

5. Loginov S.V., Petrichenko V.N. Primenenie regulyatorov rosta rastenii novogo pokoleniya na ovoshchnykh kul'turakh (Application of new generation plant growth regulators on vegetable crops), *Agrokhimicheskii vestnik*, 2010, No. 2, pp. 24-25.
6. Osnovy khimicheskoi regulyatsii rosta produktivnosti rastenii (Fundamentals of chemical regulation of plant productivity growth), G.S. Muromtsev [i dr.], Moskva, Agropromizdat, 1987, 282 p.
7. Chekurov V.M., Sergeeva S.I. Novye regulatory rosta (New growth regulators), *Zashchita i karantin rastenii*, 2003, No. 3, pp. 13-15.
8. Hegarty T.W. Seed and soil factors affecting the level and rate of emergence, *Acta Horticulturas*, 1978, No. 72, pp. 11-20.
9. Ludilov V.A., Ivanova M.I., Shchuryakova M.O. Produktivnost' ovoshchnykh kul'tur pri obrabotke semyan stimulyatorami rosta (Productivity of vegetable crops in seed treatment with growth stimulants), *Sb. nauch. tr. Mezhdunar. simpoziuma po selektsii i semenovodstvu ovoshchnykh kul'tur*, Moskva, 1999, pp. 25-28.
10. Shevelukha M.I. Regulatory rosta (Growth regulator), Moskva, Agropromizdat, 1990, 185 p.
11. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kultur (Methods of state variety testing of agricultural crops), *Pod red. E.A. Marinets [i dr.]*, M., Sel'khozizdat, 1975, 261 p.

УДК 631.862:631.816.1:631.453:631.95

## ВЛИЯНИЕ СВИНОГО НАВОЗА НА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

**В. И. Титова**, д-р с.-х. наук, профессор;  
**Л. Д. Варламова**, д-р с.-х. наук, профессор;  
**Р. Н. Рыбин**, аспирант; **Т. В. Андропова**, аспирант,  
ФГБОУ ВО «Нижегородская ГСХА»,  
пр. Гагарина, 97, Нижний Новгород, Россия, 603107  
E-mail: [titovavi@yandex.ru](mailto:titovavi@yandex.ru)

*Аннотация.* Проведено выборочное агроэкологическое обследование светло-серых лесных почв Нижегородской области, на которых с осени 2016 года по август 2018 года вносился навоз крупного свиного комплекса в дозах по жидкой форме 60 или 90 т/га, доза твердого свиного навоза (ТСН) – 30 т/га. Содержание сухого вещества в ТСН 49,8 %, в жидком свином навозе (ЖСН) – 9,5 %. Чередование культур в севообороте: чистый пар, озимая пшеница, яровая пшеница, кукуруза на зеленую массу. Площадь обследования – 540 га, общее количество объединенных почвенных проб 41. В почве определяли содержание валовых и подвижных соединений Cd, Pb, Ni, Cu и Zn, целлюлолитическую активность, дыхание почвы и фитотоксичность. Результаты анализов математически обработаны с использованием метода вариационной статистики. Установлено, что валовое содержание кадмия, свинца, никеля, меди и цинка в почве не превышает норматива ОДК, а содержание их подвижных форм – норматива ПДК. Однако на почвах с внесением ТСН отмечено более высокое содержание тяжелых металлов, чем в почвах с внесением ЖСН, а доля валовых запасов тяжелых металлов в сравнении с ОДК на почвах супесчаных выше, чем на почвах суглинистых. Отмечено более активное продуцирование диоксида углерода в приземный слой воздуха после внесения твердой фракции свиного навоза, чем при внесении ЖСН. При внесении ЖСН отмечена фитотоксичность почв (23-24 % к контролю), проявляющаяся на этапе проростков пшеницы, которая к началу всходов нивелировалась, сопровождаясь приростом длины ростка.

*Ключевые слова:* серая лесная почва, фракция, свиной навоз, тяжелые металлы, биологическая активность, фитотоксичность.

