

На различных уровнях поймы в соответствии с изменением водного режима почв встречаются аллювиальные дерновые глеевые и глееватые, дерновые типичные и торфянисто-глеевые почвы. Наибольшего развития как по площади, так и по видовому разнообразию достигают в этих поймах разные подтипы дерновых почв. Как сенокосные угодья широко используются аллювиальные дерновые типичные почвы под пышной луговой растительностью.

Литература

1. Почвы Вилюйского бассейна и их использование / В.Г. Зольников [и др.]. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 203 с.
2. Оконешникова М.В. Почвенный покров на участке перехода магистрального газопровода через р. Тюнг Вилюйского бассейна (Якутия) // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 12. – С. 82–86.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
4. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 191 с.
5. Еловская Л.Г. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. – Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1987. – 172 с.
6. Зольников В.Г. Почвы Ленского и Олекминского районов Якутии и перспективы их использования // Мат-лы о природных условиях и сельском хозяйстве Юго-Западной Якутии. – М., 1957. – С. 3–112.



УДК 631.416 (571.1)

Ю.А. Азаренко

СОДЕРЖАНИЕ И СООТНОШЕНИЕ ФОРМ БОРА В ПОЧВАХ С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ БОРНОГО ЗАСОЛЕНИЯ ОМЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Рассмотрены результаты исследований содержания и соотношения форм бора в лугово-черноземной почве с нормальным уровнем его содержания и солонце с сильным борным засолением. Установлены существенные различия между ними в содержании валового, водорастворимого, подвижного, кислоторастворимого бора. Представлены данные о содержании в почвах фракций легкорастворимого бора, специфически адсорбированного, связанного с оксидами железа, алюминия, марганца и органическим веществом.

Ключевые слова: бор, борное засоление, формы, фракции, солонец, лугово-черноземная почва.

Yu.A. Azarenko

BORACIUM FORM AVAILABILITY AND RATIO IN THE SOILS WITH DIFFERENT BORACIC SALINIZATION DEGREE IN THE OM-IRTYSH INTERFLUVE

The research results of the boracium form availability and ratio in the meadow chernozemic soil with normal level of its availability and sodium soil with strong boracic salinization are considered. Substantial differences between them in terms of availability of gross, water-soluble, mobile, acid-soluble boracium are determined. The data on the readily soluble boracium particle availability in soils that is specifically adsorbed, fixed with the oxides of iron, aluminum, manganese and organic matter are given.

Key words: boracium, boracic salinization, forms, particles, sodium soil, meadow-chernozemic soil.

Введение. Концентрация бора в питательной среде является существенным фактором роста и развития растений. Он является незаменимым элементом, необходимым для нормального протекания физиологических процессов в растении [10]. В то же время высокое содержание подвижного бора в почве (более 5–10 мг/кг) является избыточным для ряда сельскохозяйственных культур, оказывает на них угнетающее воздействие, снижает урожай и качество [1,2,7]. Высокие концентрации бора в почвах встречаются довольно часто и приурочены к малоотточным областям с засушливым климатом. На юге Западно-Сибирской низменности сформировалась обширная область борного засоления почв, в пределах Ишим-Иртышского и Обь-

Иртышского междуречий выделены борные почвенно-геохимические провинции [4]. В Омской области все почвы солонцового и засоленного ряда, занимающие площадь более 2,0 млн га, в разной степени засолены бором. Наиболее высокие концентрации его содержат солонцы (5–37 мг/кг) [1]. Таким образом, проблема борного засоления и влияния его на растения актуальна для юга Западной Сибири. Несмотря на имеющиеся данные о формах бора [3,5,6], содержание их в почвах с разным уровнем концентраций элемента исследовано недостаточно. В связи с этим определенный теоретический и практический интерес представляло исследование соотношения форм микроэлемента в почвах с разной степенью борного засоления.

Цель исследования. Изучить соотношение форм бора в лугово-черноземной почве и солонце, отличающихся уровнем содержания микроэлемента.

Объекты и методы исследований. Объектами исследования являлись лугово-черноземная среднечерноземная среднегумусная почва и солонец лугово-черноземный сульфатно-содовый многонариевый корковый тяжелосуглинистого состава, отобранные на Давыдовском ключевом участке Омского района, приуроченном к Омь-Иртышскому междуречью.

