ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ

В.И. Савич[1], С.Л. Белопухов[1], М.Е. Котенко[2], В.В. Гукалов[3], П.И. Ильичева[1], Т.А. Федорова[4]

[1]РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
ул. Тимирязевская, 49, Москва, Россия, 127550

[2]Дагестанский государственный университет
просп. Имама Шамиля, 70, г. Махачкала, Республика Дагестан, 367015

[3]Кубанский государственный аграрный университет
ул. Калинина, 13, г. Краснодар, Россия, 350044

[4]Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8/2, Москва, Россия, 117198

В работе показано, что минералогический состав почв является фактором почвообразования при рассмотрении литологии на более низком иерархическом уровне. Минералогический состав определяет содержание и соотношение в почвах элементов питания и токсикантов, процессы ионного обмена, устойчивость почв к деградации, плодородие почв. Он является матрицей формирования почв и регулирует трансформацию, миграцию и аккумуляцию в почве вещества, энергии и информации внешней среды и антропогенного воздействия.

Ключевые слова: минералогический состав, плодородие, экологическое состояние

Введение. Минералогический состав почв в значительной степени определяет физико-химические, агрохимические свойства почв, а следовательно, протекающие процессы, режимы и модели плодородия. Он является матрицей формирования свойств почв [1], регулирует трансформацию, миграцию и аккумуляцию в почве вещества, энергии и информации внешней среды и антропогенного воздействия [2], коллоидно-химические характеристики [3; 4]. Следовательно, минералогический состав влияет на энергетическую оценку почв, а, следовательно, систем земледелия.

Однако несмотря на значительное количество фундаментальных исследований по влиянию минералогического состава на плодородие почв [7], данная проблема изучена недостаточно, что определяет отсутствие общепринятых показателей уточнения плодородия почв и степени доступности для растений биофильных элементов с учетом минералогического состава почв.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования выбраны дерново-подзолистые почвы Московской области разной степени окультуренности и удобренности пометом, каштановые почвы Дагестана с разным уровнем развития дигрессии и характеристиками, описанными ранее [8]. Методика исследования состояла в оценке минералогического состава почв по общепринятым стандартным методикам, в оценке физико-химических показателей почв [4; 5].

Результаты и обсуждение. Вильямс В.Р. писал, что сущность почвообразования — это синтез и разрушение органического вещества почв. Аналогичным образом можно констатировать, что сущность почвообразования — это трансформация, миграция и аккумуляция вещества, энергии и информации минералами.

При обобщении литературных данных и основываясь на анализе полученного нами экспериментального материала, выделяются следующие группы агроэкологической оценки минералогического состава почв как источника биофильных элементов и токсикантов, как сорбента, определяющего особенности ионного обмена в почвах, сорбцию молекул, газов и паров воды, как компонента геохимических барьеров в почвенном профиле, для уточнения обеспеченности почв элементами питания и ПДК токсикантов с учетом скорости перехода ионов из твердой фазы в раствор и депонирующей способности почв; для уточнения интенсивности слитизации, протекания реакций под давлением с учетом минералогического состава, как компонент, определяющий плотность заряда сорбционных мест, электрическое и магнитное поле в отдельных участках, влияющих на особенности химических и биохимических реакций, как носитель памяти и энергии, особенностей фракционного состава соединений почв, как компонент, обусловливающий структуру почв, как сорбент, вносимый в почву для оптимизации ее агроэкологического состояния.

С нашей точки зрения, необходимо введение корректировки в существующие градации обеспеченности почв элементами питания, оптимумов водно-физических свойств почв и предельно допустимых концентраций токсикантов с учетом преобладающих в почвах минералов, а именно:

1. Минералогический состав почв характеризуется вещественным составом отдельных минералов. Ряд минералов определяет содержание в почве биофильных элементов (содержание калия зависит от наличия в почве слюд, магния — от наличия вермикулита). Минералы группы гидроокисей почв (гетит, лимонит и т.д.) определяют степень базоидности почв и поглощение почвами фосфатов. Значительное влияние минералы оказывают на величину емкости поглощения почвами катионов (5 мг-экв на 100 г каолинита и до 80 мг-экв/100 г монтмориллонита).