**Введение.** Известно, что почва в развитии и становлении любого общества имеет очень важное значение и как компонент окружающей среды, и как средство производства сельскохозяйственной продукции, в связи с чем вопросы её безопасности всегда находятся под пристальным вниманием. Последнее предполагает осуществление постоянного мониторинга состояния почвенных ресурсов, нормирования антропогенного воздействия на них, включая, в том числе, и работу с органическими удобрениями [1, 2].

Среди органических удобрений, используемых в земледелии страны, широкое распространение имеет бесподстилочный свиной навоз, образующийся при содержании животных на крупных свинокомплексах. Объемы образования такого навоза настолько велики, что предполагают практически ежегодную его утилизацию на ограниченных площадях прилегающих территорий [3-5]. При этом следствием использования отходов свинопроизводства на сельскохозяйственных землях является изменение не только питательных свойств почвы [6], но и состояния почвенно-биотического комплекса, обеспечивающего её качество и безопасность [7, 8].

Контроль качества почв при утилизации высоких доз свиного навоза проводится по ряду показателей, которые определяют при агроэкологическом мониторинге и в лабораторных условиях. Для оценки используют, прежде всего, такие показатели, как биологическая активность почв и содержание тяжелых металлов, которые неизбежно содержатся в отходах содержания животных [9, 10] и поступают в почву при внесении. В почве тяжелые металлы нарушают нормальное функционирование почвенной биоты и, как следствие, всей почвенной системы [11-13], что чаще всего негативно сказывается на биологической активности.

Также в последние годы для оценки степени чистоты почв и их пригодности для возделывания культурных растений используют различные методы биоиндикации. Например, фитотоксичность почв определяют по влиянию водной вытяжки из потенциально ток-

сичной анализируемой почвы на энергию прорастания и лабораторную всхожесть тест-культуры.

*Цель исследований* состояла в оценке влияния утилизации свиного навоза крупного свинокомплекса на агроэкологическую характеристику почв в производственных условиях. В задачи исследования входило: определение общего содержания тяжелых металлов и степени их подвижности; оценка способности почвы к разложению безазотистых органических соединений и продуцированию углекислого газа как показателя общей активности микробиологического сообщества; фитотоксичности почвы по энергии прорастания и всхожести тест-культуры.

**Методика.** Исследования проведены на базе одного из крупных предприятий промышленного свиноводства Нижегородской области, мощность которого достигает 200 тыс. свиней. Комплекс работает с 2016 года. В соответствии с технологией содержания животных на предприятии образуется бесподстилочный навоз, который в дальнейшем разделяется на твердую фракцию свиного навоза (ТСН) и жидкую фракцию (ЖСН). Характеристика ТСН: содержание сухого вещества 49,8 %, рН 8,3 ед., содержание азота 0,77 %, фосфора 1,20 и калия 0,50 %; характеристика ЖСН, соответственно: 9,5 %, 7,7 ед., 0,22 %, 0,11 и 0,12 %. Чередование культур в хозяйстве: озимая пшеница по чистому пару → яровая пшеница → кукуруза на зеленую массу.

Для оценки изменений в показателях плодородия после 3-летней утилизации свиного навоза были выбраны несколько полей, различающихся между собой по формам и дозам внесения свиного навоза, а также по гранулометрическому составу почв. В полях 103 и 105 (площадь поля 55 и 175 га соответственно) жидкую фракцию навоза вносили в дозе 60 т/га/год; в полях 104 и 107 (площадь поля 100 и 90 га) – в дозе ЖСН 90 т/га/год, а в полях 414 и 415 (площадь поля 70 и 50 га соответственно) – ТСН в дозе 30 т/га/год. Почва светло-серая лесная, в полях 103, 104 и 105 – супесчаная, в остальных полях – суглинистая.

Отбор почвенных проб проведен в начале сентября 2018 г. в соответствии с ГОСТ 28168-89, всего отобрана 41 проба. Полученные в ходе лабораторных исследований результаты сравнивали с данными последнего агрохимического обследования почв (2015 г.).

