

УДК 631.42

UDC 631.42

**ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ И ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЁМА ОБЫКНОВЕННОГО КАРБОНАТНОГО****INFLUENCE OF BIOLOGICALLY ACTIVE AGENTS ON A STRUCTURAL STATE AND THE ENZYMATIC ACTIVITY OF BLACK ORDINARY CARBONATED SOIL**

Лыхман Владимир Анатольевич  
аспирант

Lychman Vladimir Anatolievich  
postgraduate student

Безуглова Ольга Степановна  
д.б.н, профессор  
*Южный федеральный университет,  
Ростов-на-Дону, Россия*

Bezuglova Olga Stepanovna  
Dr.Sci.Bio., professor  
*South Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

Изложены результаты многолетних исследований по изучению влияния биологически активных веществ различной природы (гуминовый препарат Лигногумат и микробиологическое удобрение Байкал-ЭМ) на структурное состояние и ферментативную активность чернозема обыкновенного карбонатного. Установлено, что биологически активные вещества способствуют увеличению ферментативной активности, содержания гумуса и улучшению состояния структуры почв

The results of a long-term research of the influence of various biologically active agents (a humic preparation Lignogumat and microbiological Baikal EM fertilizer) on a structural state and the enzymatic activity of ordinary carbonated black soil are presented. It has been established that biologically active substances contribute to increased enzymatic activity, humus and improve the soil structure

Ключевые слова: ЧЕРНОЗЁМ ОБЫКНОВЕННЫЙ КАРБОНАТНЫЙ, БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА, ЖИДКОЕ КОМПЛЕКСНОЕ УДОБРЕНИЕ, СТРУКТУРА ПОЧВЫ, АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ, АКТИВНОСТЬ ИНВЕРТАЗЫ

Keywords: ORDINARY CARBONATED BLACK SOIL, BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES, LIQUID COMPLEX FERTILIZER, SOIL STRUCTURE, CATALASE ACTIVITY, INVERTASE ACTIVITY

## Введение

Увеличение растительной продукции определяется множеством факторов, среди которых ведущая роль принадлежит минеральным удобрениям, производство и применение которых, хотя и в недостаточной степени, но возрастает. Однако влияние их на структуру чернозёмов изучено слабо. Необходимое условие получения высокой урожайности сельскохозяйственных культур – поддержание физических свойств корнеобитаемого слоя почвы в интервале значений, близких к оптимальным. Важнейшим показателем физических свойств почвы является ее структурно-агрегатное состояние [1]. В силу чего контроль состояния структуры почвы приобретает особую актуальность.

## **Состояние исследований и актуальность работы**

Почвенные агрегаты – уникальные продукты почвообразования, в которых протекают практически все почвенные микропроцессы, характерные для почвы в целом. Процесс структурообразования почвы весьма сложен, в нем играют роль физические, химические и биологические факторы, деятельность человека, в том числе и внесение удобрений [2]. Макроструктурные отдельности (агрегаты размером 10-0,25 мм) пахотного слоя почвы более подвержены влиянию биоклиматических и антропогенных факторов; микроструктурные компоненты (агрегаты размером < 0,25 мм) относительно более устойчивы [3].

Поэтому обогащение почвы органическим веществом, в первую очередь, вызывает улучшение макроструктурного состояния почвы (за счет стимуляции биоты биологически-активными веществами), увеличивая количество агрономически ценных агрегатов (от 10 до 0,25мм) [4].

Таким образом, структурное состояние является достаточно динамичным свойством, зависящим как от генетических особенностей почвы, так и в значительной степени от культуры агротехники, погодных условий вегетационного года, выращиваемых сельскохозяйственных растений. Отсюда актуальность исследований, посвященных изучению структурного состояния пахотных почв.

**Цель работы:** изучение влияния биологически активных веществ на структурно-агрегатный состав черноземов обыкновенных карбонатных.

