфора в основных типах зональных почв Челябинской области, мг/кг ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)
 The content of mobile phosphorus in the main types of zonal soils of the Chelyabinsk Region, mg / kg ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Тип почвы	Тип угодья	Тип обследования				
		I (1993–1997 гг.)	II (1998–2003 гг.)	III (2003–2007 гг.)	IV (2008–2012 гг.)	V (2013–2017 гг.)
Тёмно-серая горно-лесная	Пашня	18,8±3,8	16,4±3,7	15,3±2,6	12,3±1,2	9,3±2,4
	Целина	3,8±0,14	5,6±1,1	5,5±0,8	4,6±0,6	2,4±0,4
Чернозём выщелоченный	Пашня	50,8±1,1	50,6±1,4	54,1±1,9	53,3±5,4	55,8±4,0
	Целина	39,9±1,8	43,0±1,3	38,5±2,8	42,8±5,4	39,5±3,9
Чернозём обыкновенный	Пашня	22,2±2,4	19,0±3,2	25,5±3,4	23,1±2,7	25,1±3,1
	Целина	27,8±2,1	24,1±3,6	24,2±2,6	23,1±2,3	25,5±2,6
Чернозём южный карбонатный	Пашня	15,8±2,3	16,5±2,4	12,7±2,2	11,3±2,7	15,7±2,9
	Целина	12,1±1,5	11,6±1,5	11,0±1,2	11,6±1,4	7,9±0,7
Солонец чернозёмный	Пашня	31,7±5,7	43,2±5,7	42,1±7,6	33,1±4,3	34,9±6,4
	Целина	24,0±3,3	23,2±4,6	31,2±3,0	31,5±3,5	27,2±5,3
Солонец лугово-чернозёмный	Пашня	31,9±8,5	50,1±6,4	42,3±6,2	36,1±4,9	32,0±2,1
	Целина	18,3±3,7	23,4±2,8	19,3±3,5	15,8±2,5	18,4±1,9

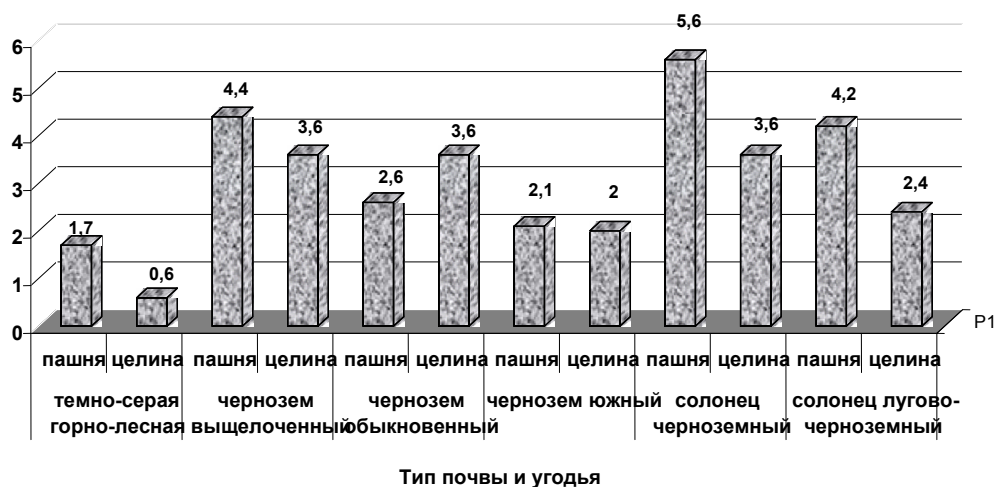
вых культур, предусматривающих оставление на поле всей незерновой части урожая, содержащей определённое количество фосфора.

В тёмно-серой горно-лесной почве, вовлеченной в сельскохозяйственный оборот, содержание подвижного фосфора заметно снизилось. В остальных типах зональных почв содержание подвижного фосфора оставалось без существенных изменений.

