

РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОПОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ЗЕЛЕННОГО КОРМА ПРИ УТИЛИЗАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВ

О. Р. ИЛЬЯСОВ,
доктор биологических наук, профессор
О. П. НЕВЕРОВА,
кандидат биологических наук, доцент,
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: животноводство, сточные воды, гидропон, зеленый корм, выращивание, развитие растений, питательная ценность, витамины.

Набор культур, используемых для выращивания гидропонного корма, разнообразен. Это рожь, овес, ячмень, кукуруза, пшеница. Семена этих растений используются для проращивания и выращивания зеленых кормов с целью обеспечения сельскохозяйственных животных витаминами и углеводами. Применение для этого сточных вод животноводческих помещений, прошедших предварительную очистку, актуально и имеет практическое значение. В процессе проведения исследований было установлено, что высота растений ячменя на искусственном питательном растворе – 17 см, а на навозосодержащих сточных водах – 18,2 см, овса – 16,2 и 17,2 см; райграса – 12,2 и 12,5 см соответственно. Лучшее развитие листа с более широкой листовой пластинкой в вариантах со сточными водами обусловлено аммонийным источником азота. Содержание общего азота и сырого протеина было значительно выше в зеленом корме, выращенном на питательном субстрате из навозосодержащих сточных вод. Так, зеленый корм из ячменя, выращенного на искусственном питательном растворе, содержит 19,3 % сырого протеина, а из ячменя, выращенного на сточных водах, – 23,1 %; из овса – 15,84 и 20,97 % соответственно; из райграса – 13,65 и 15,46 %. Такая разница в содержании сырого протеина обусловлена более высокой концентрацией азота в сточных водах в сравнении с его концентрацией в искусственном питательном растворе. Общий сахар зеленого корма представлен легкогидролизуемыми сахарами. Различие в содержании сахара наблюдается между культурами и не зависит от используемого питательного субстрата. Процент сахара в зеленом корме из ячменя самый высокий – 8,07 и 8,03 %.

THE RESULTS OF THE HYDROPONIC CULTIVATION OF GREEN FODDER USING WASTE WATER FROM LIVESTOCK FARMS

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

Keywords: animal husbandry, waste water, hydropon, green fodder, crop farming, crop development, nutritional value, vitamins.

A set of the cultures used for cultivation of hydroponic forage is various. It includes rye, oats, barley, corn, wheat. Seeds of these plants are used for a sprouting and cultivation of green fodder for the purpose of providing farm animals with vitamins and carbohydrates. Using for this purpose the waste water from livestock farms which underwent preliminary cleaning is relevant and has practical value. In the course of carrying out researches it was established that height of plants of barley on artificial nutritious solution is 17 cm, and on the waste water containing manure – 18.2 cm; height of oats – 16,2 and 17,2 cm; height of ryegrass – 12,2 and 12,5 cm respectively. The best wide-leaf development in waste water is caused by an ammoniacal source of nitrogen. Content of general nitrogen and crude protein was much higher in the green fodder that was grown on a nutritious substratum from the waste water containing manure. So, the green forage from barley that is grown on artificial nutritious solution contains 19,3 % of crude protein, and from the barley that is grown on waste water – 23,1 %; from oats – 15,84 and 20,97 % respectively; from ryegrass – 13,65 and 15,46 %. Such difference in content of crude protein is caused by higher concentration of nitrogen in waste water compared with its concentration in artificial nutritious solution. Total sugar in green fodder is provided by easily hydrolyzed sugars. Distinction in content of sugar is observed between cultures and doesn't depend on the used nutritious substratum. Sugar concentration in the green fodder from barley is the highest – 8,07 and 8,03 %.

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

В России и за рубежом выращиванию растений в искусственных условиях без почвы (гидропонике) уделяется большое внимание [1–12]. Понятие «беспочвенная культура» охватывает все методы выращивания растений с помощью питательных растворов без почвы: гравийная, гравийно-торфяная, торфяная, воздушная, водная и др. [5–15].