## **Постановка и решение задачи**

Полевой опыт был заложен осенью 2009 и продолжался до 2012 года на территории УОХ «Недвиговка». Опытный участок был расположен на черноземе обыкновенном карбонатном сверхмощном намытом

среднесуглинистом на легком суглинке. Полевой опыт был заложен в 6-ти кратной повторности по следующей схеме:

- 1 — контроль
- 2 — фон
- 3 — фон + Лигногумат (обработка по листу)
- 4 — фон + Лигногумат (внесение в почву)
- 5 — фон + Лигногумат + Байкал-ЭМ
- 6 — фон + Байкал-ЭМ

Размер делянок – 25 м<sup>2</sup>

Фон – жидкое комплексное удобрение марки NP 10:34. Жидкие комплексные удобрения – это растворы или суспензии, содержащие два или три основных питательных элемента. Получение их основано на нейтрализации аммиаком орто- и полифосфорных кислот.

В качестве биологически активных препаратов использовали Байкал-ЭМ и лигногумат. Байкал-ЭМ – это созданный по специальной технологии концентрат в виде жидкости. Основу его составляют популяции молочнокислых бактерий, пурпурных несерных бактерий и сахаромицетов, то есть набор объектов с разными экологическими стратегиями. Особенностью данного блока популяций является поддержание функциональной активности компонентов (включая продукцию биологически активных веществ и азотфиксацию) и повышенная устойчивость при хранении за счет формирования симбиотических отношений [5]. Благодаря этому препарат оказывает как прямое, так и косвенное положительное влияние на рост и развитие растений. В схему опыта были также введены лигногуматы – гуминовые соединения, получаемые из отходов целлюлозо-бумажной промышленности. По данным производителя все модификации лигногуматов изготавливаются по ТУ 2431-007-31054001-99 и соответствуют следующим техническим требованиям: общее содержание

солей гуминовых веществ в сухом веществе не менее 90 %. Содержание металлов, являющихся катионами солей гуминовых веществ (в %, не менее): натрий (калий) – 20, кальций – 0,5. Массовая доля компонентов, являющихся макро- и микроэлементами (в %, не менее): сера – 5, кремний – 1,5, магний – 0,25, железо – 0,2, медь – 0,04, марганец – 0,02, молибден – 0,01, цинк – 0,012, селен – 0—0,005, бор – 0,15.

Наблюдения вели в динамике. Отбор образцов производили из пахотного горизонта четыре раза: перед внесением удобрений, через месяц после внесения (всходы), в фазу колошения и после уборки урожая. Посев озимой пшеницы сорта Зерноградка 11 (2009, 2010 гг.) проводили через неделю после внесения удобрений. Схема расположения делянок приведена на рис.1.



Рисунок 1 – Схема расположения делянок

В 2012 году под яровой ячмень сорта ЗЕРНОГРАДЕЦ 770 удобрения не вносили – изучалось последствие удобрений. В почвенных образцах выполнены следующие виды анализов: каталазная активность – газометрическим методом А.Ш. Галстяна[6]; инвертазная активность – модифицированным колориметрическим методом Ф.Х.Хазиева [7], гумус –

по Тюрину в модификации Симакова [8]. Для определения почвенной структуры пользовались такими методами как «сухое» и «мокрое» просеивание по общепринятым методикам: определение структурного состояния методом Н.И. Савинова и определение водопрочности почвенных агрегатов методом П.И. Андрианова в модификации Н.А. Качинского. Также рассчитывались коэффициенты структурности и водопрочности почвенных агрегатов [9]. При построении диаграмм с помощью Microsoft office excel, использовали метод «графики с накоплением», использующийся для демонстрации трендов вкладов каждой величины со временем.

### **Результаты исследований и обсуждение**

Контроль содержания гумуса является одной из первоочередных задач, поскольку гумусированность почвы не только прямо связана с изменением всех почвенных свойств, но и наглядно отражает влияние внешних позитивных и негативных процессов. В таблице 1 представлены данные, полученные в течение всего опыта, жирным шрифтом выделены результаты, отличающиеся от контрольных значений на статистически достоверную величину.