Интенсивность разложения целлюлозы определяли лабораторным методом по разности между исходной и конечной (после 30-дневного компостирования) массой фильтровальной бумаги; интенсивность выделения CO<sub>2</sub> из почвы – по методу А. Ш. Галстяна; фитотоксичность почвы – методом водной вытяжки путем сравнения показателей энергии прорастания и всхожести семян под дей-

ствием вытяжки из изучаемой почвы, с данными, полученными на контроле [14]. Результаты анализов обработаны методом вариационной статистики с определением размаха варьирования, средневзвешенного значения, ошибки средней арифметической и коэффициента вариации признака [15].

**Результаты.** Одним из наиболее токсичных элементов, отличающихся к тому же высокой степенью подвижности, является кадмий. Как следует из полученных данных (табл. 1), общее содержание данного элемента в почве варьирует по полям, составляя 16-32 % от ориентировочно допустимой концентрации (ОДК).

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в почвах  
после внесения разных форм свиного навоза, 2018 г., мг/кг

№ поля	Удобрение	Валовое содержание					Подвижные соединения				
		Cd	Pb	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cu	Zn
103	ЖСН-60	0,12	3,86	4,93	4,63	19,92	0,04	0,31	0,56	0,39	1,48
105	ЖСН-60	0,16	4,34	9,11	7,22	21,73	0,06	0,48	0,81	0,58	1,84
104	ЖСН-90	0,14	3,55	7,78	5,56	18,21	0,04	0,28	0,69	0,48	1,52
107	ЖСН-90	0,18	2,74	9,16	8,77	23,91	0,08	0,26	0,80	0,77	1,60
414	ТСН-30	0,19	5,94	14,01	9,72	26,21	0,09	0,47	1,12	0,91	1,92
415	ТСН-30	0,16	6,14	14,45	8,42	26,65	0,06	0,55	1,23	0,77	1,83
ОДК* / ПДК		0,5/1,0	32/65	20/40	33/66	55/110	-	6,0	4,0	3,0	23,0

Примечание: \* – норматив для супесчаных почв

Принимая во внимание, что величина ОДК определяется с учетом гранулометрического состава и кислотности почв, отмечено, что, несмотря на более высокое содержание элемента в суглинистых почвах, обладающих большей буферной способностью по сравнению с супесчаными, их можно признать экологически более чистыми (доля от ОДК 16-19 %, тогда как для супесчаных – 24-32 %). Известно, что норматив допустимого содержания подвижных форм кадмия в почве не установлен, что не дает возможности оценить общий уровень их содержания относительно нормативных значений. Однако полученные результаты свидетельствуют, что доля наиболее опасных (подвижных) соединений данного элемента от общего его запаса в почве достаточно высока и составляет 29-47 %. Для су-

глинистых почв доля подвижных соединений кадмия от его валовых запасов выше (38-47 %), чем для супесчаных (29-38 %).

Характеризуя содержание в почве свинца, можно отметить, что концентрация его валовых запасов по отдельным полям варьирует от 4 до 9 % ОДК – для суглинистых почв и от 11 до 14 % ОДК – для супесчаных почв. Доля подвижных соединений составляет 4-9 % от предельно допустимого их количества (ПДК), но четкой зависимости показателя от гранулометрического состава почв не прослеживается. На долю подвижных соединений элемента от валового их запаса приходится от 8 до 11 %, составляя в среднем 9 %.

Общее содержание никеля в почвах участков, характеризующихся супесчаным гранулометрическим составом, изменяется в

пределах 25-46 % ОДК, в более тяжелых почвах – 23-36 % ОДК. Доля подвижных соединений никеля от его предельно допустимой концентрации (ПДК) в почве достаточно велика (особенно в сравнении со свинцом) и изменяется в пределах 14-28 %. При этом в суглинистых почвах доля подвижных соединений никеля по отношению к ПДК выше (20-28 %), чем в супесчаных (14-20 %). Более того, заметно повышение содержания подвижных соединений никеля в почве полей, где утилизируют твердую фракцию свиного навоза. Подвижность никеля (доля подвижных соединений от валового запаса) невысока, изменяется в пределах 8-11 %, и по этому показателю сопоставима со свинцом. При этом содержание и свинца, и никеля было однозначно более высоким в почве полей, удобряемых твердой фракцией свиного навоза.