Минералы определяют емкость поглощения почв и по типу физической сорбции. Так, удельная поверхность каолинита составляет 11 $м^2$/г и емкость поглощения катионов 2—10 мг-экв/100 г, для монтмориллонита соответственно 310 $м^2$/г и 80—150 мг-экв/100 г. Минералы типа 2 : 2 и 2 : 1 с разбухающим межпакетным пространством (от 7 до 20 Å) контролируют скорость перехода катионов из твердой фазы в раствор, гистерезис водных и физико-химических свойств почв [7].

Почвы разного минералогического состава отличаются по депонирующей способности. Содержание ионов в растворах десорбентов определяется эффективны-

ми произведениями растворимости осадков, константами нестойкости комплексов и константами ионного обмена, т.е. интенсивными параметрами. Эти показатели не полностью соответствуют содержанию подвижных ионов в твердой фазе почв, что может быть установлено с использованием метода радиоактивных индикаторов, при проведении последовательных вытяжек. При этом каждая последующая вытяжка вытесняет из почв более прочно связанные с твердой фазой ионы и их концентрация в равновесном растворе постепенно уменьшается.

При преобладании в почвах минералов типа 2 : 2 и 2 : 1 при одном и том же содержании иона в первой вытяжке его содержание в последовательных вытяжках убывает медленнее, чем при преобладании в почве каолинита. Например, по полученным нами данным, сумма фракций Са, вытесненного из чернозема 5 последовательными вытяжками 0,05 М HCl (500 мл на 10 г почв), составила 812 мг/100 г, а в дерново-подзолистой почве — 460 мг/100 г. Однако сумма вытесненных последовательными фракциями соединений железа составила в дерново-подзолистой почве 152 мг/100 г, а в черноземе — 116,2. Большая депонирующая способность по отношению к биофильным элементам и тяжелым металлам у черноземов по сравнению с дерново-подзолистыми почвами установлена в предыдущих исследованиях [8].

2. С нашей точки зрения, важное практическое значение имеет энергетическая оценка минералогического состава почв. Отдельные минералы характеризуются определенными значениями термодинамических величин ΔG, ΔH, ΔS. Энергия, аккумулированная в опаде растений при разложении растительных остатков, частично теряется и частично используется на образование более сложных вторичных продуктов с уменьшением энтропии (ΔS) и с увеличением энтальпии (ΔH), т.е. происходит запасание (накопление) энергии. При поступлении в недра Земли под большим давлением эта энергия освобождается, что частично обусловливает повышение температуры глубинных слоев литосферы [9]. Эта энергия используется и в процессах почвообразования [2].

Минералогический состав почв в значительной степени определяет процессы ионного обмена в почвах. Относительная энергия поглощения ионов почвами определяется одновременно наличием в сорбенте сорбционных мест, требующих высокой или низкой корреляции сорбата, величиной заряда сорбента и сорбата, способностью иона к образованию ионной и ковалентной связи, прочностью образуемой связи с балансом энергии при реакциях обмена. Поэтому ряды поглощения катионов отдельными почвами и минералами отличаются. С учетом прочности связи выделяется следующий ряд по прочности связи катионов с ППК: $Si^{4+} > Fe^{3+} > Al^{3+} > Mg^{2+} > H^{+} > Ca^{2+} > Na^{+} > K^{+}$.

Согласно опубликованным ранее материалам [5], при поглощении катионов минералами одновременно с тенденцией к образованию прочной связи существует тенденция к сохранению пространственного расположения силовых линий сорбционных мест. В связи с этим существует правило селективности сорбентов по отношению к катионам с определенным координационным числом. Для сорбционных мест, требующих высокой координации катионов, выделяется следующий ряд по вероятности поглощения катионов: $H^{+} > NH^{4+} > K^{+} > Na^{+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} >$

> Fe^{3+} > Al^{3+}. Селективность в поглощении катионов обусловлена также силой электростатического поля на сорбенте. На сорбентах с сильным электростатическим полем более вероятно поглощение катиона меньшего размера и с большей плотностью заряда.