Таблица 1 – Динамика содержания гумуса в черноземе обыкновенном карбонатном по вариантам опыта с биологически активными веществами, %

Варианты	контроль	Фон+ЖКУ	Фон+ЛГ (лист)	Фон+ЛГ (почва)	Фон+ЛГ+ЭМ	Фон+ЭМ
Дата						
27.09.2009	4,33	4,50	4,51	4,47	4,55	4,58
10.05.2010	4,39	4,50	4,52	4,52	<b>4,57</b>	4,59
23.06.2010	4,41	4,52	4,55	4,56	<b>4,61</b>	<b>4,63</b>
07.08.2010	4,47	4,56	4,60	4,62	<b>4,67</b>	<b>4,66</b>
19.09.2010	4,53	4,61	4,65	4,68	<b>4,72</b>	<b>4,71</b>
22.04.2011	4,57	4,69	4,71	4,74	<b>4,75</b>	<b>4,75</b>
20.08.2011	4,60	4,72	4,74	<b>4,76</b>	<b>4,96</b>	<b>4,84</b>
22.09.2011	4,64	4,75	4,76	<b>4,78</b>	<b>5,04</b>	4,83
15.04.2012	4,52	4,55	4,54	4,59	<b>4,79</b>	4,60
07.07.2012	4,47	4,47	4,46	4,49	<b>4,67</b>	4,54

На рисунке 2 наглядно показано, что в почве под удобренными вариантами, содержание гумуса выше, чем на контроле, где все эти годы удобрения не вносились.

Почти на всех вариантах отмечается некоторое увеличение содержания гумуса, небольшое снижение обнаруживается в последних двух отборах. Это является следствием выноса веществ из почвы с урожаем и снижением последействия внесенных удобрений. Расчет коэффициента Стьюдента ( $t_{st}=2,18$  при  $P=0,95$ ;  $n=12$ ) показал, что увеличение содержания гумуса достоверно только на варианте с совместным внесением двух биологически активных веществ и в некоторых отборах на вариантах внесения только микробиологического препарата и гуминового удобрения непосредственно в почву.

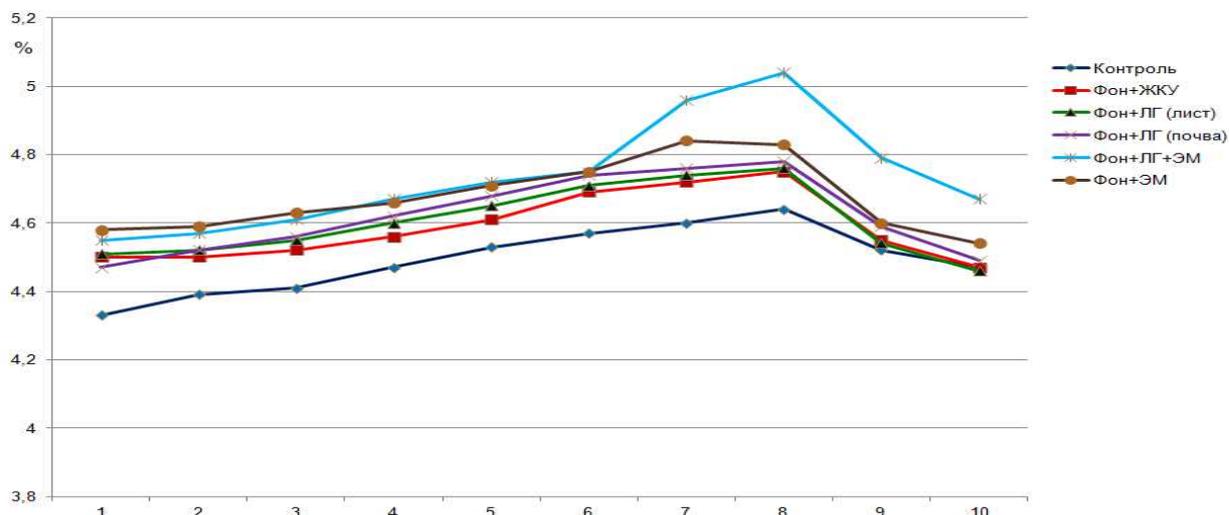


Рисунок 2 – Динамика содержания гумуса в черноземе обыкновенном карбонатном по вариантам опыта с удобрениями и биодобавками: **1** – 27.09.2009; **2** – 10.05.2010; **3** – 23.06.2010; **4** – 07.08.2010; **5** – 19.09.2010; **6** – 22.04.2011; **7** – 20.08.2011; **8** – 22.09.2011; **9** – 15.04.2012; **10** – 07.07.2012. (график с накоплением)

