

Агроэкологическое действие осадка сточных вод и его смесей с цеолитом на агроценозы масличных культур

© 2019. Д. В. Виноградов¹, д. б. н., профессор, зав. кафедрой,
В. М. Василева², д. с.-х. н., профессор,
М. П. Макарова³, к. б. н., Б. И. Кочуров⁴, д. г. н., профессор,
Е. И. Лупова¹, к. б. н., доцент,

¹Рязанский агротехнологический университет имени П. А. Костычева,
390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1,

²Институт кормовых культур,
5800, Болгария, г. Плевен, ул. Генерала Владимира Вазова, д. 89,

³Министерство сельского хозяйства и продовольствия Рязанской области,
390006, Россия, г. Рязань, ул. Есенина, д. 9,

⁴Институт географии Российской академии наук,
119017, Россия, г. Москва, ул. Старомонетный переулок, д. 29,
e-mail: vdvrzn@mail.ru, viliana.vasileva@gmail.com,
assistent_84@mail.ru, camertonmagazin@mail.ru, katya.lilu@mail.ru

В статье представлены результаты исследований, посвящённых разработке эффективных и экологически безопасных приёмов применения осадков сточных вод в сельскохозяйственном производстве. В полевом опыте изучались органоминеральные удобрения, состоящие из осадка сточных вод и цеолита – природного сорбента, способного поглощать загрязняющие вещества за счёт высокой ёмкости катионного обмена. Применяемые удобрения способствовали увеличению линейных параметров и активизации фотосинтетических процессов растений ярового рапса и подсолнечника, и, как следствие, повышению продуктивности агроценозов масличных культур. Установлено увеличение высоты растений ярового рапса опытных вариантов на 75,0–89,4%, площади листовой поверхности в фазу цветения – до 2,2 раз, количества стручков на одном растении – на 14,2–38,3%, количества семян на одном растении – на 41,2–65,8%. Наиболее высокие результаты были получены при внесении осадка сточных вод и цеолита в дозах 9 и 6,75 т/га соответственно, т. е. в соотношении 1 : 0,75. Урожайность маслосемян ярового рапса превысила контроль на 93%. Установили, что применение органоминеральных удобрений на основе осадка сточных вод и цеолита является эффективным способом утилизации отходов за счёт вовлечения биогенных элементов в биологические круговороты веществ.

Ключевые слова: осадки сточных вод, цеолиты, тяжёлые металлы, яровой рапс, подсолнечник.

Agroecological effect of sewage sludge and its mixtures with zeolite on the agrocenoses of oilseeds

© 2019. D. V. Vinogradov¹ ORCID: 0000-0003-2017-1491²

V. M. Vasileva² ORCID: 0000-0001-5602-7892³, M. P. Makarova³ ORCID: 0000-0001-9007-5273⁴

B. I. Kochurov⁴ ORCID: 0000-0002-8351-3658⁵, E. I. Lupova¹ ORCID: 0000-0001-5465-6046⁶

¹Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev,
1, Kostychev St., Ryazan, Russia, 390044,

²Institute of Forage Crops,
89, General Vladimir Vazov St., Pleven, Bulgaria, 5800,

³Ministry of Agriculture and Ryazan Food of the Region,
9, Esenina St., Ryazan, Russia, 390006,

⁴Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences,
29, Staromonetny Pereulok, Moscow, Russia, 119017,

e-mail: vdvrzn@mail.ru, viliana.vasileva@gmail.com,
assistent_84@mail.ru, camertonmagazin@mail.ru, katya.lilu@mail.ru

The article presents the results of studies devoted to the development of effective and environmentally safe methods of using sewage sludge in agricultural production. In the field experiment organomineral fertilizers were studied consisting of sewage sludge and zeolite, a natural sorbent capable of absorbing pollutants due to the high capacity of cation exchange. Applied fertilizers contributed to the increase of linear parameters and activation of photosynthetic processes of plants of spring rape and sunflower, and to increase the productivity of agrocenoses of oilseeds. An increase in the height of plants of spring rape in experimental variants was by 75.0–89.4%, the area of the leaf surface in the flowering phase was multiplied up to 2.2 times, the number of pods on one plant increased by 14.2–38.3%, the number of seeds per one plant – by 41.2–65.8%. The highest results were obtained when sewage sludge and zeolite were dosed at amounts of 9 t/ha and 6.75 t/ha respectively, that is, in a ratio of 1 : 0.75. The yield of oilseeds of spring rapeseed exceeded the control by 93%. It was concluded that the use of organo-mineral fertilizers based on sewage sludge and zeolite is an effective way of recycling waste by involving biogenic elements in the biological cycles of substances.