На прочность связи катионов с ППК оказывает влияние наличие заместителей у атома кислорода, притягивающих или отталкивающих электроны (индуктивный и мезомерный эффект поглощенных катионов). Этим, в частности, обусловлено образование малонатриевых — магниевых солонцов [3; 4].

Минералогический состав определяет плотность заряда в почвах ацидоидов и базоидов и особенности известкования и гипсования почв [8]. Минералогический состав почв определяет также сорбцию фосфатов почвами и тепловой эффект сорбции [2].

3. Большое значение имеет информационная оценка минералогического состава почв. Информационная энтропия характеризует прямо и косвенно степень упорядоченности (хаотичности) системы. Примерно равное содержание гранулометрических фракций типично для систем, близких к хаотичным. Такие системы характеризуются как наиболее вероятное состояние. Предлагается для оценки емкости и структуры продукционно-экологических ресурсов почв учитывать способность их вещественного состава, энергетических и информационно-энтропийных свойств осуществлять продукционные и экологические функции.

Минералогический состав почв является трансформатором воздействующих на почву физических полей Земли и полей антропогенной природы. Он содержит память о предыдущих этапах почвообразования, дает информацию о протекающих процессах антропогенного воздействия на почву и, как фактор почвообразования на более низком иерархическом уровне, чем литология, определяет особенности эволюции почв.

Информационная функция минералогического состава почв изменяется при развитии почвообразовательных процессов.

4. Минералогический состав является фактором, корректирующим обеспеченность почв элементами питания, определяет буферные свойства почв, допустимые дозы внесения в почву удобрений и мелиорантов, токсикантов.

В ряде развитых стран градации обеспеченности почв элементами питания зависят от емкости катионного обмена. Так, по данным W.J. Weldkamp [10], оптимум содержания Zn, вытесненного из почв 0,1 н HC1, составляет при емкости поглощения почвами катионов < 10 мг-экв/100 г > 1,0, а при емкости поглощения почв > 10 мг-экв/100 г — > 7,0 ppm; а для P_2O_5, извлекаемому из почв методом Ольсена, соответственно > 15 и > 20, для Mn, извлекаемого раствором ДТРА, соответственно >1,0 и > 5 ppm.

В литературе отмечается, что минералогический состав почв необходимо учитывать при оценке оптимального содержания в почвах фосфатов [10; 11], при оценке опасности осолонцевания почв [6].

Проведенными нами исследованиями установлена необходимость учета минералогического состава при загрязнении почв тяжелыми металлами, при оценке устойчивости почв к эрозии, оглеению, оподзаливанию.

Минералогический состав почв определяет опасность загрязнения почв биологически активными элементами. Так, при низком содержании гумуса пониженная удерживающая способность почв по отношению к данным элементам отмечается при преобладании в почве каолинита и галлуазита, средняя — при преобладании иллита и смектита, высокая — при преобладании аллофана и минералов группы полуторных окислов.

По данным H. Pagel [11], при преобладании в почвах каолинита и свободных оксидов емкость поглощения почв меньше 20 мг-экв/100 г, при преобладании иллита и каолинита — 20—40, при преобладании иллита и монтмориллонита — 40—60, при преобладании монтмориллонита и иллита — 60—80.

5. Важное практическое значение имеет прогноз изменения минералогического состава почв при антропогенном воздействии. Изменение минералогического состава при внесении удобрений обусловлено накоплением энергии в почве, трансформацией минералов в зависимости от содержания калия и pH среды, комплексообразующей способностью водорастворимого органического вещества разлагающихся растительных остатков и применяемых органических удобрений. Однако действие этих независимых переменных на изменение минералогического состава почв обусловлено их сочетанием и свойствами почв.