Медь и цинк, в отличие от свинца и кадмия, являются физиологически необходимыми элементами питания. Общее содержание меди в почве варьирует для супесчаных почв в пределах 14-22 % ОДК, для суглинистых – 13-15 % ОДК. Содержание подвижных соединений меди в сравнении с ПДК составляет 13-30 %, то есть в данном случае речь может идти даже о дефиците элемента, а не о его избытке. Подвижность соединений меди колеблется в пределах 7-8 % от валовых ее запасов. При этом доля подвижных соединений меди в валовом ее количестве практически постоянна и составляет 8-9 % вне зависимости от гранулометрического состава почв.

Общее содержание цинка, как и других элементов, несколько более высоким было в суглинистых почвах (22-24 % ОДК), чем в супесчаных (33-40 % ОДК). Содержание подвижных соединений цинка колебалось незначительно – 6-8 % ПДК – в супесчаных и 7-8 % ПДК – в суглинистых почвах. Доля подвижного цинка в валовом его количестве в супесчаных почвах составила порядка 7-8 % вне зависимости от гранулометрического состава почвы.

Вклад свиного навоза в накопление ТМ в почвах весьма незначительный. Так, например, при содержании в твердой фракции кадмия в количестве 0,22 мг/кг и свинца 2,52 мг/кг сухого вещества (данные предприятия) поступление их в почву в составе удобрения за два года (60 т/га с влажностью порядка 50 %) составит соответственно порядка 7 и 76 г/га. Теоретически (без учета выноса культурами и миграционных процессов) уровень содержания этих элементов в почве может увеличиться на 0,0023 (кадмий) и 0,025 мг/кг (свинец). По отношению к имеющемуся в почве общему запасу элементов для свинца это составит 1,5 %, для кадмия – 0,4 %.

Таким образом, использование свиного навоза в течение двух лет не привело к загрязнению почвы тяжелыми металлами.

Для оценки биологической активности почв использовали два наиболее универсальных показателя, характеризующих экологическое их состояние: интенсивность дыхания и целлюлолитическую активность. Полученные результаты показаны в таблице 2.

Таблица 2

Интенсивность выделения углекислого газа и разложения целлюлозы в почвах, удобряемых свиным навозом, 2018 г.

Удобренность, т/га. Культура 2018 г.	Интенсивность дыхания, CO <sub>2</sub> , мг/10 г/ 24 ч		Целлюлолитическая активность, %	
	min - max	среднее	min - max	среднее
ЖСН-60, озимая пшеница	3,87 - 6,69	<b>5,21</b>	16,9 - 19,7	<b>18,2</b>
ЖСН-60, яровая пшеница	6,06 - 6,67	<b>6,33</b>	11,8 - 33,0	<b>17,5</b>
ЖСН-90, озимая пшеница	7,06 - 21,83	<b>12,62</b>	13,2 - 26,4	<b>19,7</b>
ЖСН-90, яровая пшеница	2,27 - 2,80	<b>2,47</b>	21,1 - 71,4	<b>41,2</b>
ТСН-30, чистый пар*	12,09 - 34,74	<b>18,35</b>	9,1 - 23,9	<b>15,5</b>
ТСН-30, чистый пар*	11,28 - 31,92	<b>18,31</b>	10,7 - 12,4	<b>11,4</b>

*Примечание: в 2017 году в полях 414 и 415 росла кукуруза, урожаем которой осенью не был убран. Весной 2018 г. фитомасса кукурузы была заделана в почву при глубокой обработке чистого пара. Отбор проб произведен до высева озимой пшеницы.*

Результаты анализа почвенных образцов свидетельствуют, что интенсивность выделения диоксида углерода варьирует в рамках даже одного поля, а между полями она изменялась в рамках нескольких групп. Почвы, удобрявшиеся твердым свиным навозом, характеризовались средней интенсивностью дыхания почвы, в полях с использованием жидкой фракции активность выделения диоксида углерода в целом была ниже.