Изменение гумусности почвы не могло не сказаться на состоянии структурных отдельностей. Важным показателем качества структуры является коэффициент структурности, рассчитываемый как отношение количества агрономически ценных агрегатов к агрономически неценным. Изменение коэффициента структурности по вариантам опыта показано на рис. 3. Наблюдается постепенный рост числа агрономически ценных агрегатов. Однако на участках с внесением в почву биологически активных веществ (Фон+ЛГ (почва), Фон+ЛГ+ЭМ, Фон+ЭМ) этот процесс идет интенсивнее, особенно это наглядно при сравнении значений коэффициента структурности за 2009 и 2011 годы. Эти результаты свидетельствуют, что применение биологически активных удобрений благоприятно сказывается на структурности почвы, особенно заметно это после трехкратного внесения удобрений, далее наблюдается небольшое плато (20.08.2011-15.04.2012) и спад (15.04-07.07.2012), связанные с <http://ej.kubagro.ru/2014/04/pdf/59.pdf>

прекращением внесения препаратов. В последствии влияние активных веществ на этот показатель снижается, и значения коэффициента структурности стремятся к своему естественному уровню (контроль).

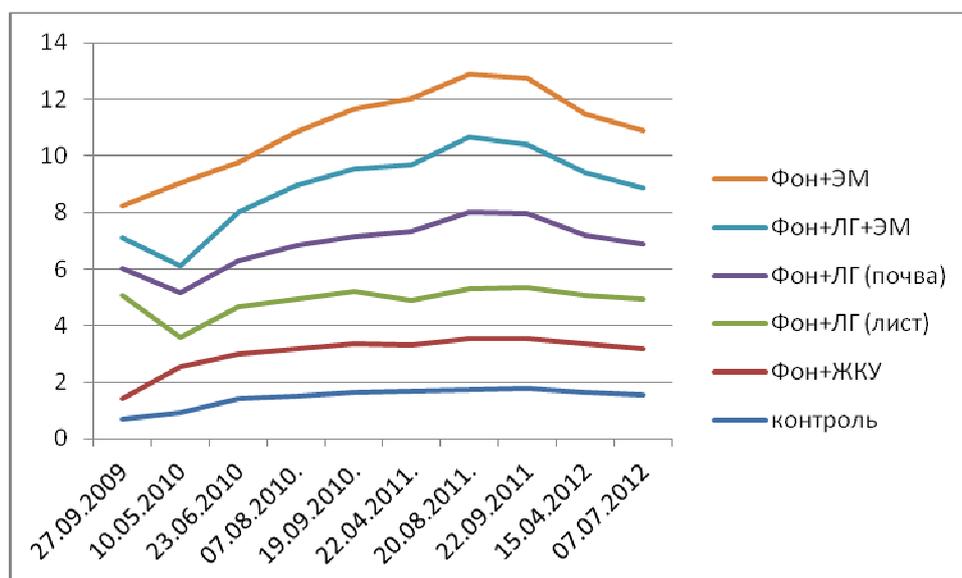


Рисунок 3 – Динамика коэффициентов структурности в чернозёме обыкновенном карбонатном по вариантам опыта с биологически активными веществами (*график с накоплением*)

Другим важнейшим показателем состояния структуры является коэффициент водопрочности. По методу Савинова его определяют, рассчитывая отношение между количеством агрономически ценных и суммой агрономически неценных агрегатов, полученных после мокрого просеивания. В июне и в начале июля 2010 года в Ростовской области температура воздуха составляла плюс 30—35 градусов тепла, очень сильная засуха и ветер не могли не сказаться отрицательно на состоянии почвы, если при сухом просеивании данная тенденция заметна слабо, то в случае с водопрочностью картина более выпуклая. Из рисунка 4 видно, что в этот период (между первым и вторым внесением биодобавок) наблюдается резкое снижение коэффициента, связанное с климатическими

аномалиями, однако в дальнейшем эта тенденция сглаживается, происходит увеличение водопрочности агрегатов.

