

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ СТОЧНЫХ ВОД ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВ ДЛЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ПИТАТЕЛЬНОГО СУБСТРАТА

О. П. НЕВЕРОВА,
кандидат биологических наук, доцент,
О. Р. ИЛЬЯСОВ,
доктор биологических наук, профессор,
И. М. ДОННИК,
доктор биологических наук, профессор, академик РАН, ректор,
П. В. ШАРАВЬЕВ,
старший преподаватель,
Уральский государственный аграрный университет
(620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42)

Ключевые слова: сточные воды, зеленые корма, животноводство, показатели, питательный субстрат.

При выращивании растений в условиях гидропонии и использовании в качестве питательного субстрата стоков с высоким содержанием биогенов важным фактором является концентрация раствора, подаваемого на орошение. Уменьшение загрязняющих компонентов в жидкой фракции навоза может достигаться только путем сокращения в ней доли твердой фракции, т. е. путем раздельного сбора и удаления из животноводческого помещения твердой и жидкой фракции навоза. Для нормального развития растений, выращиваемых гидропонным методом на зеленый витаминный корм, питательный субстрат должен удовлетворять агротехническим требованиям. Концентрация в исходных стоках органических веществ, характеризуемая показателем БПК_{полн.}, и содержание азота аммонийного могут находиться в пределах 3–5 г/л и 1,5–3,0 г/л соответственно, что превышает допустимые пределы в 5–10 раз. Минимальное потребное количество технической воды, обеспечивающее нормальные санитарно-гигиенические условия содержания животных, находится в соотношении 2:1 с жидкой фракцией навоза. Это соотношение обеспечивает концентрацию зольных элементов и солесодержание в питательном субстрате в рекомендуемых пределах. Если технической воды используется более минимально необходимого объема, то это приводит не только к низким концентрациям загрязняющих веществ в сточных водах, но и к росту объемов воды, подлежащей утилизации. Последнее снижает эффективность и экономические показатели утилизации сточных вод при гидропонном выращивании зеленых витаминных кормов.

THE TECHNOLOGY OF PREPARING WASTE WATER FOR USE AS A NUTRITIOUS SUBSTRATUM ON AGRICULTURAL ENTERPRISES

O. P. NEVEROVA,
candidate of biological sciences, associate professor,
O. R. ILYASOV,
doctor of biological sciences, professor,
I. M. DONNIK,
doctor of biological sciences, professor, academician of RAS, rector,
P. V. SHARAVYEV,
senior lecturer,
Ural State Agrarian University
(42 K. Liebknehta Str., 620075, Ekaterinburg)

Keywords: waste water, green fodder, livestock, indicators, nutritious substratum.

An important factor in the hydroponic cultivation of plants and using drains with the high content of biogenes as a nutritious substratum is concentration of the irrigation solution. Reduction of the polluting components in liquid fraction of manure can be reached only by reducing a share of firm fraction in it, i. e. by separate collection and removal of firm and liquid fraction of manure from livestock premises. To ensure normal development of the plants which are grown hydroponically for vitaminous green fodder, the nutritious substratum should meet agrotechnical requirements. The concentration in initial drains of organic substances characterized by an indicator BOD_{full}, and content of nitrogen of ammonium can reach 3–5 g/l and 1.5–3.0 g/l respectively. Those indicators exceed admissible limits by 5–10 times. Practice and research of water management balance in livestock complexes show that the minimal amount of water required for providing normal sanitary and hygienic conditions of keeping animals is in the ratio 2:1 with liquid fraction of manure. This ratio provides concentration of ash elements and salinity in a nutritious substratum in recommended quantities. If more water is used than the necessary minimum, it results in low concentration of pollutants in sewage and leads to the increase in the amounts of water subject to utilization. The latter reduces efficiency and economic indicators of utilization of sewage during hydroponic cultivation of vitaminous green fodder.

Положительная рецензия представлена В. Ф. Гридиным, доктором сельскохозяйственных наук, профессором, главным научным сотрудником Уральского научно-исследовательского института сельского хозяйства.