Целлюлолитическая активность варьирует в пределах от 11 до 26 %, причем на фоне применения твердой фракции навоза она несколько ниже. Нельзя не отметить и высокое

варьирование данного показателя в рамках конкретного поля, что может быть связано с неравномерностью распределения удобрений в почве. Кроме того, следует учитывать рельеф, включая микрорельеф, который оказывает прямое влияние на условия увлажнения и воздухообмена, что напрямую связано с условиями жизни микроорганизмов и, соответственно, с их активностью.

Для оценки фитотоксичности почв в качестве тест-объекта использовали семена озимой пшеницы Московская-39. Результаты эксперимента представлены в таблице 3.

Таблица 3

Оценка фитотоксичности почв, удобряемых свиным навозом

Удобренность, т/га	Энергия прорастания		Всхожесть		Длина корня		Длина ростка	
	в среднем, %	токсичность	в среднем, %	токсичность	в среднем, см	токсичность	в среднем, см	токсичность
ЖСН-60	62	1,13	96	0,88	8,3	0,95	4,6	0,91
ЖСН-60	51	1,37	93	0,91	6,1	1,29	4,1	1,02
ЖСН-90	55	1,27	91	0,93	7,2	1,10	4,2	1,00
ЖСН-90	56	1,25	92	0,92	7,1	1,11	4,3	0,98
ТСН-30	89	0,79	91	0,93	7,7	1,03	6,0	0,70
ТСН-30	71	0,98	85	1,00	7,9	1,00	4,4	0,95
Контроль	70		85		7,9		4,2	

В качестве критерия фитотоксичности почвы используется кратность снижения контролируемых показателей в опытной почве по сравнению с незагрязненной (в нашем случае в качестве контроля использована дистиллированная вода). Отмечено, что в вариантах с почвой, где в течение двух лет вносили жидкий свиной навоз, взошли не все семена пшеницы – негативный эффект оценивается в 11-27 % в сравнении с контрольным вариантом. Возможно, однако, что в данной ситуации это есть следствие не только прямого негативного влияния ЖСН, а обусловлено набором культур, возделываемых в полях предприятия. Так, в оба анализируемых года во всех полях выращивали исключительно зерновые культуры (с чередованием озимые – яровые зерновые), что могло вызвать определенное почвоугнетение и накопление возбудителей болезней и вредителей, характерных для данной культуры. Последнее вполне вероятно могло стать

основной причиной снижения энергии прорастания. Дополнительным доказательством правомочности такого предположения является тот факт, что на участках с применением твердой фракции навоза, где в 2017 году выращивали кукурузу, а в год отбора проб (2018 г.) был чистый пар, угнетения прорастания семян выявлено не было. При учете всхожести угнетающий эффект полностью устранялся, и наблюдалось даже некоторое стимулирование прорастания семян по отношению к контролю, выражающееся в приросте длины корня и ростка.

Оценка изменения качественного состояния проросших семян (длина ростка и корешков) также показала почти полное отсутствие фитотоксичности почвы, причем большие изменения отмечены в отношении корней. Так, снижение длины корешков относительно контроля отмечено для почвы четырех полей, а наиболее выраженные

негативные изменения (23-24 %) наблюдали для почвы поля № 105.

#### Выводы.

1. Анализ содержания тяжелых металлов в почвах, в течение двух лет удобряемых свиным навозом, показал, что превышения их концентрации в почвах ни по общему запасу, ни по подвижным формам металлов, не выявлено. Однако на почвах с внесением твердого свиного навоза отмечено более высокое содержание тяжелых металлов, чем в почвах с внесением жидкого свиного навоза, а доля валовых запасов тяжелых металлов в сравнении с ОДК на почвах супесчаных выше, чем на почвах суглинистых. Почвы обследованных участков общей площадью 540 га являются незагрязненными и пригодны для возделывания всех сельскохозяйственных культур, а вклад навоза в загрязнение почв тяжелыми металлами оценивается как несущественный.