Keywords: sewage sludge, zeolites, heavy metals, spring rape, sunflower.

Проблема утилизации осадков сточных вод (ОСВ) с каждым годом приобретает всё большую актуальность, так как их количество неуклонно возрастает [1–3]. Благодаря высокому содержанию биогенных элементов, одним из наиболее рациональных путей решения проблемы утилизации ОСВ является применение их в сельскохозяйственном производстве в качестве удобрений. Это особенно актуально в настоящее время, когда на поля вносится в среднем менее 2 т/га органических удобрений и повсеместно отмечается отрицательный баланс по органическому веществу почвы [4–9].

Разработка агрономически эффективных и экологически безопасных технологий утилизации ОСВ является актуальной задачей, имеющей важное практическое значение как для охраны окружающей среды, так и для сельского хозяйства, в том числе и в технологиях производства масличных культур [3, 6, 10, 11]. В последние годы в качестве природных мелиорантов всё чаще применяют цеолиты – алюмосиликатные минералы, имеющие кристаллическое строение и отличающиеся высокой ёмкостью катионного обмена [12–14].

Цель исследований заключалась в разработке агроэкологических приёмов, позволяющих использовать ОСВ в качестве нетрадиционных удобрений для повышения продуктивности агроценозов масличных культур.

В задачи исследований входило:

- определение оптимальных соотношений ОСВ и цеолита в изучаемых удобрениях;
- измерение морфометрических параметров растений, показателей фотосинтетической деятельности агроценозов масличных культур, величины урожая и его структуры;
- оценка уровня загрязнения маслосемян изучаемых масличных культур тяжёлыми металлами.

Методика исследований

Полевой опыт закладывали на агротехнологической опытной станции РГАТУ, расположенной в Рязанском районе Рязанской области [15]. Почва опытного участка – тёмно-серая лесная среднесуглинистая, содержание гумуса (по Тюрину) – 3,6–3,8%, подвижного фосфора (по Кирсанову) – 169 мг/кг почвы, калия – 132 мг/кг, обменная кислотность (вытяжка KCl) – 5,7–5,8 ед. рН. Площадь опытной делянки составляла 50 м², учётная площадь – 40 м², повторность четырёхкратная.

В опыте использовали осадки, образующиеся на очистных сооружениях г. Рязани. Перед внесением ОСВ хранили на иловых картах в течение 6 месяцев после их извлечения из аэротенков (табл. 1).

Проведённые санитарно-бактериологические и санитарно-паразитологические анализы не выявили ограничений к применению ОСВ в качестве удобрений, так как в них отсутствовали патогенные бактерии, яйца гельминтов, цисты лямблий, личинки и куколки мух.

В опыте применяли цеолит Хотынецкого месторождения Орловской области. Агрохимические свойства цеолита: рН_{KCl} 8,3 ед. рН, содержание фосфора – 1,43%, калия – 1,82%, плотность – 2,2 г/см³, объёмная масса – 1,28 г/см³, общая пористость – 61%, катионообменная ёмкость – 34,2 мг-экв./100 г почвы, содержание свинца – 23 мг/кг, кадмия – 1,2 мг/кг, мышьяка – 1,3 мг/кг [1, 17].

Схема опыта: 1. Контроль (без удобрений); 2. ОСВ (доза внесения 9 т/га); 3. Удобрение-1 (соотношение осадок и цеолит 1:0,25); 4. Удобрение-2 (соотношение осадок и цеолит 1:0,5); 5. Удобрение-3 (соотношение осадок и цеолит 1:0,75); 6. Удобрение-4 (соотношение осадок и цеолит 1:1).