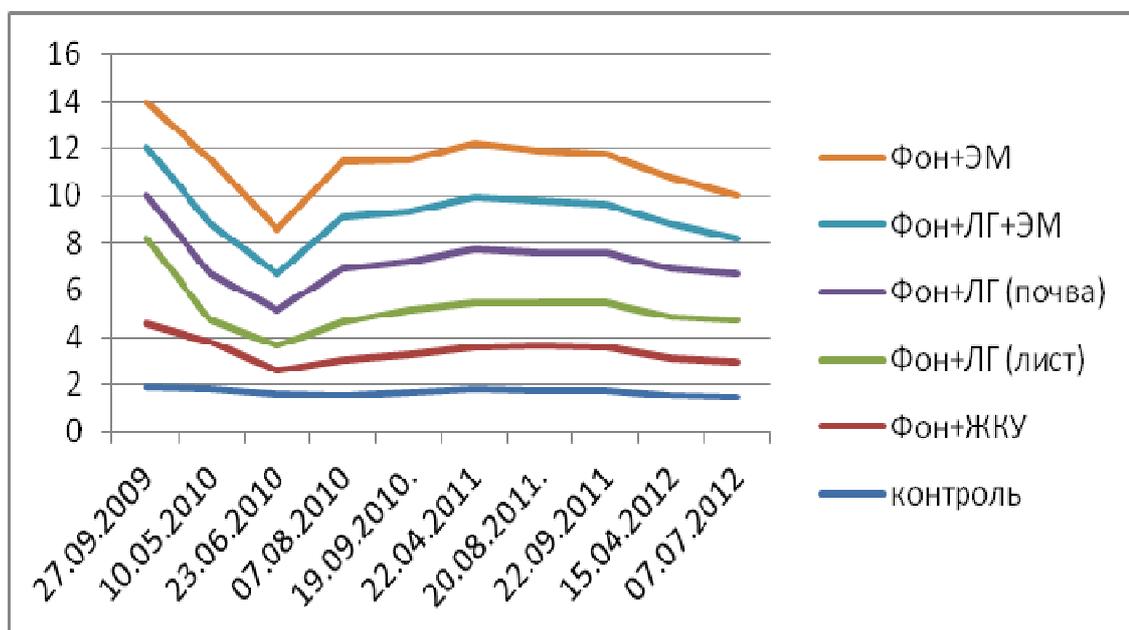


Рисунок 4 – Динамика коэффициентов водопрочности в чернозёме обыкновенном карбонатном по вариантам опыта с биологически активными веществами (график с накоплением)

Определение коэффициента водопрочности по методу Андрианова, в котором проводится учет агрегатов, сохраняющих свою водопрочность в стоячей воде, показал, что применение биологически активных веществ благоприятно влияет на этот показатель (табл.2). В отличие от мокрого просеивания по Саввинову, метод Андрианова позволяет оценивать прочность почвенных комков определенных размеров. Данный метод обычно показывает несколько более высокие результаты, по сравнению с методом Саввинова, так как стойкость агрегатов проверяется в статичных условиях.

Таблица 2 – Динамика коэффициентов водопрочности в чернозёме обыкновенном карбонатном (метод Андрианова)

Варианты	контроль	Фон+ЖКУ	Фон+ЛГ (лист)	Фон+ЛГ (почва)	Фон+ЛГ+ЭМ	Фон+ЭМ
Дата						
27.09.2009	83	82	83	80	79	82
10.05.2010	85	83	85	83	82	84
23.06.2010	87	89	91	89	89	91
07.08.2010.	90	88	89	91	90	92
19.09.2010.	89	80	91	93	93	92
22.04.2011.	88	85	93	95	92	93
20.08.2011.	91	94	97	91	95	91
22.09.2011	90	85	92	94	91	89
15.04.2012	87	82	85	92	89	88
07.07.2012	89	88	84	87	85	81

Наибольшие значения водопрочности агрегатов обнаружены на вариантах Фон+ЛГ (почва), Фон+ЛГ+ЭМ, Фон+ЭМ. Однако после прекращения внесения препаратов коэффициент водопрочности стремится к своему исходному уровню. Для более детального изучения последствий препаратов необходимо еще несколько лет, поэтому о некоторых результатах можно судить лишь как о тенденции.