Для решения поставленной цели были проведены лабораторные опыты. В лабораторном опыте 1 в почвах определяли валовое содержание после сплавления почвы при температуре 900°C, концентрации водорастворимого (переходящего в воду при комнатной температуре), подвижного (переходящего в кипящую воду) и кислоторастворимого бора (экстрагируемого 0,1 н HCl при кипячении). Время экстракции холодной и кипящей водой 5 мин, кислотой – 10 мин. Извлечение форм элемента проводили согласно методике [6] при соотношении почвы к раствору 1:10. В опыте 2 кислоторастворимый бор экстрагировали 1 н HCl в течение одного часа при комнатной температуре.

В опыте 3 определяли фракции бора, связанные с различными компонентами почвы методом, предложенным [11]. Схема последовательного фракционирования позволяет определить:

1. Легкорастворимый бор, представленный соединениями элемента, находящимися в почвенном растворе и неспецифически адсорбированными почвой. Извлекается 0,01M CaCl₂ при 16-часовом взаимодействии (1-я фракция).

2. Специфически адсорбированный бор. Экстрагируется 0,05M KН₂PO₄ при часовом взбалтывании (2-я фракция).

3. Бор, связанный с оксидами железа, алюминия, марганца. Извлекается из почвы 0,2M (NH₄)₂C₂O₄ при 4-часовом взбалтывании (3-я фракция).

4. Бор, связанный с органическим веществом. Определяют после взаимодействия почвы с 30 % H₂O₂ и 0,02 M HNO₃ при pH = 2,0 и температуре 85°C в течение 5 час. (4-я фракция).

5. Остаточный бор, входящий в состав алюмоборосиликатов. Выделяется из почвы смесью концентрированных кислот HNO₃, HF, HCl в соотношении 1:4:5 (5-я фракция). В нашем опыте остаточный бор, представленный наиболее химически стойкими и труднорастворимыми соединениями, мы находили по разнице между валовым содержанием элемента и суммой величин фракций 1–4. Конечное определение бора проведено колориметрическим методом с азометином-Н.

Результаты исследований. Известно, что соединения бора в почвах в зависимости от их устойчивости к выветриванию имеют разную степень растворимости. Согласно [5], наиболее легко из почвы извлекаются соли борных кислот, особенно щелочных металлов, а также некоторые боросиликаты типа датолита CaBSiO(OH), ашарита MgHBO₃, гидроборацита CaMgB₂O₁₁, борорганические соединения. Наиболее труднорастворимым борсодержащим минералом является турмалин. По мнению [6], в разные вытяжки переходят следующие формы бора. При комнатной температуре водой из почвы экстрагируются наиболее мобильные соединения типа борных кислот и боратов щелочных металлов. При кипячении из почвы в воду дополнительно мобилизуется большинство боратов щелочных металлов, наиболее подвижные бораты кальция и магния, а также, вероятно, часть борорганических соединений. При кипячении с 0,1н HCl из почвы переходит основная часть боратов кальция и магния, а также наиболее легко растворимые алюмоборосиликаты типа датолита. Эта форма может условно характеризовать количество несиликатных форм бора. В таком случае разница между валовым содержанием и количеством кислоторастворимого бора будет приблизительно равна концентрации микроэлемента, входящего в состав кристаллических решеток нерастворимых силикатов и алюмоборосиликатов.

Как показали результаты опыта 1, лугово-черноземная почва и солонец имели различное содержание и соотношение разных форм бора (табл. 1).

Соотношение форм бора в солонце лугово-черноземном корковом и лугово-черноземной почве (опыт 1, 1995 г.)