Окультуривание почв приводит к изменению минералогического состава. По полученным нами данным, при окультуривании почв в течение 18 лет — внесении ежегодно навоза 10 т/га и минеральных удобрений для получения урожая пшеницы в расчете на использование 3% ФАР — произошли следующие изменения в минералогическом составе почв.

Распределение илистой фракции по профилю почв изменилось с элювиального на элювиально-иллювиальное. Аналогичные изменения произошли в отношении смектитового компонента. Относительно увеличилось количество 7 Å фазы, представленной хлоритом в большей мере, чем в контроле. 7 Å компонент увеличился в пахотном слое за счет увеличения участия хлорита, уменьшились интенсивности рефлексов от слоистых силикатов, что обусловлено увеличением количества органического вещества в илистой фракции и увеличением роли высокодисперсного кварца. Это иллюстрируется данными табл. 1.

Таблица 1

Изменение минералогического состава дерново-подзолистой почвы при окультуривании, Ап *

pH	Гумус, %	K_2O, мг/100 г	S, мг-экв на 100 г	7 Å	10 Å	18 Å
слабоокультуренная почва						
4,3	1,4	6,0	9,0	3,0	6,8	2,0
хорошо окультуренная + NPK на 3% ФАР						
5,9	2,8	17,0	12,0	4,5	9,0	2,5

Примечание: * основные фазы (в %) для почвы в целом; пик 7Å обусловлен каолинит хлоритом, 10Å — гидрослюдами, 18Å — смектитом.

В исследуемых почвах энергоемкость гумуса в ккал/га составляла для слабоокультуренных почв 815—880 млн кДж/га, для хорошо окультуренной + NPK —

1190—1400 млн кДж/га, энергоемкость почв соответственно 1470 и 2160—2350 млн кДж/га, поступало энергии в почву с послеуборочными остатками в $ОК_1$ — 49 млн кДж/га, в $ОК_3$ + NPK — 100—102 млн кДж/га. Соответственно, урожай зерна озимой пшеницы на этих почвах составлял 16,2 ц/га и 37,8 ц/га.

При применении высоких доз органических удобрений также отмечается изменение минералогического состава почв. Так, для дерново-подзолистых среднесуглинистых почв Московской области при внесении помета с опилками в дозе 1000 т/га по сравнению с дозой 100 т/га отмечалось уменьшение илистой фракции, увеличение относительного содержания каолинита + хлорита, гидрослюд, слюдосмектитов с низким содержанием смектитовых пакетов, уменьшение содержания слюдо-смектитов с высоким содержанием смектитовых пакетов и слюдовермикулита. При этом отмечалось и увеличение количества тонкодисперсного кварца. При очень высокой дозе помета увеличилась интенсивность общего рефлекса 4,4 Å, что свидетельствует о высоком содержании в илистой фракции рентгеноаморфных веществ различной природы (продуктов разрушения минералов и органического вещества) (табл. 2).

Таблица 2

Изменение минералогического состава илистой фракции дерново-подзолистых почв при внесении сверхвысоких доз помета, Ап

Ил, %	Каолинит-хлорит	Гидрослюда	Смешанно-слойные образования*		
			12Å	14Å	17Å
средняя доза помета					
16,9	7,3	33,0	2,8	23,8	33,1
сверхвысокая доза помета					
9,6	8,2	71,0	0,3	9,3	5,1

Примечание: * 12Å — слюда-смектит с низким содержанием смектитовых пакетов; 14Å — слюда-вермикулит, 17Å — слюда смектит с высоким содержанием смектитовых пакетов.

По полученным данным, под влиянием повышенных доз калия, аммония, высоких доз органических удобрений происходит разрушение слоистых силикатов, накопление функционально инертных минералов типа кварца, полевых шпатов, плагиоклазов, слюд диоктаэдрического типа.