Одним из способов утилизации сточных вод животноводческих хозяйств может стать их использование в качестве питательного субстрата при выращивании зеленых витаминных кормов гидропонным способом [1–7].

При выращивании растений в условиях гидропоники и использовании в качестве питательного субстрата стоков с высоким содержанием биогенов важным фактором, определяющим интенсивность транспирации воды стоков растениями и урожай зеленого корма, является концентрация раствора, подаваемого на орошение [8–17].

Также важным фактором интенсификации процесса выращивания зеленого корма на стоках в ус-

ловиях гидропоникума служит усиление снабжения растений кислородом, что интенсифицирует окислительные процессы в растении и тем самым способствует резкому увеличению содержания в них редуцирующих веществ. При создании режима с периодическим затоплением корней растений питательным субстратом (суборошение) создаются благоприятные условия снабжения корней растений кислородом, что позволяет ускорить процесс окисления сахаров до органических кислот, которые будут обезвреживать поступающий в растения аммиак [18–25].

Усредненные показатели химического состава жидкой фракции навоза крупного рогатого скота (КРС) и свиней представлены на рис. 1

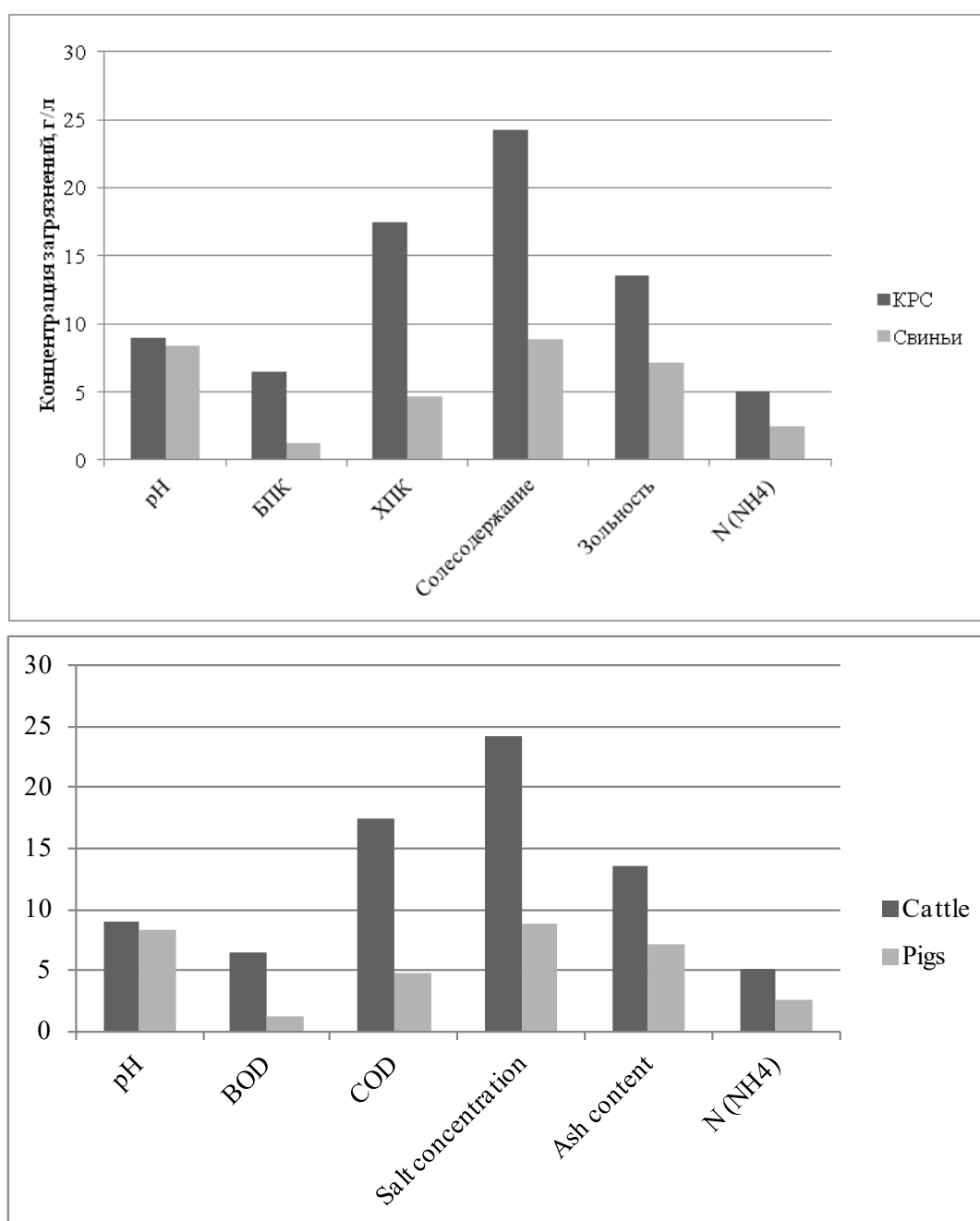


Рис. 1. Химический состав жидкой фракции навоза КРС и свиней
Fig. 1. Chemical compound of liquid fraction of manure from cattle and pigs

Таблица 1
Влияние примеси твердой фракции на химический состав сточных вод
Table 1
Impact of solid fraction admixture on the chemical compound of waste water

Твердая фракция, % Solid fraction, %	pH	Сухой остаток, г/л Dry residue, g/l	Зольность, г/л Ash content, g/l	Взвешенные вещества, г/л Suspended substance, g/l	БПК ₅ , мг/л BOD ₅ , mg/l	ХПК, мг/л COD, mg/l	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺ , мг/л NH ₄ ⁺ , mg/l	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	K ⁺ , мг/л K ⁺ , mg/l	Na ⁺ , мг/л Na ⁺ , mg/l