Климат Рязанской области умеренно тёплый и неустойчиво влажный. Сумма по-

Таблица 1 / Table 1

Характеристика осадков сточных вод / Characteristics of sewage sludge

Показатель Indicator	Содержание в ОСВ Sewage sludge	ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 [16] GOST R 17.4.3.07-2001 [16]
Влажность, % / Humidity, %	68,0	≤ 82,0
pH _{KCl}	8,2	5,50–8,50
C _{орг.} % на сухое вещество / C _{орг.} % dry matter	74,0	≥ 20,0
Азот общий, % на сухое вещество Nitrogen total, % dry matter	1,74	≥ 0,6
Фосфор общий, % на сухое вещество Phosphorus total, % dry matter	1,60	≥ 1,5
Валовое содержание токсичных элементов, мг/кг сухого вещества Gross content of toxic elements, mg/kg dry matter		
Pb	51,4	500
Cd	14,5	30
Ni	173,4	400
Zn	183,0	3500
Cu	47,3	1500
Hg	0,005	15
Cr общий / Cr total	514,3	1000
As	3,0	20

ложительных температур воздуха за период активной вегетации составляет 2150–2400 °С. Годовая сумма осадков в среднем составляет 450–550 мм с колебаниями от 300 мм до 700 мм. Климатические условия региона благоприятны для выращивания масличных культур.

Объекты исследований: яровой рапс (*Brassica napus*) сорта Ратник, подсолнечник (*Helianthus annuus*) сорта Посейдон 625. Агротехнические мероприятия были проведены в соответствии с рекомендациями [18].

В опыте проводили фенологические наблюдения и отборы растительных образцов по основным фазам роста и развития. Особое внимание уделяли линейным и фотосинтетическим параметрам растений, которые оказывают существенное влияние на продуктивность масличных культур.

Оценка уровня химического загрязнения маслосемян проводилась по следующим показателям:

– коэффициент концентрации, определяющийся как отношение содержания определяемого химического вещества в опытном варианте к его содержанию в контрольном варианте;

– суммарный показатель **Zc**, представляющий собой аддитивную сумму превышений коэффициентов концентрации (рассеяния) над единичным (фоновым) уровнем [19].

Математическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по [20].

Результаты и обсуждение

Наблюдения за динамикой роста и развития растений ярового рапса показали, что наиболее интенсивное увеличение линейных параметров растений отмечалось в межфазный период розетка листьев – цветение.

В фазу образования розетки листьев удобренные растения на 16,4–32,9% превышали высоту растений в контроле. В фазу цветения преимущество растений опытных вариантов сохранилось, превышение контроля составило 75,0–89,4%. Следует отметить, что при применении органоминеральных удобрений (ОМУ) растения ярового рапса несущественно отличались от растений в варианте с чистым осадком.

Более интенсивное нарастание листовой поверхности растений ярового рапса свидетельствовало о благоприятном действии удобрений на основе ОСВ и цеолита на фотосинтетические показатели растений. Площадь листьев растений всех опытных вариантов значительно превышала данный показатель в контроле (рис. 1). Максимальные значения площади ассимиляционной поверхности были получены в варианте с соотношением осадка и цеолита 1 : 0,75: в фазу образования розетки листьев – 14,9 тыс. м²/га, в фазу начала цветения – 23,6 тыс. м²/га, в фазу созревания – 22,4 тыс. м²/га.

Повышение урожая семян ярового рапса происходило не только за счёт увеличения площади листовой поверхности, но и за счёт