Как установлено в производственных опытах, при внесении куриного помета до 1000 т/га в дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах происходило разрушение смешанно-слойных образований слюда-смектитового типа с высоким содержанием смектитовых пакетов; частичная деградация гидрослюд и хлоритов с выносом катионов калия и магния из решеток.

Различают положительную и отрицательную трансформацию минералов. При положительной трансформации происходит рост кристаллической решетки и присоединение вещества — это хлоритизация и иллитизация. При отрицательной трансформации происходит в связи с выветриванием вынос вещества.

В соответствии с прочностью связи и миграционной способностью элементов, при разрушении кристаллических решеток глинистых минералов из них сначала выщелачиваются межпакетные щелочные катионы, затем щелочно-земельные ка-

тионы, занимающие межпакетные и октаэдрические позиции. В условиях кислой реакции среды и фульватного гумуса в дальнейшем происходит потеря из кристаллических решеток минералов ионов алюминия и железа [10].

По данным Т.А. Соколовой, наиболее распространенные в почвах глинистые минералы располагаются по устойчивости к разрушению в следующий ряд: триоктаэдрические слюды и хлориты <диоктаэдрические слюды < вермикулиты < монтмориллониты < почвенные хлориты < каолиниты. В то же время для отдельных регионов и пород ряды трансформации несколько отличаются. Это прогнозируется по составу почвенных растворов и условиям среды.

Изменение минералогического состава почв под влиянием сельскохозяйственного использования в зависимости от характера и интенсивности антропогенного воздействия будет происходить в разных направлениях. Это иллюстрируют данные, полученные нами для почв предгорий Дагестана.

По данным, полученным для каштановых почв, увеличение пастбищной нагрузки от 1 до 4 овец на 1 га вызывало дигрессию почв и изменение минералогического состава почв. Это подтверждается данными табл. 3.

Таблица 3

Изменение гумусового состояния и минералогического состава каштановых почв в зависимости от пастбищной нагрузки

Вариант выпаса овец на 1 га	Сгк/Сфк	Сгк (1), % от Σ	Сфк (1) % от Σ	% от Σ		
				каолинит + хлорит	иллит	лабильные силикаты
0—1	1,0 ± 0,01	2,9 ± 0,1	0,8 ± 0,03	23,5 ± 0,5	41,7 ± 9,1	22,5 ± 3,1
2—4	0,9 ± 0,01	3,5 ± 0,5	1,5 ± 0,1	24,8 ± 0,8	51,7 ± 1,3	23,5 ± 1,5

Увеличение пастбищной нагрузки привело к разрушению структуры почвы и некоторой потере илистой фракции. При этом несколько уменьшилось отношение Сгк/Сфк, увеличилась доля гуминовых и фульвокислот 1-й фракции, в минералогическом составе несколько увеличилась доля иллита. При выпасе 1 овцы в слое 0—5 см доля каолинита и хлорита в минералогическом составе составляла 24%, лабильных силикатов — 16%, при выпасе 3 овец соответственно 26% и 22%.

При избыточном выпасе уменьшается содержание биомассы на 1 га, но увеличивается количество поступающего в почву навоза. При этом происходит и вытаптывание почв, их уплотнение, потеря структуры. Так, количество экскрементов в ц/га составляло при выпасе 1 овцы — 8,9, а при выпасе 4 овец — 14,8. Структура надземной фитомассы в ц/га составляла при выпасе 1 овцы — весной эфемеров 4,4 ц/га, а при выпасе 4 овец — 3,0. Всего мертвой растительной массы было при выпасе 1 овцы весной 48,6, летом — 34,7 и осенью — 64,1 ц/га, а при выпасе 4 овец соответственно 37,4; 28,4 и 42,2 ц/га.

Данные литературных источников подтверждают установленные зависимости.

6. С учетом изложенного практический интерес представляют приемы оптимизации свойств почв при внесении в них определенных минералов.