Данную закономерность можно объяснить опосредованным действием биологически активных веществ, так как известно, что биологически активные препараты оказывают стимулирующее воздействие на почвенную биоту, которая в свою очередь улучшает физические свойства почвы. Действительно, результаты определения активности фермента каталазы показали (рис.5), что внесение сразу двух, разноплановых по своему воздействию на почву и ее биологическую активность, препаратов увеличивает активность фермента наиболее сильно. Достоверность разницы подтверждается статистически в варианте фон+ЛГ+ЭМ, а в остальных вариантах достоверность разницы не



примерно одинаковой. Мы наблюдаем заметное увеличение активности каталазы после пятого внесения удобрений и небольшой спад ближе к окончанию опыта. Последствие удобрений оказало достаточно заметное влияние на активность каталазы и выравнивания с контролем не произошло. Активность инвертазы более информативна по сравнению с каталазой при оценке последствие влияния удобрений. В таблице 3 представлена динамика инвертазной активности в течение всего периода наблюдений.

Таблица 3 – Динамика инвертазной активности в черноземе обыкновенном карбонатном по вариантам опыта с биологически активными веществами, мл глюкозы/ г/ 24 часа

Варианты	Контроль	Фон+ЖКУ	Фон+ЛГ (лист)	Фон+ЛГ (почва)	Фон+ЛГ+ЭМ	Фон+ЭМ
27.09.2009	15,87	16,13	16,37	16,50	16,37	16,23
10.05.2010	16,05	16,38	16,33	16,35	16,38	16,35
23.06.2010	16,18	16,48	16,47	16,47	16,52	16,50
07.08.2010	16,32	16,60	16,67	16,68	16,82	16,68
19.09.2010	16,47	16,77	16,85	16,85	17,02	16,83
22.04.2011	16,56	<b>16,97</b>	17,10	<b>17,03</b>	17,47	17,07
20.08.2011	16,77	17,13	17,33	17,17	<b>17,70</b>	17,23
22.09.2011	16,93	<b>17,33</b>	17,43	<b>17,40</b>	<b>17,97</b>	17,43
15.04.2012	16,63	16,50	16,37	16,70	<b>17,23</b>	16,63
07.07.2012	16,00	16,17	15,97	16,17	<b>16,70</b>	16,20

По степени обогащенности инвертазой чернозем обыкновенный является среднеобогаченным по шкале Звягинцева. В отличие от активности каталазы, усиление активности инвертазы достоверно подтвердилось в вариантах с внесением ЖКУ, лигногумата в почву и совместном внесении лигногумата и Байкала-ЭМ именно в последствии, когда препараты уже использовали и ЖКУ не вносили.

Внесение ЖКУ положительно повлияло на активность инвертазы, что подтверждается достоверно в выделенных отборах. Помимо этого внесение гуминового препарата непосредственно в почву, также усиливает активность инвертазы. Как и активность каталазы, инвертазная активность наивысшая в вариантах с совместным внесением двух препаратов. Из литературных данных известно, что минеральные удобрения неблагоприятно влияют на биологическую активность почв. В нашем опыте такого заметного негативного влияния не обнаружено, что вероятно, обусловлено видом, а главное формой удобрения – стресс от внесения жидких удобрений значительно меньше, однако говорить об этом мы можем только предположительно, т.к. специально этим вопросом не занимались.

## **Заключение**

Внесение в почву лигногумата, как самостоятельно, так и в смеси с Байкалом-ЭМ, способствует увеличению гумусности чернозема обыкновенного карбонатного на статистически значимую величину, что обусловлено комплексом благоприятных обстоятельств: повышение урожайности сопровождается увеличением поступления пожнивных остатков, усиление биологической активности стимулирует их трансформацию, наличие гуминовых веществ, входящих в лигногумат, способствует гумификации.

1. Применение биологически активных удобрений благоприятно сказывается на структурности почвы, особенно это заметно в промежутке между вторым и третьим внесением удобрений. Далее, с прекращением внесения активных веществ, значения коэффициента структурности стремятся к своему естественному уровню (контроль), данная закономерность объясняется опосредованным действием биологически

активных удобрений: их эффективность проявляется через стимуляцию микроорганизмов, влияющих на развитие корневой системы растения.