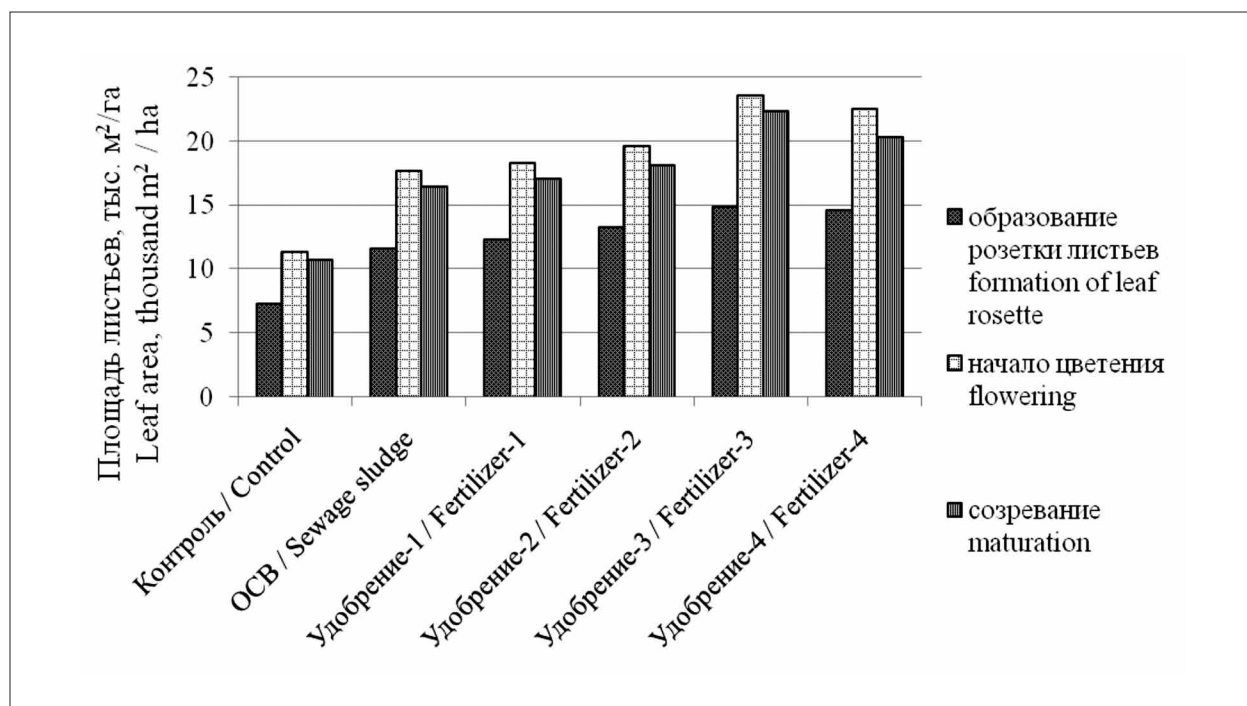


Рис. 1. Влияние органо-минеральных удобрений на площадь ассимиляционной поверхности растений ярового рапса

Fig. 1. Effect of organo-mineral fertilizers on the area of the assimilation surface of spring rape plants

Таблица 2 / Table 2

Влияние органо-минеральных удобрений на фотосинтетические показатели посевов ярового рапса
Effect of organo-mineral fertilizers on photosynthetic indicators of spring rape seed sowing

Вариант Variant	Фотосинтетический потенциал, млн м² сут/га Photosynthetic potential, million m² day/ha		Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м² в сутки Net productivity of photosynthesis, g/m² per day)	
	розетка листьев – начало цветения net productivity of folio leaves – the beginning of flowering	вегетационный период vegetative period	розетка листьев rosette of leaves	начало цветения flowering
Контроль / Control	0,53±0,09	0,92±0,20	1,75±0,09	1,63±0,24
Осадок сточных вод Sewage sludge	0,91±0,25	1,55±0,49	2,15±0,34	1,89±0,35
Удобрение-1 / Fertilizer-1	0,95±0,26	1,61±0,49	2,23±0,34	1,98±0,36
Удобрение-2 / Fertilizer-2	1,02±0,26	1,74±0,52	2,37±0,38	2,10±0,36
Удобрение-3 / Fertilizer-3	1,25±0,35	2,19±0,73	2,61±0,23	2,35±0,42
Удобрение-4 / Fertilizer-4	1,20±0,33	2,02±0,61	2,55±0,21	2,27±0,39

большей продуктивности листьев. Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) в фазе розетки листьев в вариантах с ОМУ увеличилась на 0,4–0,9 г/м² в сутки по сравнению с аналогичным показателем контрольного варианта. Существенных различий между значениями ЧПФ в вариантах с чистым осадком и ОМУ не наблюдалось.

Фотосинтетический потенциал (ФП) посевов ярового рапса по вариантам опыта из-

менялся пропорционально площади листьев и продолжительности их функционирования (табл. 2).