Как было показано ранее, внесение в почвы цеолита уменьшило миграцию ионов аммония [14]. В зависимости от дозы внесения цеолит уменьшил потери аммиачного азота от 40 до 70%. Цеолит сорбировал ионы фтора при внесении в почву фосфогипса. При этом сорбция ионов фтора составляла от 25 до 1000 мг/100 г. Внесение цеолита совместно с фосфогипсом или после внесения фосфогипса уменьшило и поступление фтора в растения.

По полученным нами данным, внесение в почвы цеолита значительно увеличило длину проростков (в почвах легкого гранулометрического состава от 8,5 ± 0,7 см до 12,9 ± 1,0 и в почвах тяжелого гранулометрического состава от 11,5 ± 1,1 до 15,0 ± 1,7 см). При этом увеличилась и влажность завядания почв для легкого суглинка от 2,6 ± 0,4 до 3,9 ± 0,6 и для тяжелого суглинка от 3,2 ± 0,2 до 5,2 ± 0,7%. Eh (мВ) изменилось от 187,7 ± 8,7 мВ по ХСЭ до 143,7 ± 33,1 для легкого суглинка и от 199,2 ± 11,9 до 186,7 ± 6,8 — для тяжелого суглинка. Внесение в почву прослойки цеолита, насыщенной стимуляторами, увеличило длину стеблей в 4 раза и уменьшило влажность завядания в 3 раза [14].

Заключение. Таким образом, минералогический состав почв определяет трансформацию, миграцию и аккумуляцию вещества, энергии и информации в почве и является фактором почвообразования при рассмотрении литологии на более низком иерархическом уровне. Его необходимо учитывать при оценке обеспеченности почв элементами питания, при оценке степени загрязнения почв, при прогнозе влияния почв на компоненты экологической системы. Влияние антропогенного воздействия на трансформацию минералогического состава почв определяется pH, Eh, ионной силой растворов, комплексообразующей способностью мигрирующих растворов. Показано изменение минералогического состава почв от доз навоза и минеральных удобрений, от сверхвысоких доз помета, от степени дигрессии почв при выпасе овец.

Экспериментальными исследованиями установлено положительное влияние внесения в почву цеолита на уменьшение миграции в почве ионов NH^{4+}, K^{+}, Sr^{2+}, F^{-}, увеличение влажности почв, улучшение развития растений.

© Савич В.И., Белопухов С.Л., Котенко М.Е., Гукалов В.В., Ильичева П.И., Федорова Т.А., 2016.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

[1] Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Матричная организация почв. М.: Русаки, 2001.

[2] Савич В.И., Сычев В.Г., Замараев А.Г. Энергетическая оценка плодородия почв. М.: РГАУ-МСХА, ВНИИА, 2007.

[3] Шнее Т.В., Кончиц В.А., Шевченко А.А., Белопухов С.Л. Исследование коллоидно-химических свойств зональных и солонцовых почв Омской области // Бутлеровские сообщения. 2010. Т. 21. № 7. С. 74—77.

[4] Шнее Т.В., Старых С.Э., Фёдорова Т.А., Маслова М.Д., Белопухов С.Л., Шевченко А.А. Изменение физико-химических свойств почвенных коллоидов в зависимости от ионного состава почвенного поглощающего комплекса // Плодородие. 2014. № 3 (78). С. 33—35.

[5] Савич В.И., Белопухов С.Л., Никиточкин Д.Н., Филиппова А.В. Новые методы очистки почв от тяжелых металлов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (42). С. 216—218.
[6] Хитров Н.Б. Генезис, диагностика, свойства и функционирование глинистых набухающих почв Центрального Предкавказья. М.: РАСХН, 2003.
[7] Чижикова Н.П. Изменение минералогического состава тонких фракций почв под влиянием агротехногенеза // Почвоведение. 2002. № 7. С. 867—875.
[8] Панов Н.П., Савич В.И., Шестаков Е.И. Экологически и экономически обоснованные модели плодородия почв. М.: РГАУ-МСХА, ВНИИА, 2014.
[9] Лебедев В.И. К проблеме аккумуляции солнечной энергии кристаллическим веществом Земли, АН СССР, 1953.
[10] Veldkamp W.J., Traore A.N. Fertilite des sols du Mali, mali Sud office de Niger interpretation des donnes analitiques des sols et plantes. Amsterdam, Pays-bas, 1991.
[11] Pagel H., Horst M. Pflanzennahrsteffe in tropical, Boden ihre Bestimmung und bewertung. Berlin, 1982.