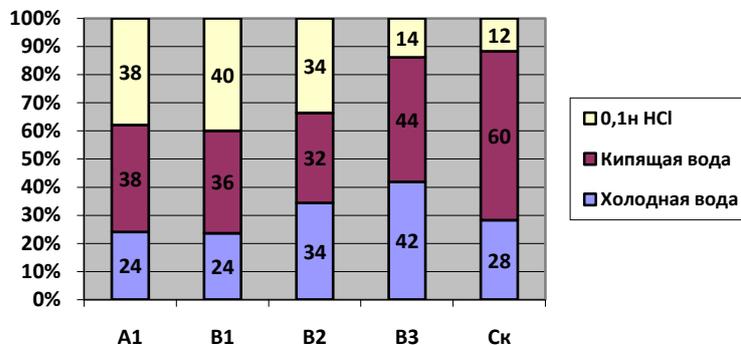
Горизонт, глубина, см	Водорастворимый		Подвижный		Кислоторастворимый		Силикатный бор**		Валовое содержание, мг/кг
	мг/кг	% *	мг/кг	%*	мг/кг	% *	мг/кг	% *	
Лугово-черноземная почва									
Ап, 0-20	1,1	2,2	2,4	4,8	4,6	9,2	45,4	90,8	50,0
Солонец корковый									
А1, 0-5	2,6	4,7	6,7	12,2	10,8	19,6	44,2	80,4	55,0
В1, 5-17	4,6	6,1	11,7	15,6	19,5	26,0	55,5	74,0	75,0
В2, 17-26	14,4	13,7	27,9	26,6	42,0	40,0	63,0	60,0	105,0
В3к, 26-48	12,3	14,9	25,3	30,7	29,4	35,6	53,1	64,4	82,5
Ск, 84-150	3,1	4,8	9,7	14,9	11,0	16,9	54,0	83,1	65,0

Примечание: * – в таблицах 1–3 указан % от валового содержания бора; ** – бор в составе нерастворимых силикатов и алюмоборосиликатов.

Содержание подвижного бора в лугово-черноземной почве было высоким, типичным для черноземных почв. В солонце оно было значительно выше и указывало на его борное засоление, достигающее максимума в иллювиальных горизонтах. Установлено, что в пахотном слое лугово-черноземной почвы бор преимущественно был представлен алюмоборосиликатными труднорастворимыми соединениями. Кислоторастворимые соединения микроэлемента составляли около 9 % валового содержания, из них 52 % приходилось на водорастворимые и подвижные формы, 48 % на бор, дополнительно извлекаемый кислотой, и, вероятно, связанный с кальцием и магнием или входящий в состав наиболее растворимых боросиликатов.

По сравнению с лугово-черноземной почвой солонец характеризовался более высоким уровнем содержания всех форм бора. Валовое содержание элемента распределялось по профилю неравномерно и носило элювиально-иллювиальный характер, типичный для солонцов и выражаемый в минимальном содержании элемента в надсолонцовом горизонте и почвообразующей породе и максимальном – в иллювиальной части профиля.

В составе общего количества элемента преобладал бор труднорастворимых силикатов и алюмоборосиликатов (60–83 %). Содержание в солонце кислоторастворимых соединений бора было высоким: 19,6–40 % общего содержания микроэлемента. Максимальное количество его приурочено к иллювиально-подсолонцовым горизонтам. Концентрации наиболее мобильных соединений микроэлемента, переходящих в холодную воду, достигали в них высоких значений (12,3–14,4 мг/кг), составляющих примерно половину количества подвижной формы. В гумусово-элювиальном и иллювиально-солонцовом горизонтах, а также в почвообразующей породе концентрации водорастворимого бора были более низкими. На долю подвижного бора приходилось 12,2–30,7 % общих запасов элемента, что составляло 60–88 % кислоторастворимой формы. Анализ состава несилкатной части соединений микроэлемента показал, что в верхней и средней частях профиля (гор. А1, В1, В2) она представлена примерно равными долями водорастворимого, подвижного и дополнительно извлекаемого кислотой бора (рис.).



Состав кислоторастворимых соединений бора (%) в солонце лугово-черноземном корковом тяжелосуглинистом

В нижней части (горизонты В3к, Ск) преобладали фракции, представленные преимущественно борными кислотами, борнокислыми соединениями щелочных металлов; на долю боратов кальция и магния, извлекаемых кислотой, приходилось 12–14% содержания кислоторастворимых соединений элемента.

В целом отмечается тесная зависимость распределения по профилю водорастворимого, подвижного, кислоторастворимого и валового бора в профиле солонца. Высокое содержание валового бора в иллювиальных горизонтах обусловлено аккумуляцией преимущественно несиликатных форм элемента.