0	8	3,99	1,62	0,55	1450	3200	4,7	1150	0,65	11,2	455	120
2,5	8	4,43	1,82	1,29	1670	4440	6,15	1200	0,92		462	125
5	8	4,6	1,84	1,63	1980	4410	6,55	1100	1,35	11,2	463	135
10	8	5,27	1,99	2,2	2530	4610	8,75	1100	1,84	10,6	482	150
20	7,9	6,1	2,18	3,03		5890	11,3	1150	2,04	10	525	150
40	7,8	7,65	2,57	4,17	2670		15,9	1160			565	182
50	7,7	8,41	2,83	5,01	3090	7558	23,2	1130		1160	610	195
60	7,6	9,78	3,22	5,8	4780		28,35	1200	2,44	13,2	632	212
70	7,5	10,14	3,41	6,4			28,9	1200		10,1	655	212
80	7,5	11,26	3,59	7,8	5030	8460	38,2	1200		11	695	235
100	7,4	12,1	3,93	7,9		10500	36,4	1200	3,11	12	740	262

Кондиционирование питательного субстрата из навозосодержащих сточных вод должно предусматривать снижение загрязняющих веществ по БПК и ХПК, азоту аммонийному, солесодержанию и зольности. Кроме достижения рекомендуемых химических показателей, подготовка питательного раствора должна включать его надежное обеззараживание.

Практика эксплуатации большинства животноводческих хозяйств, получающих полужидкий и жидкий бесподстилочный навоз, а также навозосодержащие сточные воды с разной степенью разбавления технической водой, предусматривает гомогенизацию навоза.

Результаты, представленные в табл. 1, свидетельствуют, что в процессе разбавления свиного навоза водой от технологических операций из твердой фракции навоза вымывается значительное количество взвешенных и растворенных минеральных и органических веществ. Исключение составляют лишь аммонийный и нитратный азот. Аналогичные данные получены и при выполнении исследований с навозом КРС и птичьим пометом. На основании полученных результатов сделан вывод, что уменьшение загрязняющих компонентов в жидкой фракции

навоза может достигаться только путем сокращения в ней доли твердой фракции, т. е. путем отдельного сбора и удаления из животноводческого помещения твердой и жидкой фракции навоза.