2. В период между первым и вторым внесением удобрений наблюдается резкое снижение величины коэффициента водопрочности, связанное с погодными аномалиями, однако в дальнейшем эта тенденция сглаживается и на вариантах с внесением биологически активных препаратов в почву происходит увеличение водопрочности агрегатов.

3. Использование биологически активных веществ и минерального удобрения (ЖКУ) неодинаково сказывается на ферментативной активности чернозема обыкновенного карбонатного. Внесение только минерального жидкого комплексного удобрения приводит к незначительному увеличению активности инвертазы, и наоборот, некоторому снижению активности каталазы. Гуминовое удобрение «Лигногумат» и микробиологический препарат «Байкал-ЭМ» способствуют значительному увеличению ферментативной активности, так как первое состоит из гуминовых веществ (то есть содержат в себе органические вещества, а также микро- и макроэлементы), а второе - содержит полезные микроорганизмы. Комплекс биологически активных веществ различной природы (микробиологического препарата и гуминового удобрения) увеличивает активность в более значительной степени, чем внесение их по отдельности на разных площадках.

#### **Библиографический список**

1. Качинский Н.А. Физика почвы. Часть 1. М.: Высшая школа, 1965. – 257 с.
2. Бродский Е.С., Калинин Г.А., Лукашенко И.М. и др. Изменение структуры органического вещества почвы при внесении минеральных удобрений и известковании // Изв. ТСХА. 1988, вып. 6. – С. 180-183.
3. Кауричев И. С, Тарарина Л.Ф., Об окислительно-восстановительных условиях внутри и вне агрегатов серой лесной почвы.// Почвоведение, 1972. № 10. – С. 39-42.
4. Безуглова О.С. Гумусное состояние почв юга России. - Ростов-на-Дону, 2001. – 228 с.
5. Блинов В.А., Буршина С.Н., Шапулина Е.А. Биологическое действие эффективных микроорганизмов // В сб. "Биопрепараты: Сельское хозяйство. Экология: Практика применения". – М.: Изд-во ООО "ЭМ-Кооперация", 2008. – 37с.

6. Галстян А.Ш. Унификация методов исследования активности ферментов почв // Почвоведение, 1978. №2. – С. 107—114.
7. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.:Наука, 1990. – 189 с.
8. Аринушкина Е.В. руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. – 448 с.
9. Садименко П. А., Безуглова О. С. Методические указания к лабораторным занятиям по физике почв. Часть 1. - Ростов-на-Дону, 1988. - 23 с.

## References

1. Kachinskii N.A. Fizika pochvy. Chast' 1. M.: Vysshaya shkola, 1965. 257 s.
2. Brodskii E.S., Kalinkevich G.A., Lukashenko I.M. i dr. Izmenenie struktury organicheskogo veshstva pochvy pri vnesenii mineral'nyh udobrenii i izvestkovanii // Izv. TSHA. 1988, vyp. 6. S. 180-183.
3. Kaurichev I. S, Tararina L.F., Ob okislitel'no-vosstanovitel'nyh usloviyah vnutri i vne agregatov seroi lesnoi pochvy.// Pochvovedenie, 1972. 10. S. 39-42.
4. Bezuglova O.S. Gumusnoe sostoyanie pochv yuga Rossii. - Rostov-na-Donu, 2001. 228 s.
5. Blinov V.A., Burshina S.N., Shapulina E.A. Biologicheskoe deistvie effektivnyh mikroorganizmov // V sb. "Biopreparaty: Sel'skoe hozyaistvo. Ekologiya: Praktika primeneniya". M.: Izd-vo OOO "EM-Kooperaciya", 2008. 37s.
6. Galstyan A.Sh. Unifikaciya metodov issledovaniyaaktivnosti fermentov pochv // Pochvovedenie, 1978. 2. S. 107 114.
7. Haziev F.H. Metody pochvennoi enzimologii. M.:Nauka, 1990. 189 s.
8. Arinushkina E.V. rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv. M.: Izd-vo MGU, 1970. 448 s.
9. Sadimenko P. A., Bezuglova O. S. Metodicheskie ukazaniya k laboratornym zanyatiyam po fizike pochv. Chast' 1. - Rostov-na-Donu, 1988. - 23 s.