В опыте 2 изучали содержание водорастворимого, подвижного и кислоторастворимого бора в профиле солонца коркового и лугово-черноземной почвы. При этом кислоторастворимый бор экстрагировали кислотой более высокой концентрации (1н HCl), но не при кипячении, а одночасовом взбалтывании при комнатной температуре. Данный способ в современных почвенно-агрохимических и экологических исследованиях применяется для извлечения так называемого «ближнего резерва» соединений элементов-металлов.

Результаты опыта показали, что при разных способах экстрагирования бора кислотой в опытах 1 и 2 содержание кислоторастворимой формы в почвах было близким. Существенные различия в содержании ее наблюдались в горизонте В2 солонца. Силикатная часть его соединений, условно принятая за разницу между валовым и кислоторастворимым бором, составляла значительную долю валового содержания, она была выше в лугово-черноземной почве (86,5–93,7 %) и ниже в солонце (74,5–86,9 %) (табл. 2).

Таблица 2

Распределение форм бора в профиле лугово-черноземной почвы и солонца лугово-черноземного коркового (опыт 2, 2010 г.)

Горизонт, глубина, см	Водорастворимый		Подвижный		Кислото- растворимый		Силикатный бор	
	мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг	%
Лугово-черноземная почва								
Ап, 0-14	1,79	4,1	3,40	7,7	4,48	10,2	39,5	89,8
В2, 35-56	0,90	1,3	3,12	4,7	4,18	6,3	62,6	93,7
Ск, 100-130	3,58	6,3	8,69	13,3	8,76	13,5	56,4	86,5
Солонец корковый								
В1, 0-17	6,27	8,4	16,6	22,1	19,1	25,5	55,9	74,5
В2, 17-33	10,5	10,0	21,0	20,0	22,1	21,0	82,9	78,9
Ск, 123-140	2,67	4,1	6,6	10,2	8,55	13,2	56,5	86,9

Содержание всех форм микроэлемента в лугово-черноземной почве было ниже, чем в солонце. Концентрация подвижного бора в горизонтах А и В лугово-черноземной почвы была довольно высокой. В горизонте почвообразующей породы со средней степенью содово-сульфатного засоления резко возростала концентрация подвижного бора до уровня, превышающего его количество в породе солонца. Следует отметить, что количество валового бора и распределение составляющих его форм в породах этих двух почв было близким. Различия в содержании форм микроэлемента в лугово-черноземной почве и солонце наблюдались в верхней и средней частях профилей почв и были обусловлены разным характером процессов почвообразования.

Накопление мобильных фракций элемента в почвах было связано с процессами засоления легкорастворимыми солями и осолонцевания, следствием которого являлось перераспределение высокодисперсных минеральных, органоминеральных и органических компонентов, сорбирующих соединения микроэлемента в условиях щелочной среды.

Следует отметить, что преобладающая часть несиликатных соединений бора извлекалась при кипячении с водой, в кислоту дополнительно переходила небольшая доля элемента. В горизонтах ск лугово-черноземной почвы и В2 солонца все соединения несиликатного типа экстрагировались кипящей водой.

Особый интерес представляет информация о фракциях почвенного бора, связанного различными компонентами почвы: гумусом, оксидами железа и алюминия, органическим веществом. Для этой цели был проведен лабораторный опыт 3 по изучению содержания фракций почвенного бора согласно методике, предложенной [11]. Полученные результаты позволяют ориентировочно охарактеризовать и оценить соотношение различных фракций микроэлемента в почвах с разной степенью борного засоления (табл. 3).

Установлено, что лугово-черноземная почва и солонец обладали разным составом соединений микроэлемента. Наиболее существенные различия между ними отмечались в величине первых двух фракций бора, количество которых в солонце в 6,2–10,9 раз было выше. В горизонтах Ск солонца и лугово-черноземной почвы количество легкорастворимого и специфически адсорбированного бора, как и подвижного, определенного в опыте 2, было близким.

Распределение фракций бора в лугово-черноземной почве и солонце лугово-черноземном корковом (опыт 3, 2010 г.)