В настоящее время наибольшее распространение получила гравийная культура (минеральная культура, гидрокультура). Набор культур, используемых для выращивания гидропонного корма, разнообразен [14–19]. Это рожь, овес, ячмень, кукуруза, пшеница. Семена этих растений используются для проращивания и выращивания зеленых кормов с целью обеспечения сельскохозяйственных животных витаминами и углеводами [20–23]. Применение для этого сточных вод животноводческих помещений, прошедших предварительную очистку актуально и имеет практическое значение [19–28].

Цель и методика исследований. Нами была поставлена цель изучить качественные показатели зеленого корма при выращивании методом гидропоники на сточных водах животноводческих помещений. Для этого проводили выращивание ячменя, овса и райграса на искусственном питательном растворе Чеснокова и Базириной и на навозосодержащих сточных водах.

Результаты исследований. Данные по высоте растений и урожайности зеленого корма, выращенного из семян различных культур на искусственном питательном растворе Чеснокова и Базириной и на навозосодержащих сточных водах, представлены на рис. 1.

Навозосодержащие сточные воды, используемые в данных исследованиях в качестве питательного субстрата, практически не оказывают отрицательного влияния на урожайность зеленого корма и даже положительно влияют на такой биометрический показатель, как высота растений. Высота растений

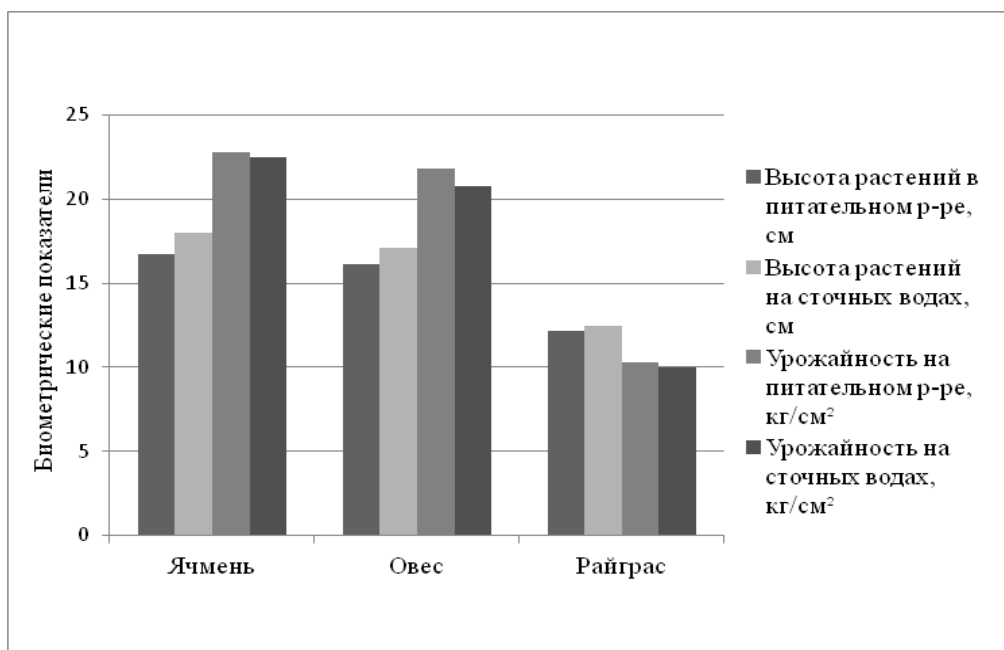


Рис. 1. Высота растений и урожайность зеленого корма в зависимости от культуры и питательного субстрата