Аналогичная закономерность отмечалась у растений подсолнечника. Наблюдения показали, что изучаемые ОМУ оказали благоприятное влияние на повышение активности процесса фотосинтеза: увеличилась листовая поверхность, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза. Макси-

Таблица 3 / Table 3

Влияние органо-минеральных удобрений на коэффициенты концентрации тяжёлых металлов в семенах ярового рапса и суммарный коэффициент (Zc)
Effect of organo-mineral fertilizers on the concentration of heavy metals in the seeds of spring rape and the total ratio coefficient (Zc)

Вариант Variant	Коэффициенты концентрации элементов Element concentration ratios						Коэффициент Zc Coefficient Zc
	Zn	Cu	Pb	Cd	Cr	Ni	
Осадок сточных вод Sewage sludge	1,15	1,35	1,12	1,07	1,05	1,15	1,89
Удобрение-1 / Fertilizer-1	1,12	1,30	1,12	1,07	1,05	1,12	1,78
Удобрение-2 / Fertilizer-2	1,08	1,25	1,12	1,07	1,02	1,10	1,64
Удобрение-3 / Fertilizer-3	1,05	1,22	1,12	1,07	1,00	1,05	1,51
Удобрение-4 / Fertilizer-4	1,05	1,19	1,12	1,07	1,00	1,05	1,48

мальная площадь листьев отмечалась в варианте с внесением осадка и цеолита в соотношении 1 : 0,75 и составила 30,1–35,2 тыс. м²/га. Фотосинтетический потенциал растений в вариантах с изучаемыми удобрениями достиг 1,45–1,88 млн м² сут./га, чистая продуктивность фотосинтеза – 4,41–4,90 г/м² в сутки.

В эксперименте было установлено, что количество стручков на растениях опытных вариантов незначительно превышало контроль: при внесении чистого осадка – на 9,9%, при использовании ОМУ – на 14,2–38,3%. За годы исследований наибольшее количество продуктивных стручков (18,5–24,5 шт. на одном растении) было сформировано в варианте с соотношением осадка и цеолита 1 : 0,75. Возрастание дозы цеолита до 9 т/га обусловило снижение данного показателя на 3,6%.

В вариантах с удобрениями на одном растении было получено, в среднем за годы исследований, от 277 до 326 шт. семян, что превышало аналогичный показатель в контроле на 81–130 шт. (41,2–65,8%) и в варианте с чистым осадком – на 17–66 шт. (6,5–25,0%). Количество семян в одном стручке растений опытных вариантов составило, в среднем, 13,2–14,9 штук.

В среднем за годы исследований наибольшая урожайность семян ярового рапса отмечалась в варианте с соотношением осадка и цеолита 1 : 0,75 и составила 11,0 ц/га, что было выше контроля на 5,3 ц/га или 93,0%. При внесении осадка и цеолита в соотношениях 1:0,25; 1:0,5 и 1:1 выход семян увеличился по сравнению с контролем на 54,4; 63,2 и 87,7% соответственно.

Внесение ОМУ оказало положительное влияние на урожайность маслосемян подсолнечника. В среднем за годы исследований прибавка урожайности составила 6,2–8,7 ц/га по вариантам опыта. Максимальный урожай был

получен при внесении осадка и цеолита в соотношении 1 : 0,75 и составил 32,9 ц/га. Остальные опытные варианты также превышали контроль, но на меньшую величину.

Полученные данные показали, что применение природного мелиоранта – цеолита совместно с ОСВ способствовало меньшему накоплению загрязняющих веществ в растительной продукции (табл. 3). Добавление к осадку цеолита способствовало снижению содержания в семенах цинка и никеля – на 8,8%, меди – на 11,5%, хрома – до уровня контроля.

Заключение

Применяемые ОМУ на основе ОСВ и цеолита обеспечили активизацию ростовых процессов, более активное развитие надземной массы растений, что, в свою очередь, увеличило фотосинтетические показатели растений масличных культур, а также элементы структуры урожая. Всё это, в конечном итоге, отразилось на урожайности масличных культур. Наиболее высокие показатели были получены при внесении ОСВ и цеолита в дозах 9 т/га и 6,75 т/га соответственно, т.е. при соотношении осадка и цеолита 1 : 0,75. Урожайность маслосемян ярового рапса превысила контроль на 0,53 т/га, подсолнечника – на 0,87 т/га.

За счёт адсорбции цеолитом цинка, никеля, меди и хрома, в вариантах с ОМУ маслосемена ярового рапса содержали меньше поллютантов по сравнению с семенами, полученными при использовании в качестве удобрения чистого осадка.