Горизонт, глубина, см	Фракция 1		Фракция 2		Фракция 3		Фракция 4		Фракция 5	
	мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг	%
Лугово-черноземная почва										
Ап, 0-14	1,3	3,0	0,8	1,8	6,6	15,0	4,0	9,1	31,3	71,1
В2, 35-56	1,3	1,9	1,1	1,6	4,1	6,1	1,4	2,1	58,9	88,2
Ск, 100-130	3,3	5,1	3,6	5,5	3,0	4,6	0,8	1,2	54,4	83,6
Солонец корковый										
В1, 0-17	8,1	10,8	7,3	9,7	8,2	10,9	7,3	9,7	44,1	58,8
В2, 17-33	14,2	13,5	9,4	9,0	6,6	6,3	4,4	4,2	70,4	67,0
Ск, 123-140	4,6	7,1	3,0	4,6	3,1	4,8	1,0	1,5	53,3	82,0

Если сопоставить данные опытов 2 и 3, то очевидно, что холодная вода в опыте 2 извлекала из лугово-черноземной почвы практически весь легкорастворимый бор (фракция 1), из солонца от 74% в горизонте В1 до 58% в горизонте Ск. Количество в солонце подвижного бора, переходящего в кипящую воду, в горизонтах В2 и Ск полностью, а в горизонте В1 на 92,8% было равным сумме фракций 1 и 2. В лугово-черноземной почве подвижный бор представлен ими в горизонте А на 61,8%, в горизонтах В2 и Ск – на 77–79%.

Концентрация бора, связанного с оксидами железа, алюминия, марганца, составляла существенную величину среди определяемых фракций как в солонце, так и в лугово-черноземной почве. Как известно, борные кислоты могут образовывать комплексные соединения с гидроксидами алюминия и железа, при этом бор переходит в менее доступные формы [8]. Более высокое содержание фракции 3 наблюдалось в верхних горизонтах почв, более низкое – в горизонтах Ск. Следует отметить, что характер ее распределения совпадает с распределением валового марганца в профилях почв. Кроме того, он может быть обусловлен тем, что часть полуторных оксидов связана с гумусовыми веществами.

Взаимосвязь бора с гумусом имеет специфический характер и проявляется в разных почвах неодинаковым образом. Бор имеет тенденцию к накоплению в гумусовых горизонтах [3], в то же время исследования указывают на непрочность борорганических соединений [9]. Судя по нашим данным, значительная часть бора (до 10%) в верхних горизонтах, как лугово-черноземной почвы, так и солонца, связана с органическим веществом. При этом в солонце содержание этой части соединений элемента в иллювиально-солонцовом и особенно подсолонцовом горизонтах в абсолютном выражении выше, чем в верхних горизонтах лугово-черноземной почвы, что, вероятно, связано со значительной растворимостью в воде гумусовых веществ солонца.

Доля так называемого остаточного бора, представленного наиболее прочно связанными соединениями алюмоборосиликатов, в лугово-черноземной почве была выше (71–88%), чем в солонце (59–67%). В почвообразующих породах почв содержание этой фракции различалось незначительно. В исследованных почвах сумма фракций бора 1–4 была приблизительно равна количеству несиликатной части элемента, определенной в вытяжке 1н НСl в опыте 2.

Заключение. Таким образом, содержание и распределение фракций бора в лугово-черноземной почве и солонце существенно различались. Около 90% валового содержания элемента в лугово-черноземной почве представлено труднорастворимыми соединениями боросиликатов, на долю водорастворимого и подвижного бора приходилось соответственно 1,3–4,0 и 4,7–7,3%. Значительная доля несиликатного бора (до 70–84%) была связана с оксидами железа, алюминия, марганца и органическими веществами. Подвижная форма элемента в основном представлена легкорастворимыми и специфически адсорбированными соединениями, составляющими 16,5–30,3% несиликатной части. Установлено, что в солонце труднорастворимого бора меньше (60–80% валового содержания), а его соединения отличаются более высокой мобильностью. Доля водорастворимого бора от валового в нем составляет 4,7–14,9, подвижного – 12,2–30,7%. Несиликатная часть соединений элемента на 50–68% состоит из фракций легкорастворимого и специфически адсорбированного бора, на 32–50% – из фракций, связанных с оксидами железа, алюминия, марганца, органическим веществом. В горизонтах с максимальной степенью борного засоления преобладают наиболее мобильные легкорастворимые соединения микроэлемента, представленные, вероятно, борными кислотами и боратами натрия.

Литература

1. Азаренко Ю.А. Содержание бора в почвах солонцовых комплексов Омского Прииртышья и бороустойчивость растений // Почвоведение. – 2007. – № 5. – С. 562–573.