2. Твердая фракция свиного навоза, отличающаяся большим количеством сухого, в том числе и органического вещества, поступающим в почву, при разложении его обуславливает и большее продуцирование диоксида углерода, выделяемого в приземный слой воздуха, чем жидкая фракция свиного навоза. По способности почвы к разложению безазотистых веществ четких закономерностей не выявлено.

3. Полученные данные свидетельствуют о незначительной фитотоксичности почв, причем она проявляется, в основном, на первом этапе прорастания. Ингибирующий эффект отмечен лишь для участков, удобрявшихся жидкой фракцией свиного навоза. При учете всхожести угнетающий эффект полностью устранялся и наблюдалось даже некоторое стимулирование прорастания семян по отношению к контролю, выражающееся в приросте длины ростка.

#### Литература

1. Монастырский О.А., Глинушкин А.П., Соколов М.С. Проблема обеспечения продовольственной безопасности России и пути ее решения // *Агрохимия*. 2016. № 11. С. 3-11.
2. Брюханов А.Ю., Васильев Э.В., Шалавина Е.В. Проблемы обеспечения экологической безопасности животноводства и наилучшие доступные методы их решения // *Региональная экология*. 2017. № 1 (47). С. 37-43.
3. Мерзлая Г.Е., Щеголева И.В., Леонов М.В. Использование свиного навоза для удобрения сельскохозяйственных культур // *Перспективное свиноводство: Теория и практика*. 2016. № 2. С. 11-27.
4. Агротехнологические перспективы повышения эффективности утилизации свиного навоза / М.В. Базылев [и др.] // *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. 2016. № 1. С. 137-145.
5. Самоделькин А.Г., Титова В.И., Дабахова Е.В. Проблемы утилизации органических отходов на свиноводческих предприятиях промышленного типа // *Агрохимический вестник*. 2013. № 1. С. 31-33.
6. Мерзлая Г.Е., Еськов А.И., Тарасов С.И. Действие и последствие систем удобрения с использованием навоза // *Плодородие*. 2011. № 3 (60). С. 16-19.
7. Microbial activity in pig slurry-amended soils under semiarid conditions / C. Plaza [et al.] // *Soil Biology and Biochemistry*. 2004. Vol. 36. Is. 10. P. 1577-1585.
8. Odlare M., Pell M., Svensson K. Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues // *Waste Management*. 2008. Vol. 28. Is. 7. P. 1246-1254.
9. Титова В.И., Караксин В.Б., Гейгер Е.Ю. Промышленное свиноводство и экология: проблема сосуществования. Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2003. 201 с.
10. Gondek K., Mierzwa-Hersztek M. Effect of low – temperature biochar derived from pig manure and poultry litter on mobile and organic matter – bound forms of Cu, Cd, Pb and Zn in sandy soil // *Sjil Use and Management*. 2016. Vol. 32. Is. 3. P. 357-367.
11. Сравнительная оценка устойчивости биологических свойств чернозема юга России к загрязнению Cr, Cu, Ni, Pb в модельном эксперименте / С.И. Колесников [и др.] // *Почвоведение*. 2013. № 2. С. 195-200.
12. Влияние подвижных форм тяжелых металлов на показатели целлюлозоразлагающей и уреазной активности чернозема обыкновенного (модельный эксперимент) / Н.В. Громакова [и др.] // *Агрохимия*. 2017. № 2. С. 73-81
13. Soil organic carbon buffers heavy metal contamination on semiarid soils: Effects of different metal threshold levels on soil microbial activity / J.L. Moreno [et al.] // *Europ. J. Soil Biol.* 2009. № 45. Н. 220-228.
14. Титова В.И., Дабахова Е.В., Дабахов М.В. Агро- и биохимические методы исследования состояния экосистем: уч. пособие для вузов // Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2011. 170 с.
15. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении // М.: Изд-во МГУ, 1995. 320 с.