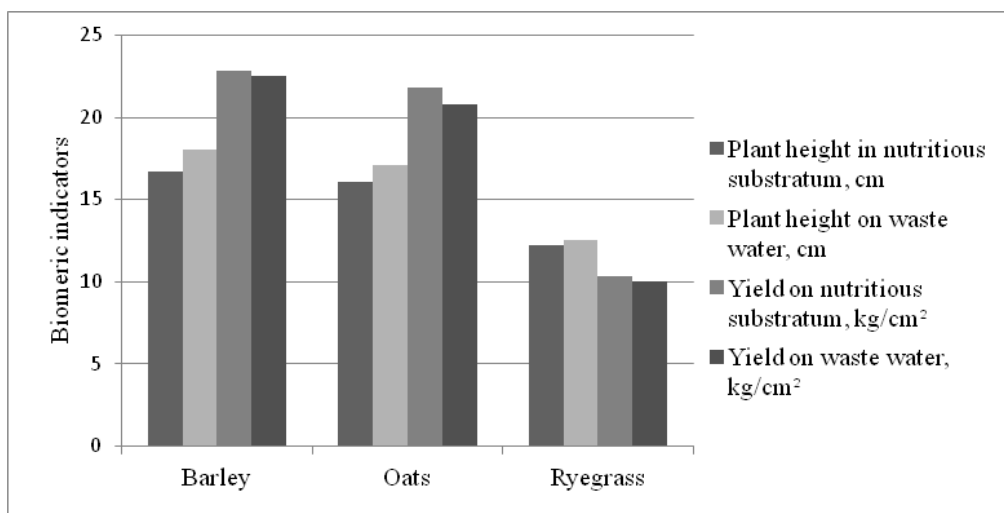


Fig. 1. Height of plants and productivity of green fodder depending on the culture and nutritious substratum

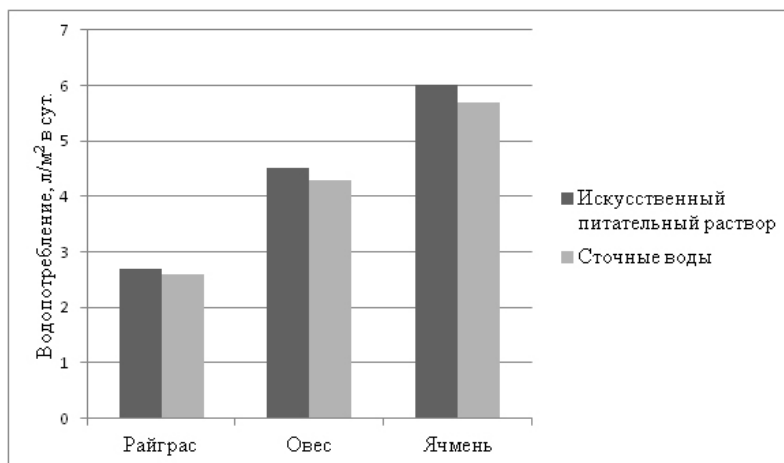


Рис. 2. Водопотребление культур в зависимости от питательного субстрата

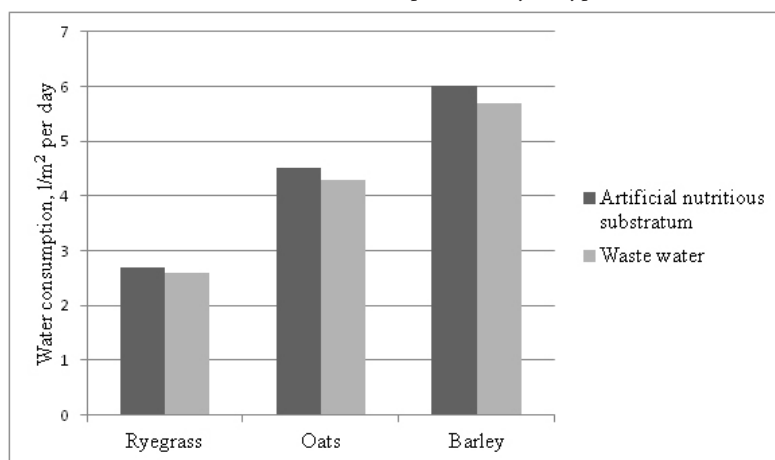


Fig. 2. Water intake of cultures depending on nutritious substratum

ячменя на искусственном питательном растворе – 17 см, а на навозосодержащих сточных водах – 18,2, овса – 16,2 и 17,2; райграса – 12,2 и 12,5 соответственно. Лучшее развитие листа с более широкой листовой пластинкой в вариантах со сточными водами обусловлено аммонийным источником азота. Урожайность зеленого корма в вариантах выращивания его на искусственном питательном растворе и навозосодержащих сточных водах выравнивается за счет лучшего развития корневой системы растений на искусственном питательном растворе.