Таким образом, внесение осадков сточных вод совместно с природным мелиорантом цеолитом позволило использовать ОСВ в сельскохозяйственном производстве в качестве органо-минеральных удобрений.

Литература

1. Макарова М.П., Виноградов Д.В. Влияние органо-минеральных удобрений на основе ОСВ и цеолита на продуктивность агроценоза ярового рапса // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2013. № 3. С. 109–112.
2. Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Нестерович И.А., Фомкина Т.П. Агроэкологическая оценка использования осадка сточных вод // Агрехимия. 1995. № 5. С. 100–108.
3. Хабарова Т.В., Виноградов Д.В., Кочуров Б.И., Левин В.И., Бышов Н.В. Агроэкологическая эффективность использования осадка сточных вод и вермикомпостов в агроценозе овса посевного // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13. № 2. С. 132–143.
4. Babaev M.P. Morphogenetic profiles of soils of Azerbaijan. Baku: Elm Publishing House, 2004. 204 p.
5. Vasileva V. Aboveground to root biomass ratios in pea and vetch after treatment with organic fertilizer // Global Journal of Environmental Science and Management (GJESM). 2015. V. 1 (2). P. 145–148.
6. Vinogradov D., Polyakov A., Kuntsevich A. Influence of technology of growing on yield and oil chemical composition of linseed in non-chernozem zone of Russia // Journal of Agricultural Sciences. 2012. V. 57. No. 3. P. 135–142.
7. Макарова М.П., Виноградов Д.В. Влияние различных уровней минерального питания на фотосинтетические показатели и продуктивность гибридов подсолнечника в условиях Рязанской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2014. № 4. С. 36–40.
8. Mustafayev M.G. Influence of soil-climatic conditions of the Mugano-Salyan massif on agricultural production // Tbilisi. News of agrarian science. 2008. V. 6. No. 3. P. 44–47.
9. Ilieva A., Vasileva V. Effect of liquid organic humate fertilizer Humustim on chemical composition of spring forage pea // Banat's Journal of Biotechnology. 2013. V. 7. P. 74–79.
10. Shchur A.V., Vinogradov D.V., Valckho V.P. Effect of different levels agroecological loads on biochemical characteristics of soil // South of Russia: ecology, development. 2016. No. 11 (4). P. 139–148.
11. Vinogradov D.V., Lupova E.I., Byshov N.V., Kruchkov M.M., Fadkin G.N. Production of oil flax seed in non-black earth zone of Russia // International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJABR). 2019. V. 10. No. 2. P. 406–416.
12. Shchur A., Valkho V., Vinogradov D., Valkho O. Influence of biologically active preparations on Cs-137 transition to plants from soil in the territories contaminated as the result of Chernobyl accident / Impact of Cesium on Plants and the Environment // Springer International Publishing Switzerland. 2017. P. 51–70.
13. Hanes Y. Vplyv zeolitovych tufitov na fyzikalno-chemicke vlastnosti pody // Pol'nohospodarstvo. 1990. V. 36. No. 5. P. 393–407 (на словацком яз.).
14. Bogaci R., Danilic D. Spesifik behavior of zeolite tuffs in soil processes of cation exchanges // Bulletin of the Academy of Agric. and Forestry Science. 1989. No. 8. P. 227–235.
15. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / Под ред. В.М. Лукомца. Краснодар: ФНЦ ВНИИМК, 2010. 327 с.
16. ГОСТ Р 17.4.3.07–2001. Охрана Природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. М.: Стандартинформ, 2008. 5 с.
17. Титова В.И., Забегалов Н.В. Сравнительное изучение влияния цеолита и минеральных удобрений на продуктивность зерновых культур и агрохимическую характеристику светло-серой лесной легкосуглинистой почвы // Почвоведение и агрохимия. 2014. № 1 (52). С. 190–198.
18. Перспективная ресурсосберегающая технология производства подсолнечника: Метод. реком. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. 56 с.
19. Саев Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. Makarova M.P., Vinogradov D.V. Influence of organomineral fertilizers on the basis of WWS and zeolite on the productivity of spring rape agroecosis // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. 2013. No. 3. P. 109–112 (in Russian).
2. Merzlaya G.E., Zyabkina G.A., Nesterovich I.A., Fomkina T.P. Agroecological assessment of sewage sludgeuse // Agrokimiya. 1995. No. 5. P. 100–108 (in Russian).
3. Khabarova T.V., Vinogradov D.V., Kochurov B.I., Levin V.I., Byshov N.V. Agroecological efficiency of using sewage sludge and vermicomposts in the agroecosis of oats in sowing // Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2018. V. 13. No. 2. P. 132–143 (in Russian). doi: 10.18470/1992-1098-2018-2-132-143
4. Babaev M.P. Morphogenetic profiles of soils of Azerbaijan. Baku: Elm Publishing House, 2004. 204 p.
5. Vasileva V. Aboveground to root biomass ratios in pea and vetch after treatment with organic fertilizer // Global Journal of Environmental Science and Management (GJESM). 2015. V. 1 (2). P. 145–148. doi: 10.7508/GJESM.2015.02.006
6. Vinogradov D., Polyakov A., Kuntsevich A. Influence of technology of growing on yield and oil chemical