Для упрощения технологии и повышения эффективности разделения навоза на фракции нами на основе скребкового навозоуборочного транспортера ТСН-160 разработан разделительный навозоуборочный транспортер. Его конструкция обеспечивает сбор твердой и жидкой фракций на изолированных друг от друга уровнях, тем самым предотвращается смешение фракций. Высокий эффект разделения позволяет ограничить дальнейшее осветление жидкой фракции простым отстаиванием.

Результаты государственных испытаний, представленные в табл. 2, свидетельствуют, что при скорости движения транспортера в пределах 1–4 м/мин с периодичностью включения 4–6 раз в сутки на 30 минут обеспечивается надежная работа транспортера и высокая степень разделения навоза на фракции (96 %) непосредственно в навозоуборочном канале.

Для нормального развития растений, выращиваемых гидропонным методом на зеленый вигаминный корм, питательный субстрат из навозосодержащих

Таблица 2
Эффект разделения навоза на жидкую и твердую фракции
Table 2
The effect of separating the manure in solid and liquid fractions

№ опыта № of trial	Продолжительность опыта, час Duration of the trial, hours	Твердая фракция, кг Solid fraction, kg	Жидкая фракция, л Liquid fraction, l	Твердая фракция, кг (а. с. в.) Solid fraction, kg		Эффект разделения, % Effect of separation, %
				В приемнике In the collector	Выделенная из жидкой фракции Extracted from liquid fraction	
1	3	17,7	6,25	3,03	0,25	92,6
2	3	20	3	4,72	0,05	98,9
3	3	15,7	4,25	4,27	0,16	96,4
4	4,5	15	10	4,05	0,21	95,5
5	3	12	3	2,3	0,03	98,9

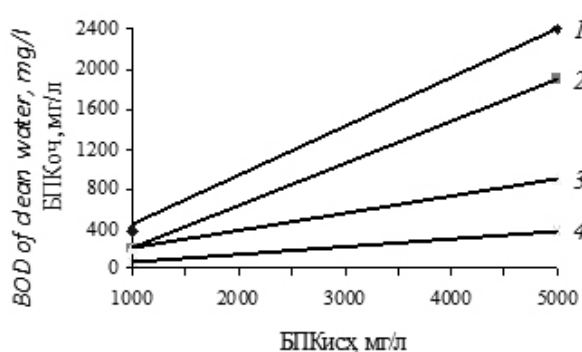


Рис. 2. Характеристика работы качающегося и трехступенчатого трубчатого биофильтров

Fig. 2. Characteristics of the roll and three-step tubular slime filters

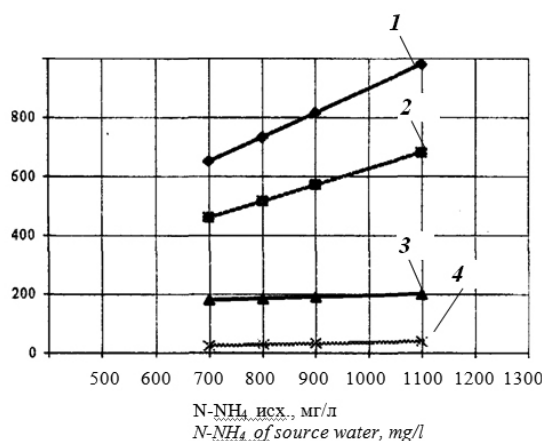


Рис. 3. Снижение аммонийного азота в качающемся и трехступенчатом трубчатом биофильтрах

Fig. 3. Reduction of ammonium nitrogen in the roll and three-step tubular slime filters

сточных вод должен удовлетворять агротехническим требованиям. Концентрация в исходных стоках органических веществ, характеризуемая показателем БПК_{полн.}, и содержание азота аммонийного могут находиться в пределах 3–5 г/л и 1,5–3,0 г/л соответственно, что превышает допустимые пределы в 5–10 раз.

В качестве альтернативы методу достижения заданных агротехнических параметров путем разбавления жидкой фракции навоза технической водой исследована эффективность использования биохимического метода подготовка стоков до кондиции питательного субстрата.

Изучалась работа биофильтров с вращающейся загрузкой в виде дискового и трубчатого модулей, в сравнении с качающимся биофильтром при каскадно расположенных лотках.