Более урожайным является ячмень (23 кг/м²), несколько ниже урожайность овса (21 кг/м²) и значительно отличается по урожайности райграс (11,3 кг/м²).

Наряду с урожайностью исследовался показатель водопотребления растений. Водопотребление каждой культуры по вариантам выращивания на искусственном питательном растворе и сточных водах различается незначительно и составляет для ячменя 6,1 л/м² и 5,9, овса – 4,8 и 4,6, райграса – 2,8 и 2,7 сутки соответственно (рис. 2). Однако при сравнении водопотребления между культурами различие существенно; наблюдается и явное преимущество у культуры ячменя. По урожайности и водопотреблению он оказывается более пригодным для выращивания зеленого корма на навозосодержащих сточных водах в условиях гидропоника.

Биохимический состав зеленого корма приведен в табл. 1 и 2.

Содержание общего азота и сырого протеина значительно выше в зеленом корме, выращенном на питательном субстрате из навозосодержащих сточных вод. Так, зеленый корм из ячменя, выращенном на искусственном питательном растворе, содержит 19,3 % сырого протеина, а из ячменя, выращенного на сточных водах, – 23,1 %; из овса – 15,84 и 20,97 % соответственно; из райграса – 13,65 и 15,46 %. Такая разница в содержании сырого протеина обусловлена более высокой концентрацией азота в сточных водах в сравнении с его концентрацией в искусственном питательном растворе.

Содержание азота белкового в зеленом корме, выращенном на сточных водах, выше, чем в корме с искусственным питательным раствором.

При выращивании зеленого корма из злаковых культур крахмал прорастающих семян гидролизует-ся до сахаров, значительная часть которых расходуется на дыхание. Общий сахар зеленого корма представлен легкогидролизуемыми сахарами. Различие в содержании сахара наблюдается между культурами и не зависит от используемого питательного субстрата. Процент сахара в зеленом корме из ячменя самый высокий – 8,07 и 8,03 %.

Таблица 1
Биохимический состав абсолютно сухого вещества зеленого корма (корни + листья)
Table 1
Biochemical composition of dry solid green fodder (roots + leaves)

Показатели <i>Indicators</i>	Культура <i>Culture</i>					
	Ячмень <i>Barley</i>		Овес <i>Oats</i>		Райграс <i>Ryegrass</i>	
	Искусственный раствор <i>Artificial substratum</i>	Сточные воды <i>Waste water</i>	Искусственный раствор <i>Artificial substratum</i>	Сточные воды <i>Waste water</i>	Искусственный раствор <i>Artificial substratum</i>	Сточные воды <i>Waste water</i>
Азот общий, % <i>Total nitrogen, %</i>	3,08	3,69	2,53	3,35	2,18	2,47
Азот белковый, % <i>Protein nitrogen, %</i>	2,07	2,47	1,32	1,96	1,21	1,32
Азот небелковый, % <i>Non-protein nitrogen, %</i>	1,01	1,22	1,21	1,39	0,97	1,15
Азот белковый и небелковый, % <i>Protein and non-protein nitrogen, %</i>	2,05	2,01	1,09	1,41	1,24	1,15
Сырой протеин, % <i>Crude protein, %</i>	19,26	23,10	15,84	20,97	13,65	15,46
Нитраты, % <i>Nitrates, %</i>	0,9	Не обнаружено <i>Not detected</i>	Не обнаружено <i>Not detected</i>	Не обнаружено <i>Not detected</i>	Не обнаружено <i>Not detected</i>	Не обнаружено <i>Not detected</i>
Сахар общий, % <i>Total sugar, %</i>	8,07	8,03	6,62	6,65	1,03	0,95
Сырой протеин, % <i>Crude protein, %</i>	0,41	0,35	0,42	0,32	0,07	0,06
Сырая клетчатка, % <i>Crude fiber, %</i>	23,71	21,80	23,86	23,37	24,32	24,06
Сырой жир, % <i>Crude fat, %</i>	4,88	4,69	4,36	4,31	0,91	0,88
Сырая зола, % <i>Crude alkali, %</i>	6,55	8,28	6,63	6,35	5,55	6,26
Калий, % <i>Potassium, %</i>	0,72	1,44	0,73	1,51	0,66	0,99
Фосфор, % <i>Phosphorus, %</i>	0,50	0,48	0,45	0,45	0,27	0,26
Каротин, мг/кг <i>Carotin, mg/kg</i>	67,64	67,36	57,3	54,5	19,7	15,2
Витамин С, мг/кг <i>Vitamin C, mg/kg</i>	12,7	11,4	16,4	12,7	11,9	8,2
Витамин В ₂ , мг/кг <i>Vitamin B₂, mg/kg</i>	2,5	1,5	1,6	1,3	2,3	0,8
Витамин Е, мг/кг <i>Vitamin E, mg/kg</i>	26,4	12,0	19,8	14,0	15,0	10,0