- composition of linseed in non-chernozem zone of Russia // *Journal of Agricultural Sciences*. 2012. V. 57. No. 3. P. 135–142. doi: 10.2298/JAS1203135V
7. Makarova M.P., Vinogradov D.V. Influence of different levels of mineral nutrition on photosynthetic indices and productivity of sunflower hybrids in the Ryazan region // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva*. 2014. No. 4. P. 36–40 (in Russian).
8. Mustafayev M.G. Influence of soil-climatic conditions of the Mugano-Salyan massif on agricultural production // *Tbilisi. News of agrarian science*. 2008. V. 6. No. 3. P. 44–47.
9. Ilieva A., Vasileva V. Effect of liquid organic humate fertilizer Humustim on chemical composition of spring forage pea // *Banat's Journal of Biotechnology*. 2013. V. 7. P. 74–79. doi: 10.7904/2068-4738-IV(7)-74
10. Shchur A.V., Vinogradov D.V., Valckho V.P. Effect of different levels agroecological loads on biochemical characteristics of soil // *South of Russia: ecology, development*. 2016. No. 11 (4). P. 139–148 (in Russian). doi: 10.18470/1992-1098-2016-4-139-148
11. Vinogradov D.V., Lupova E.I., Byshov N.V., Kruchkov M.M., Fadkin G.N. Production of oil flax seed in non-black Earth zone of Russia // *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJABR)*. 2019. V. 10. No. 2. P. 406–416.
12. Shchur A., Valkho V., Vinogradov D., Valkho O. Influence of biologically active preparations on Cs-137 transition to plants from soil in the territories contaminated as the result of Chernobyl accident // *Impact of Cesium on Plants and the Environment*. Springer International Publishing Switzerland. 2017. P. 51–70. doi: 10.1007/978-3-319-41525-3_4
13. Hanes Y. The effect of zeolite tufts on the physicochemical properties is regressive // *Polnohospodarstvo*. 1990. V. 36. No. 5. P. 393–407 (in Slovak).
14. Bogaci R., Danilic D. Spesifik behavior of zeolite tufts in soil processes of cation exchanges // *Bulletin of the Academy of Agric. and Forestry Science*. 1989. No. 18. P. 227–235.
15. Methods of conducting field agrotechnical experiments with oilseeds / Ed. V.M. Lukomets. Krasnodar: FGBNU FNTs VNITMK, 2010. 327 p. (in Russian).
16. GOST R 17.4.3.07-2001. Nature Conservation. The soil. Requirements for the properties of sewage sludge when used as fertilizer. Moskva: Standardinform, 2008. 5 p. (in Russian).
17. Titova V.I., Zabegalov N.V. Comparative study of the effect of zeolite and mineral fertilizers on the productivity of grain crops and agrochemical characteristics of light gray forest light loamy soil // *Pochvovedenie i agrokhimiya*. 2014. No. 1 (52). P. 190–198 (in Russian).
18. Perspective resource-saving technology of sunflower production: Method. the river. Moskva: Rosinformagrotekh, 2008. 56 p. (in Russian).
19. Sayet Y.E., Revich B.A., Yanin E.P. Geochemistry of the environment. Moskva: Nedra, 1990. 335 p. (in Russian).
20. Dospekhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Moskva: Agropromizdat, 1985. 351 p. (in Russian).