AGROECOLOGICAL ESTIMATION OF THE MINERALOGICAL COMPOSITION OF THE SOIL

V.I. Savich[1], S.L. Belopukhov[1], M.E. Kotenko[2], V.V. Gukalov[3], P.I. Ilicheva[1], T.A. Fedorova[4]

[1]Russian State Agrarian University — MTTA named after K.A. Timiryazev
Timiryazevskaya str., 49, Moscow, Russia, 127550

[2]Dagestan State Technical University
prosp. Imama Shamilja, 70, g. Mahachkala, Respublika Dagestan, 367015

[3]The Kuban State Agrarian University
Kalinina str., 13, g. Krasnodar, Russija, 35004

[4]Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 8/2, Moscow, Russia, 117198

It is shown that the mineralogical composition of the soil is a factor when considering the lithology of soil at a lower hierarchical level. The mineralogical composition and determines the content ratio in the soil of nutrients and toxicants, ion exchange processes, soil resistance to degradation of soil fertility. It is the matrix of the formation of soil and regulates the transformation, migration and accumulation in soil of substances, energy and information of environmental and human impact.

Key words: mineralogical composition, fertility, ecological-mechanical state

REFERENCES

[1] Zubkova T.A., Karpachevskij L.O. Matrichnaja organizacija pochv. M., Rusaki, 2001.
[2] Savich V.I., Sychev V.G., Zamaraev A.G. Jenergeticheskaja ocenka plodorodija pochv. M., RGAU-MSHA, VNIIA, 2007.
[3] Shnee T.V., Konchic V.A., Shevchenko A.A., Belopuhov S.L. Issledovanie kolloidno-himicheskih svojstv zonal'nyh i soloncovyh pochv Omskoj oblasti. *Butlerovskie soobshhenija*. 2010. T. 21. № 7. S. 74—77.

[4] Shnee T.V., Staryh S.Je., Fjodorova T.A., Maslova M.D., Belopuhov S.L., Shevchenko A.A. Izmenenie fiziko-himicheskih svojstv pochvennyh kolloidov v zavisimosti ot ionnogo sostava pochvennogo pogloshhajushhego kompleksa. *Plodorodie*. 2014. № 3 (78). S. 33—35.
[5] Savich V.I., Belopuhov S.L., Nikitochkin D.N., Filippova A.V. Novye metody ochistki pochv ot tjazhelyh metallov. *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2013. № 4 (42). S. 216—218.
[6] Hitrov N.B. Genezis, diagnostika, svojstva i funkcionirovanie glinistyh nabuhajushhih pochv Central'nogo Predkavkaz'ja. M., RASHN, 2003.
[7] Chizhikova N.P. Izmenenie mineralogicheskogo sostava tonkih frakcij pochv pod vlijaniem agrotehnogeneza. *Pochvovedenie*. 2002. № 7. S. 867—275.
[8] Panov N.P., Savich V.I., Shestakov E.I. Jekologicheski i jekonomicheski obosnovannye modeli plodorodija pochv. M., RGAU-MSHA, VNIIA, 2014.
[9] Lebedev V.I. K probleme akkumuljacii solnechnoj jenergii kristallicheskim veshhestvom Zemli. AN SSSR, 1953.
[10] Veldkamp W.J., Traore A.N. Fertilite des sols du Mali, mali Sud office de Niger interpretation des donnes analitiques des sols et plantes. Amsterdam, Pays-bas, 1991.
[11] Pagel H., Horst M. Pflanzennahrsteffe in tropical, Boden ihre Bestimmung und bewertung. Berlin, 1982.