В процессе выращивания зеленого корма происходит увеличение содержания клетчатки на 110–120 %. Сравнительно низко содержание клетчатки в корме, выращенном из зерна ячменя на сточных водах, – 21,8 %. Жиры в зеленом корме, выращенном из зерновых культур, содержится 4,3–4,9 %, т. е. увеличивается более чем в 2–2,5 раза в сравнении с содержанием его в зерне. В корме из райграса жир составляет менее 1 %.

Зеленый корм, выращенный на питательном субстрате из сточных вод, по содержанию золы на 12–25 % превосходит варианты выращивания его на искусственном питательном растворе. По содержанию калия различие почти в два раза вследствие более высокой зольности сточных вод и концентрации калия как основного зольного элемента навозосодержащих сточных вод.

Содержание фосфора в корме из ячменя и овса находится практически на одном уровне и составляет 0,45–0,50 %. В зеленом корме из райграса со-

держание фосфора значительно ниже и составляет лишь 0,26–0,27 %. Основной показатель ценности зеленого корма – наличие в нем каротина (в зерне каротин отсутствует) и других витаминов, содержание которых увеличивается при выращивании зеленого корма. Самый высокий уровень каротина (0–67,6 мг/кг) отмечается в зеленом корме из зерна ячменя, а самый низкий (15,2 мг/кг) – при выращивании корма из райграса. В содержании витаминов С, В₂, Е разница не столь существенна, однако в корме из зерновых культур их больше. По сумме аминокислот зеленый корм из ячменя заметно превосходит корм, выращенный из овса.

Таким образом, по результатам исследования данного этапа, следует отметить, что зеленый корм из зерна ячменя по урожайности, водопотреблению и питательной ценности превосходит корм, выращенный из овса и райграса.

Таблица 2
Аминокислотный состав зеленого корма
Table 2
Amino-acid composition of green fodder

Показатели, г/кг <i>Indicators, g/kg</i>	Культура <i>Culture</i>		
	Ячмень <i>Barley</i>	Овес <i>Oats</i>	Райграс <i>Ryegrass</i>
Лизин <i>Lysine</i>	3,015	2,808	1,752
Гистидин <i>Histidine</i>	1,620	1,248	0,663
Аргинин <i>Arginine</i>	3,257	3,027	1,536
Аспарагиновая кислота <i>Aspartic acid</i>	7,535	7,050	5,439
Треонин <i>Threonine</i>	2,014	1,929	1,428
Серин <i>Serine</i>	2,217	2,202	1,416
Глютаминовая кислота <i>Glutamic acid</i>	16,241	7,149	3,993
Пролин <i>Proline</i>	2,532	2,145	2,445
Глицин <i>Glycine</i>	2,115	2,010	1,470
Апанин <i>Apanin</i>	3,000	2,952	2,118
Цистин <i>Cystine</i>	0,703	0,699	0,234
Валин <i>Valine</i>	2,422	2,310	1,338
Метионин <i>Methionine</i>	0,070	0,072	0,159
Изолейцин <i>Isoleucine</i>	1,733	1,713	1,092
Лейцин <i>Leucine</i>	3,298	3,288	2,130
Тирозин <i>Tyrosine</i>	1,871	1,602	0,924
Фенилаланин <i>Phenylalaline</i>	2,700	2,430	1,590
Триптофан <i>Tryptophan</i>	0,922	0,975	1,425
Сумма аминокислот <i>The amount of amino acids</i>	57,265	45,609	31,149