Полученные результаты показывают, что из трех исследованных конструкций биофильтров наиболее высокую аэрирующую способность имеет качающийся лотковый биофильтр, затем идут вращающиеся биофильтры с трубчатым и дисковым модулями.

Дальнейшие исследования подтвердили более высокую окислительную мощность качающегося лоткового биофильтра по органическим и биогенным веществам (рис. 2 и 3).

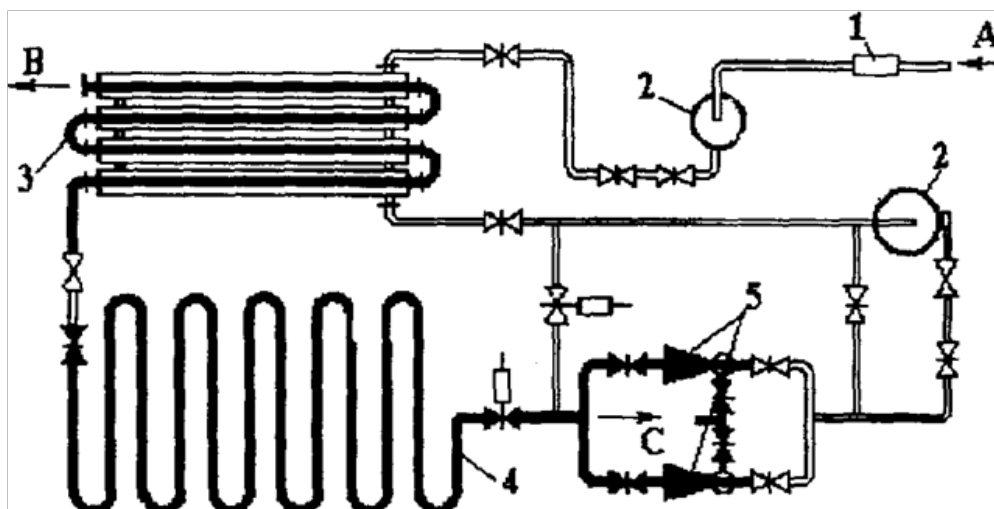


Рис. 4. Принципиальная схема установки для обеззараживания сточных вод

Fig. 4. Basic diagram of waste water sterilizing set

A – нестерильная жидкость; B – стерильная жидкость; C – пар; 1 – дробилка; 2 – насосы; 3 – теплообменник; 4 – выдерживатель; 5 – струйные аппараты.

A – non-sterile liquid; B – sterile liquid; C – vapor; 1 – grinder; 2 – pumps; 3 – heat exchange unit; 4 – holder; 5 – jet devices.

Несмотря на более высокие технические показатели лоткового качающегося биофильтра по сравнению с трубчатым вращающимся, использование лоткового качающегося биофильтра в замкнутой водохозяйственной системе не рекомендуется из-за его высокой испаряющей способности, приводящей к более быстрому (на 36 %) росту соленосодержания в системе.

В качестве теплоносителя для нагревания сточных вод до температуры инактивации применяют водяной пар, подаваемый на установку от автономных или центральных источников пароснабжения.

Установка предназначена для обеззараживания сточных вод с влажностью не ниже 96 % и с размером дисперсных включений 4–8 мм.

Обеззараживающих установок для комплексов любой мощности должно быть не менее двух, причем одна – рабочая, а другая – резервная. Резервную используют в период ремонта основной установки.

Практика и исследование водохозяйственного баланса животноводческих комплексов показывают, что минимальное потребное количество технической воды, обеспечивающее нормальные санитарно-гигиенические условия содержания животных, находится в соотношении 2:1 с жидкой фракцией навоза.

Это соотношение обеспечивает концентрацию зольных элементов и соленосодержание в питательном субстрате в рекомендуемых пределах. Если технической воды используется более минимально необходимого объема, то это приводит не только к низким концентрациям загрязняющих веществ в сточных водах, но и к росту объемов воды, подлежащей утилизации. Последнее снижает эффективность и экономические показатели утилизации сточных вод при гидропонном выращивании зеленых витаминных кормов.