В целинных аналогах исследуемых типов почв, а именно тёмно-серых горно-лесных и чернозёме южном, содержание подвижного фосфора снизилось, в то время как в остальных типах и подтипах зональных почв содержание подвижного фосфора на целине осталось без изменений.

Статистическая обработка показателей подвижного фосфора по турам обследования показала высокую степень варьирования показателей содержания подвижного фосфора, особенно в обыкновенных и южных чернозёмах, а также солонцовых почвах (см. табл. 3).

Основная причина довольно высокой степени варьирования показателей стандартной ошибки заключается в недостаточности объёма выборки и в сезонных колебаниях содержания подвижного фосфора, обусловленных климатическими факторами [4, 5, 11]. В исследованиях по программе мониторинга земель сельскохозяйственного назначения объём выборки для определения содержания фосфора составлял 10 проб.



Доля подвижного фосфора в составе валового в среднем за 1993–2012 гг.
 The share of mobile phosphorus in the gross on average for 1993–2012

Доля подвижного фосфора в составе валового варьирует в широком диапазоне (рисунки). Наименьшее количество подвижного фосфора выявлено в тёмно-серых горно-лесных почвах: на пашне оно составляет 1,7%, на целине – 0,6; в чернозёме южном – 2,1 и 2,0, чернозёме обыкновенном – 2,6 и 3,6% соответственно. Больше всего в составе валового фосфора подвижных фосфатов: в солонцах чернозёмных на пашне 5,6%, на це-

лине – 3,6; в чернозёме выщелоченном – 4,4 и 3,6, а на солонце лугово-чернозёмном – 4,2 и 2,4% соответственно. Причём в обыкновенных чернозёмах доля подвижных фосфатов в составе валового на целине больше, чем на пашне. В остальных типах и подтипах зональных почв на целине доля подвижных фосфатов в составе валового фосфора ниже, чем на пашне.

Таблица 4

Содержание обменного калия в основных типах зональных почв Челябинской области, мг/кг ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)
Exchangeable potassium content in the main types of zonal soils of the Chelyabinsk Region, mg / kg ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Тип почвы	Тип угодья	Тип обследования				
		I (1993–1997 гг.)	II (1998–2003 гг.)	III (2003–2007 гг.)	IV (2008–2012 гг.)	V (2013–2017 гг.)
Тёмно-серая горно-лесная	Пашня	97 ± 4	67 ± 9	66 ± 4	77 ± 9	60 ± 5
	Целина	82 ± 4	57 ± 7	69 ± 8	67 ± 8	57 ± 4
Чернозём выщелоченный	Пашня	113 ± 4	100 ± 7	90 ± 4	92 ± 4	81 ± 7
	Целина	192 ± 8	178 ± 9	180 ± 5	178 ± 5	174 ± 6
Чернозём обыкновенный	Пашня	155 ± 7	122 ± 12	128 ± 9	139 ± 10	161 ± 15
	Целина	315 ± 24	221 ± 21	258 ± 20	286 ± 29	221 ± 26
Чернозём южный карбонатный	Пашня	470 ± 28	380 ± 18	349 ± 14	399 ± 14	360 ± 15
	Целина	473 ± 33	380 ± 20	412 ± 20	434 ± 13	365 ± 25
Солонец чернозёмный	Пашня	144 ± 14	131 ± 12	124 ± 7	159 ± 11	148 ± 24
	Целина	128 ± 13	171 ± 13	176 ± 12	193 ± 17	204 ± 16
Солонец лугово-чернозёмный	Пашня	141 ± 16	141 ± 14	130 ± 13	129 ± 13	142 ± 12
	Целина	105 ± 13	115 ± 5	124 ± 10	119 ± 12	144 ± 12

Представленные результаты исследований стали существенным дополнением к ранее опубликованным данным по фосфатному режиму основных подтипов зональных почв области [3, 7, 12–16].

Контроль за калийным режимом почвы также является одним из важных задач мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, хотя запасы его в почвах области довольно высоки. Обеспеченность большинства зональных почв области обменным калием повышенная, высокая и очень высокая (табл. 4). Если в тёмно-серых горно-лесных почвах и чернозёмах выщелоченных запасы обменного калия повышенные, то в чернозёмах обыкновенных и солонцовых почвах запасы калия высокие, а в чернозёмах южных очень высокие как на целине, так и на пашне.