Литература

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. Агаджанов Р. А. Санитарно-гигиеническая оценка земледельческих полей орошения в пригородной зоне Ашхабада // Труды Ашхабадского института эпидемиологии и гигиены. 1962. С. 267–274.
8. Каган Ц. Я. Санитарный и гидрохимический режим межморенных горизонтов в районе биологических прудов Минска // Очистка сточных вод в биологических прудах : сб. науч. тр. Минск, 1961. С. 155–158.
9. Горшков А. В. Определение оптимального режима орошения многолетних трав на выработанных торфяниках осветленными стоками животноводческого комплекса. // Комплексное использование водных ресурсов : экспресс-информация ЦБНТИ Минводхоза СССР. Сер. 4, вып. 1. М., 1984. С. 1–4.
10. Булатов Р. В. Стратегия охраны подземных вод (на примере Урала) : дисс. ... док. геолого-минералогических наук. Свердловск, 1989.
11. Arndt D. L. Processing and handling of animal excreta for refeeding // Journal of Animal Science. 1979. Vol. 48. № 1. P. 157–162.

12. Эрнст Л. К., Зельнер И. Р., Птак И. Р. Переработка и использование кормоотходов животноводства. М., 1974. 356 с.
13. Dairy cattle waste is recycled // *Research and Farming*, 1977. Vol. 34. P. 6–7.
14. Жирков Е. И., Доливо-Добровольский Л. Б. Биологическое обеззараживание стоков животноводческих комплексов. Использование сточных вод для орошения. М., 1978.
15. Oswald W. J. Fundamental factors in stabilization pond design // *Advances in Biological Waste Treatment*. 1963. Vol. 5. P. 357–393.
16. Винберг Г. Г., Остапеня П. В. Биологические пруды в практике очистки сточных вод. Минск : Беларусь, 1968. 231 с.
17. Bhagut S. K., Procter D. E. Treatment of dairy manure by lagooning // *Journal Water Pollution Control Federation*. 1969. Vol. 41. № 41. P. 785–795.
18. Hurtwitz E. Conversion to an aerated lagoon extends pond life // *Waste and Sewage Workers*. 1963. Vol. 110. № 10. P. 359–362.
19. Волков Г. К., Долгов В. С., Гришаев И. Д. Санитарно-гигиенические требования к удалению, хранению и использованию жидкого навоза. // *Животноводство*. 1972. № 9. С. 71–73.
20. Данилова М. Ф. Структурные основы поглощения веществ корнями. Л. : Наука, 1974. 206 с.
21. 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.
22. Arndt D. L. Processing and handling of animal excreta for refeeding // *Journal of Animal Science*. 1979. Vol. 48. № 1. P. 157–162.
23. Асонов А. М., Ильясов О. Р. Водные ресурсы и проблема поверхностного стока // *Транспорт Урала*. 2004. № 2. С. 20–30.
24. Шифрин С. М., Мишуков Б. К., Коган С. Г. Разработка схемы очистки сточных вод крупных свиноводческих комплексов // *Новые исследования сетей водоснабжения и канализации*. № 3. 1975. С. 89–94.
25. 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.
26. Ильясов О. Р. Биозащита водоисточников на сельскохозяйственных водосборах от загрязнения стоками птицеводческих предприятий : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург, 2004.
27. Судаков В. Г., Ильясов О. Р. Очистка помесодержащих стоков птицеводческих комплексов // *Зоотехния*. 2005. № 6. С. 27–30.
28. Судаков В. Г., Ильясов О. Р. Поверхностные стоки птицеводческих предприятий // *Ветеринария*. 2004. № 10. С. 39–42.