## INFLUENCE OF PIG MANURE ON AGROECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF LIGHT-GRAY FOREST SOIL

**V. I. Titova**, Dr. Agr. Sci., Professor,  
**L. D. Varlamova**, Dr. Agr. Sci., Professor,  
**R. N. Rybin**, PhD student, **T. V. Andronova**, PhD student  
State Agricultural Academy of Nizhny Novgorod  
97, prospect Gagarina, Nizhny Novgorod, Russia, 603107  
E-mail: titovavi@yandex.ru

### ABSTRACT

A selective agro-ecological survey of light-gray forest soils in Nizhny Novgorod region was carried out, where during the period from fall of 2016 to August of 2018 manure from a large pig-breeding farm was applied in liquid form (60 or 90 t/ha), the dose of solid pig manure (SPM) was 30 t/ha. The dry matter content in SPM was 49.8 %, in liquid pig manure (LPM) – 9.5 %. Rotation of crops in succession cropping: resting fields, winter wheat, spring wheat, and corn for greenery. The survey area was 540 hectares, the total number of combined soil samples was 41. Content of gross and mobile compounds of Cd, Pb, Ni, Cu and Zn, cellulolytic activity, soil respiration, and phytotoxicity were determined in the soil. The analysis results were mathematically processed using the method of variation statistics. It was determined that the gross content of cadmium, lead, nickel, copper, and zinc in the soil did not exceed the standard threshold values, and the content of their mobile forms was within the maximal threshold limits. However, in SPM fertilized soils, a higher content of heavy metals was noted in comparison to the LPM-fertilized soils, and the share of heavy metals in sandy loam soils was higher than in loamy soils (comparing corresponding standard threshold values). There was a more active production of carbon dioxide in the surface layer of air upon introduction of the solid fraction of pig manure than upon fertilization with the liquid pig manure. Upon fertilization with LPM, soil phytotoxicity was detected (23-24 % exceeding the reference level), which manifested at the stage of wheat seedlings. Later on by the beginning of the fully sprouted wheat, the phytotoxicity values leveled out, and an increase in the length of wheat sprouts was noted.

*Keywords: light gray forest soil, liquid and solid pig manure, heavy metals, phytotoxicity, cellulolytic activity, soil respiration.*

### References

1. Monastyrskii O.A., Glinushkin A.P., Sokolov M.S. Problema obespecheniya prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossii i puti ee resheniya (The problem of ensuring food security in Russia and ways to solve it), *Agrokimiya*, 2016, No. 11, pp. 3-11.
2. Bryukhanov A.Yu., Vasil'ev E.V., Shalavina E.V. Problemy obespecheniya ekologicheskoi bezopasnosti zhivotnovodstva i nailuchshie dostupnye metody ikh resheniya (Problems of ensuring the environmental safety of livestock and the best available methods to solve them), *Regionalnaya ekologiya*, 2017, No. 1 (47), pp. 37-43.
3. Merzlaya G.E., Shchegoleva I.V., Leonov M.V. Ispol'zovanie svinogo navoza dlya udobreniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur (Pig manure as a fertilizer for crop fields), *Perspektivnoe svinovodstvo: Teoriya i praktika*, 2016, No. 2, pp. 11-27.
4. Agrotekhnologicheskie perspektivy povysheniya effektivnosti utilizatsii svinogo navoza (Agrotechnological prospects for increasing the efficiency of utilization of pig manure), M.V. Bazylev [i dr.], *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*, 2016, No. 1, pp. 137-145.
5. Samodelkin A.G., Titova V.I., Dabakhova E.V. Problemy utilizatsii organi-cheskikh otkhodov na svinovodcheskikh predpriyatiyakh promyshlennogo tipa (Problems of organic waste utilization at industrial-type pig-breeding enterprises), *Agrokhimicheskii vestnik*, 2013, No. 1, pp. 31-33.