К пятому туру обследования запасы обменного калия в тёмно-серых горно-лесных почвах и чернозёмах выщелоченных снизились на обоих типах угодья, наиболее заметное снижение наблюдалось в тёмно-серых горно-лесных почвах. В обыкновенных и южных чернозёмах, а также солонцовых почвах запасы обменного калия существенно не изменились.

ВЫВОДЫ

1. Наибольшие запасы валового фосфора отмечены в чернозёмах выщелоченных, наименьшие – в чернозёмах обыкновенных, южных и солонцовых почвах.

2. По запасам подвижного фосфора зональные почвы располагаются в следующей убывающей последовательности: чернозёмы

выщелоченные, солонцы чернозёмные и лугово-чернозёмные, чернозёмы обыкновенные, южные и тёмно-серые горно-лесные.

3. Больше всего подвижных фосфатов присутствует в составе валового фосфора в солонцах чернозёмных, выщелоченных чернозёмах и солонцах лугово-чернозёмных.

4. Запасы обменного калия в зональных почвах области довольно высоки, тем не менее в тёмно-серых горно-лесных почвах и выщелоченных чернозёмах содержание данного элемента питания растений падает.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения* / под ред. Л. М. Державина, Д. С. Булгакова. – М.: МСХ РФ, 2003. – 196 с.
2. *Методические и организационные основы проведения агроэкологического мониторинга в интенсивном земледелии* / под ред. Н. З. Милащенко. – М.: ВИУА. ВАСХНИЛ, 1991. – 354 с.
3. *Болотина В. В.* Агроэкологический мониторинг земель // *Агрохимический вестник*. – 1999. – № 3. – С. 18–21.
4. *Агробиологический цикл фосфора* / А. Л. Иванов [и др.]. – М.: Россельхозакадемия, 2012. – 512 с.
5. *Соколов А. В.* Агрохимия фосфора. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – 152 с.
6. *Антипина Л. П.* Подвижный фосфор в почвах Западной Сибири // *Химизация сельского хозяйства*. – 1988. – № 4. – С. 30–32.
7. *Сенькова Л. А.* Состояние почв агроландшафтов Южного Урала и пути их рационального использования: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Челябинск, 2009. – 32 с.
8. *Динамика подвижного фосфора в почвах лесостепи Западной Сибири* / В. М. Красницкий, И. А. Бобренко, А. Г. Шмидт, О. А. Матвейчук // *Плодородие*. – 2020. – № 2. – С. 57–60.
9. *Почвы Челябинской области и их агролесомелиорации* / В. М. Кретинин [и др.]. – Челябинск, 2010. – 273 с.
10. *Brady N. C., Weil R. R.* The Nature and Properties of Soils. 13th ed. // New Jersey 07458 – Upper Saddle River. – 2002. – 960 p.
11. *Гинзбург К. Е.* Фосфор основных типов почв СССР. – М.: Наука, 1981. – 241 с.
12. *Кушнirenко Ю. Д., Слепец О. Ф.* Фосфатно-калийный режим зональных почв // *Новые адаптивные технологии производства продукции земледелия и животноводства: сб. науч. тр.* – Миасс: Геотур, 2000. – С. 23–43.
13. *Кушнirenко Ю. Д., Климов В. Я.* Плодородие почвы и пути его регулирования // *Система ведения агропромышленного производства Челябинской области на 1991–1995 гг.: рекомендации* / РАСХН. ЧНИИСХ. – Челябинск, 1991. – С. 77–89.
14. *Сравнительная оценка основных подтипов зональных почв Челябинской области* / А. В. Вражнов, В. Н. Брагин, Ю. Д. Кушнirenко, Х. С. Юмашев, И. А. Захарова // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. – 2009. – № 5. – С. 27–29.
15. *Юмашев Х. С., Захарова И. А.* Фосфатный режим черноземных почв Челябинской области // *Плодородие почв России: состояние, тенденции и прогноз: материалы междунар. конф.* / под ред. В. Г. Сычева. – М.: ВНИИ агрохимии, 2019. – С. 406–410.
16. *Lecture Notes on the Major Soils of the World* / Paul Driessen, Jozef Deckers, Freddy Nachtergaele // *FAO of the United Nations*. – Rome, 2001. – P. 94.