References

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. 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. Kagan Ts. Ya. The sanitary and hydrochemical mode of the intermorainal horizons around biological ponds of Minsk // *Sewage treatment in biological ponds : collection of scient. works*. Minsk, 1961. P. 155–158.
9. Gorshkov A. V. Determination of the optimum mode of irrigation of long-term herbs on the developed peat bogs the clarified drains of a livestock complex // *Complex use of water resources : express information of TsBNТИ of Minvodkhoz of the USSR*. Ser. 4, issue 1. M., 1984. P. 1–4.
10. Bulatov P. B. The strategy of protection of underground waters (on the example of the Urals) : abstract of diss. ... dr. of geol. and miner. sciences. Sverdlovsk, 1989.
11. Arndt D. L. Processing and handling of animal excreta for refeeding // *Journal of Animal Science*. 1979. Vol. 48. № 1. P. 157–162.
12. Ernst L. K., Zelner I. R., Pтак I. R. Conversion and use of fodder and by-products of livestock production. M., 1974. 356 p.
13. Dairy cattle waste is recycled // *Research and Farming*. 1977. Vol. 34. P. 6–7.

14. Zhirkov E. I., Dolivo-Dobrovolsky L. B. Biological disinfecting of drains of livestock complexes. Use of sewage for irrigation. M., 1978.
15. Oswald W. J. Fundamental factors in stabilization pond design // *Advances in Biological Waste Treatment*. 1963. Vol. 5. P. 357–393.
16. Vinberg G. G., Ostapenya P. V. Biological ponds in practice of sewage treatment. Minsk : Belarus, 1968. 231 p.
17. Bhagat S. K., Procter D. E. Treatment of dairy manure by lagooning // *Journal Water Pollution Control Federation*. 1969. Vol. 41. № 41. P. 785–795.
18. Hurtwitz E. Conversion to an aerated lagoon extends pond life // *Waste and Sewage Workers*. 1963. Vol. 110. № 10. P. 359–362.
19. Wolves G. K., Dolgov V. S., Grishayev I. D. Sanitary and hygienic requirements for removal, storage and use of liquid manure // *Livestock production*. 1972. № 9. P. 71–73.
20. Danilova M. F. Structural bases of absorption of substances roots. L. : Science, 1974. 206 p.
21. Grishayev M. D. Veterinary and sanitary actions when using drains of livestock farms // *Complex use of water resources : express information of TsBNTI of Minvodkhoz of the USSR*. 1975. M., Ser. 4, issue 9. P. 30–39.
22. Arndt D. L. Processing and handling of animal excreta for refeeding // *Journal of Animal Science*. 1979. Vol. 48. № 1. P. 157–162.
23. Asonov A. M., Ilyasov O. R. Water resources and problem of a superficial drain // *Transport of the Urals*. 2004. № 2. P. 20–30.
24. Shifrin S. M., Mishukov B. K., Kogan S. G. Development of the scheme of sewage treatment of large pig-breeding complexes // *New researches of networks of water supply and sewerage*. № 3. 1975. P. 89–94.
25. 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.
26. Ilyasov O. R. Biological protection of water sources in agricultural reservoirs from pollution by drains of the poultry-farming entities : abstract of diss. dr. biol. sciences. Ekaterinburg, 2004.
27. Sudakov V. G., Ilyasov O. R. Cleaning of poultry litter drains in poultry-farming complexes // *Animal husbandry*. 2005. № 6. P. 27–30.
28. Sudakov V. G., Ilyasov O. R. Superficial drains of the poultry-farming entities // *Veterinary science*. 2004. № 10. P. 39–42.