Литература

1. Feedlots point category. Washington : U.S. EPA, 1974. 310 p.
2. Feedlots point category : effluent guidelines and standards // Federal register. 1974. Vol. 39. № 32. P. 5701–5710.
3. Water quality management and nonpoint sources of pollution // Federal register. 1976. № 672. P. 1–5.
4. Gires F. EPA proposes regulations for feeder operation // Feedstuffs. 1975. Vol. 47. № 48. P. 6.
5. EPA sets feedlot runoff control rules // Wallaces Farmer. 1974. Vol. 99. № 7. P. 48–49.
6. Loehr R. C. Agricultural waste management: problems, processes, approaches. NY : Academic Press, 1974. 576 p.
7. Агаджанов Р. А. Санитарно-гигиеническая оценка земельных полей орошения в пригородной зоне Ашхабада // Труды Ашхабадского института эпидемиологии и гигиены. 1962. С. 267–274.
8. Асонов А. М., Ильясов О. Р. Водные ресурсы и проблема поверхностного стока // Транспорт Урала. 2004. № 2. С. 20–30.
9. Неверова О. П., Ильясов О. Р., Зуева Г. В., Шаравьев П. В. Современные методы утилизации навозосодержащих и сточных вод // Аграрный вестник Урала. 2015. № 1. С. 86–90.
10. Ильясов О. Р. Биозащита водоемисточников на сельскохозяйственных водосборах от загрязнения стоками птицеводческих предприятий : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург, 2004.
11. Судаков В. Г., Ильясов О. Р. Очистка пометсодержащих стоков птицеводческих комплексов // Зоотехния. 2005. № 6. С. 27–30.
12. Судаков В. Г., Ильясов О. Р. Поверхностные стоки птицеводческих предприятий // Ветеринария. 2004. № 10. С. 39–42.
13. Петрунина Н. С., Ермаков В. В., Дегтярева О. В. Геохимическая экология растений в условиях полиметаллических биогеохимических провинций // Труды биогеохимической лаборатории РАН. М., 1999. Т. 23. С. 226–253.

14. Вахмистров Д. Б. Современные представления о механизмах поглощения корнями растений // *Агрохимия*. 1966. № 11. С. 130–146.
15. Ратнер Е. И. Питание растений и жизнедеятельность их корневых систем // XVI Тимирязевское чтение : мат. науч.-практ. конф. М., 1958. 86 с.
16. Pig muck gens the treatment // *Farmer Weekly*. 1975. № 14.
17. Pollution – a problem that affects everyone // *Farmer Weekly*. 1977. Vol. 36. № 14.
18. Ambergtr A. Belastung und Entlastung der Oberfluchenfewasser durch Landwirtschaft // *Landwirtschaftliche Forschung*. 1972. № 25. P. 13–24.
19. Blendi von H. Unweltschnik und Flussigmist – welch vorschriften bringh dil VDI- Richtinie // *Landtechnik*. 1976. № 31. P. 2.
20. Descamps J. Le point sur le reglamentation applicable aux batiments d'elevage // *Entreprises agricole*. 1977. № 88. P. 11–14.
21. Stefien G. Beteriebwirtschaftliche Auswirkung der Umweltschutzes bei Geflugel und Schweinen // *Deutsche Geflugelwirtschaft und Schwieneprduktion*. 1975. Vol. 27. № 36. P. 898–902.
22. Berglund S. Intensive animal production and interaction with human society in Sweeden // *Livestock Production Science*. 1974. Vol. 1. № 2. P. 207–215.
23. Joil P. Wastes around the world // *Environment*. 1977. Vol. 19. № 7. P. 32–37.
24. Ceha M. Zoohigichicze zalozcia fagczrej utylizacji odchodow rwiezlcych // *Pizeglad Hodowlahy*. 1976. Vol. 44. № 6. P. 13–15.
25. Гришаев М. Д. Ветеринарно-санитарные мероприятия при использовании стоков животноводческих ферм // *Комплексное использование водных ресурсов : экспресс-информация ЦБНТИ Минводхоза СССР*. М., 1975. Сер. 4, Вып. 9. С. 30–39.