REFERENCES

1. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya zemel'sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya* (Guidelines for comprehensive monitoring of agricultural land fertility). Pod red. L. M. Derzhavina, D. S. Bulgakova. Moscow: MSKh RF, 2003. 196 p.

2. *Metodicheskie i organizatsionnye osnovy provedeniya agroekologicheskogo monitoringa v intensivnom zemledelii* (Methodological and organizational bases of agroecological monitoring in intensive agriculture). Pod red. N. Z. Milashchenko. Moscow: VIUA. VASKhNIL, 1991, 354 p.
3. Bolotina V. V. *Agrokhimicheskiy vestnik*, 1999, No. 3, pp. 18–21. (In Russ.)
4. Ivanov A. L. [i dr.]. *Agrobiologicheskiy tsikl fosfora* (Agrobiological cycle of phosphorus). Moscow: Rossel'khozakademiya, 2012, 512 p.
5. Sokolov A. V. *Agrokhimiya fosfora* (Agricultural chemistry of phosphorus). Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1950, 152 p.
6. Antipina L. P. *Khimizatsiya sel'skogo khozyaystva*, 1988. No. 4, pp. 30–32. (In Russ.)
7. Sen'kova L. A. *Sostoyanie pochv agrolandshaftov Yuzhnogo Urala i puti ikh ratsional'nogo ispol'zovaniya* (State of soils of agricultural landscapes of the southern Urals and ways of their rational use). Extended abstract of Doctor's thesis, Chelyabinsk, 2009, 32 p.
8. Krasnitskiy V. M., Bobrenko I. A., Shmidt A. G., Matveychuk O. A. *Plodorodie*, 2020, No. 2, pp. 57–60. (In Russ.)
9. Kretinin V. M. i dr. *Pochvy Chelyabinskoy oblasti i ikh agrolesomelioratsii* (Soils of the Chelyabinsk region and their agroforestry), Chelyabinsk, 2010, 273 p.
10. Brady N. C., Weil R. R. The Nature and Properties of Soils. 13th ed. *New Jersey 07458*. Upper Saddle River, 2002, 960 p.
11. Ginzburg K. E. *Fosfor osnovnykh tipov pochv SSSR* (Phosphorus of the main types of soils in the USSR), Moscow: Nauka, 1981, 241 p.
12. Kushnirenko Yu. D., Slepets O. F. *Novye adaptivnye tekhnologii proizvodstva produktsii zemledeliya i zhivotnovodstva* (New adaptive technologies for agricultural and livestock production). Collection of proceedings. Miass: Geotur, 2000, pp. 23–43. (In Russ.)
13. Kushnirenko Yu. D., Klimov V. Ya. *Sistema vedeniya agropromyshlennogo proizvodstva Chelyabinskoy oblasti na 1991–1995 gg.* (System of agricultural production in the Chelyabinsk region for 1991–1995). RASKhN. ChNIISKh, Chelyabinsk, 1991, pp. 77–89. (In Russ.)
14. Vrazhnov A. V., Bragin V. N., Kushnirenko Yu. D., Yumashev Kh. S., Zakharova I. A. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*, 2009. No. 5, pp. 27–29. (In Russ.)
15. Yumashev Kh. S., Zakharova I. A. *Plodorodie pochv Rossii: sostoyanie, tendentsii i prognoz* (Soil fertility in Russia: status, trends and forecast). Proceedings of the Conference Title, Moscow: VNII agrokhimii, 2019, pp. 406–410. (In Russ.)
16. Driessen Paul, Deckers Jozef, Nachtergaele Freddy. Lecture Notes on the Major Soils of the World. *FAO of the United Nations*, Rome, 2001, p. 94.