6. Merzlaya G.E., Es'kov A.I., Tarasov S.I. Deistvie i posledestvie sistem udobreniya s ispol'zovaniem navoza (Effects and consequences of manure-based fertilizer systems), Plodorodie, 2011, No. 3 (60), pp. 16-19.
7. Microbial activity in pig slurry-amended soils under semiarid conditions, C. Plaza [et al.], Soil Biology and Biochemistry, 2004, Vol. 36, Is. 10, pp. 1577-1585.
8. Odlare M., Pell M., Svensson K. Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues, Waste Management, 2008, Vol. 28, Is. 7, pp. 1246-1254.
9. Titova V.I., Karaksin V.B., Geiger E.Yu. Promyshlennoe svinovodstvo i eko-logiya: problema sosushchestvovaniya (Industrial pig breeding and ecology: the problem of coexistence), N. Novgorod, Izd-vo VVAGS, 2003, 201 p.
10. Gondek K., Mierzwa-Hersztek M. Effect of low – temperature biochar derived from pig manure and poultry litter on mobile and organic matter – bound forms of Cu, Cd, Pb and Zn in sandy soil, Sjl Use and Management, 2016, Vol. 32, Is. 3, pp. 357-367.
11. Sravnitel'naya otsenka ustoichivosti biologicheskikh svoystv chernozema yuga Rossii k zagryazneniyu Cr, Cu, Ni, Pb v model'nom eksperimente (Comparative property assessment of the biological properties of the black soil in the South of Russia and pollution with Cr, Cu, Ni, and Pb by performing a simulated experiment), S. I. Kolesnikov [i dr.], Pochvovedenie, 2013, No. 2, pp. 195-200.
12. Vliyanie podvizhnykh form tyazhelykh metallov na pokazateli tsellyulozorazla-gayushchei i ureaznoi aktivnosti chernozema obyknovennogo (model'nyi eksperi-ment) (Effect of mobile forms of heavy metals on the indicators of cellulose-decomposing and urease activity of standard chernozem (a simulated experiment)), N. V. Gromakova [i dr.], Agrokhimiya, 2017, No. 2, pp. 73-81.
13. Soil organic carbon buffers heavy metal contamination on semiarid soils: Effects of different metal threshold levels on soil microbial activity, J.L. Moreno [et al.], Europ. J. Soil Biolog, 2009, No. 45. H. 220-228.
14. Titova V.I., Dabakhova E.V., Dabakhov M.V. Agro- i biokhimicheskie metody issledovaniya sostoyaniya ekosistem: uch. posobie dlya vuzov (Agro-and biochemical methods for studying the state of ecosystems: Study guide for universities), N. Novgorod, Izd-vo VVAGS, 2011, 170 p.
15. Dmitriev E.A. Matematicheskaya statistika v pochvovedenii (Mathematical statistics in soil science), M., Izd-vo MGU, 1995, 320 p.

УДК 633.853.494:631.81.095.337

## **УРОЖАЙНОСТЬ, БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ СЕМЕНАМИ РАПСА АККОРД ПРИ ВНЕСЕНИИ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ В СРЕДНЕМ ПРЕДУРАЛЬЕ**

**И. Ш. Фатыхов**, д-р с.-х. наук, профессор;

**Э. Ф. Вафина**, д-р с.-х. наук, доцент;

**Е. И. Хакимов**, аспирант,

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА,

ул. Кирова, 16, Ижевск, Россия, 426069

E-mail: [nir210@mail.ru](mailto:nir210@mail.ru)

*Аннотация.* На дерново-подзолистой почве определена урожайность, биохимический состав семян ярового рапса Аккорд и вынос элементов питания в зависимости от применения расчетных доз макроудобрений и предпосевной обработки семян микроудобрениями. Схема исследования включала три фона макроудобрения – на планируемую урожайность семян 1,0 т/га, 1,5 т/га и 2,0 т/га с предпосевной обработкой семян микроудобрениями