2. Алиханова О.И. Токсическое действие бора на растения // Агрохимия. – 1980. – № 7. – С. 98–102.
3. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 234 с.
4. Ильин В.Б., Сысо А.И. Почвенно-геохимические провинции в Обь-Иртышском междуречье: причины и следствия // Сиб. экол. журн. – 2001. – Т. VIII, № 2. – С. 111–118.
5. Крайнов С.Р. Гидрогеохимический метод поисков месторождений бора. – М., 1964. – 174 с.
6. Круглова Е.К. Бор в почвах Голодной степи, хлопчатнике, оросительных и грунтовых водах // Почвоведение. – 1960. – № 9. – С. 81–87.
7. Орлова Э.Д., Неупокоев А.А. Влияние повышенных концентраций бора на продуктивность и химический состав растений // Агрохимия. – 1990. – № 12. – С. 44–52.
8. Пейве Я.В. Биохимия почв. – М.: Сельхозгиз, 1961. – 422 с.
9. Степанова М.Д. Микроэлементы в органическом веществе почв. – Новосибирск: Наука, 1976. – 104 с.
10. Чернавина И.А. Физиология и биохимия микроэлементов. – М.: Высш. шк., 1970. – 309 с.
11. Hou J., Evans L.J., Spiers G.A. Chemical fractionation of soil boron: I. Method development // Can. J. Soil Sci. 76. – P. 485–491.



УДК 631.582:631.445.4

А.М. Берзин, В.А. Полосина, О.Б. Калинина

СТРУКТУРА И ВОДОПРОЧНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ АГРЕГАТОВ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В СЕВООБОРОТНЫХ ЗВЕНЬЯХ С ЧИСТЫМИ, СИДЕРАЛЬНЫМИ ПАРАМИ И ЛЮЦЕРНОЙ

В статье изложены результаты многолетних исследований, позволивших установить высокое оструктурирующее влияние корневой системы люцерны и сидеральных донниковых паров на стабилизацию уровня оструктуренности почвы и водопрочность агрегатов в зернопаровых и зернотравяных звеньях севооборотов.

Ключевые слова: люцерна, почвенные агрегаты, чернозем выщелоченный, сидеральные почвы.

A.M. Berzin, V.A. Polosina, O.B. Kalinina

SOIL AGGREGATE STRUCTURE AND WATER STABILITY OF LEACHED CHERNOZEM IN THE CROP ROTATION LINKS WITH CLEAN, GREEN FALLOWS AND LUCERNE

The long term research results that have allowed to determine high structure-forming influence of the root system of lucerne and green melilot fallows on soil structure level stabilization and aggregate water stability in the grain and fallow and grain and grass crop rotation links are reported in the article.

Key words: lucerne, soil aggregates, leached chernozem, green soils.

Способность почвы обеспечивать растения всеми необходимыми факторами жизни в значительной степени зависит от ее физических свойств, среди которых особенно важное значение принадлежит структуре почвы, оказывающей существенное влияние на строение, плотность, водный, воздушный и тепловой режимы, которые в свою очередь оказывают воздействие на протекающие в почве микробиологические, физико-химические и другие процессы, а в конечном итоге структурная почва обеспечивает хорошие условия для роста и развития растений. Хорошо оструктуренная почва лучше противостоит разрушительной силе эрозии, уменьшая поверхностный сток дождевых и талых вод, повышая ветроустойчивость ее поверхности [1–4].

Известно, что почва может быть оструктурена под воздействием чисто физических факторов, к которым относятся: увлажнение и высушивание, замерзание и таяние, сжимание, проникновение животных и корней через почву, а также обработка почвы при условии, что она проводится при оптимальной влажности почвы.

Однако оструктурирующее влияние перечисленных факторов носит кратковременный характер. С агрономической точки зрения важен процесс стабилизации почвенных агрегатов, который определяется химическими и биологическими факторами. К химическим факторам, способным скреплять структурные агрегаты почвы вместе, относятся: активное (молодое) органическое вещество почвы, глина, алюминий, железо и кальций. По Голдштайну и Боинчану (2000), структура почвы является функцией содержания активного органического вещества почвы, которое удерживает почвенные структурные агрегаты вместе.