References

1. Feedlots point category. Washington : U.S. EPA, 1974. 310 p.
2. Feedlots point category: effluent quidelines and standards // *Federal register*. 1974. Vol. 39. № 32. P. 5701–5710.
3. Water quality management and nonpoint sources of pollution // *Federal register*. 1976. № 672. P. 1–5.
4. Gires F. EPA proposes regulations for feeder operation // *Feedstuffs*. 1975. Vol. 47. № 48. P. 6.
5. EPA sets feedlot runoff control rules // *Wallaces Farmer*. 1974. Vol. 99. № 7. P. 48–49.
6. Loehr R. C. Agricultural waste management: problems, processes, approaches. NY : Academic Press, 1974. 576 p.
7. Agadzhanov R. A. Sanitary and hygienic assessment of agricultural fields of irrigation in a residential suburb of Ashgabat // *Works of the Ashgabat institute of epidemiology and hygiene*. 1962. P. 267–274.
8. Asonov A. M., Ilyasov O. R. Water resources and problem of a superficial drain // *Transport of the Urals*. 2004. № 2. P. 20–30.
9. Neverova O. P., Ilyasov O. R., Zueva G. V., Sharavyev P. V. Modern methods of utilization of waste water containing manure // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2015. № 1. P. 86–90.
10. Ilyasov O. R. Biological protection of water sources in agricultural reservoirs from pollution by drains of the poultry-farming entities : abstract of dis. dr. of biol. sciences. Yekaterinburg, 2004.
11. Sudakov V. G., Ilyasov O. R. Cleaning of poultry litter drains in poultry-farming complexes // *Animal husbandry*. 2005. № 6. P. 27–30.
12. Sudakov V. G., Ilyasov O. R. Superficial drains of the poultry-farming entities // *Veterinary science*. 2004. № 10. P. 39–42.
13. Petrunina N. S., Ermakov V. V., Degtyarev O. V. Geochemical plant ecology in the conditions of polymetallic biogeochemical provinces // *Works of biogeochemical laboratory RAS*. 1999. Vol. 23. P. 226–253.
14. Vakhmistrov D. B. Modern ideas of absorption mechanisms roots of plants // *Agrochemistry*. 1966. № 11. P. 130–146.
15. Ratner E. I. Food of plants and activity of their root systems // XVI Timiryazevsky readings : proc. of sc. and pract. symp. M., 1958. 86 p.
16. Pig muck gens the treatment // *Farmer Weekly*. 1975. № 14.
17. Pollution – a problem that affects everyone // *Farmer Weekly*. 1977. Vol. 36. № 14.
18. Ambergtr A. Belastung und Entlastung der Oberfluchenfewasser durch Landwirtschaft // *Landwirtschaftliche Forschung*. 1972. № 25. P. 13–24.
19. Blendi von H. Unweltschnik und Flussigmist – welch vorschriften bringh dil VDI-Richtinie // *Landtechnik*. 1976. № 31. P. 2.
20. Descamps J. Le point sur le reglamentation applicable aux batiments d'elevage // *Entreprises agricole*. 1977. № 88. P. 11–14.
21. Stefien G. Beteriebwirtschaftliche Auswirkung der Umweltschutzes bei Geflugel und Schweinen // *Deutsche Geflugelwirtschaft und Schwieneprduktion*. 1975. Vol. 27. № 36. P. 898–902.
22. Berglund S. Intensive animal production and interaction with human society in Sweeden // *Livestock Production Science*. 1974. Vol. 1. № 2. P. 207–215.
23. Joil P. Wastes around the world // *Environment*. 1977. Vol. 19. № 7. P. 32–37.
24. Ceha M. Zoohigichicze zalozcia fagczrej utylizacji odchodow rwiezlcych // *Pizeglad Hodowlahy*. 1976. Vol. 44. № 6. P. 13–15.
25. Grishayev M. D. Veterinary and sanitary actions when using drains of livestock farms // *Complex use of water resources : express information of CBSTI of Minvodkhos of the USSR*. M., 1975. Ser. 4. Issue 9. P. 30–39.