

## РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ОБОРОТНОЙ СИСТЕМЫ ВОДНОЙ МЕЛИОРАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ОАО СЕЛЕКЦИОННО-ГИБРИДНОГО ЦЕНТРА «ЗАПАДНЫЙ»

*Е. А. Урецкий, компетентный внештатный представитель Корпорации Hoffland Environmental Inc., USA, e-mail: euretsky@yandex.by*

*В. В. Мороз, к. т. н., доцент, зав. кафедрой природообустройства, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, e-mail: vovavall@mail.ru*

### Реферат

В работе приведена классификация существующих систем водной мелиорации земель и их критический анализ. Показаны положительные и отрицательные стороны водной мелиорации и недопустимость полива мелиорируемых сельхозугодий недостаточно очищенными сточными водами животноводческих комплексов. Приведена разработанная авторами статьи эффективная технология очистки сточных вод крупного свиноводческого комплекса на 100 тысяч голов. Рассмотрен вариант предполагаемой ресурсосберегающей оборотной системы гидромелиорации на примере ОАО СГЦ «Западный».

**Ключевые слова:** мелиорация, осушение, орошение, сельскохозяйственные земли, гидротехнические сооружения, животноводческие комплексы, экология, вода.

## ON THE ISSUE OF IMPROVING RESOURCE-SAVING REVERSAL HYDROMECLIORATION SYSTEMS BY EXAMPLE OPEN JOINT STOCK COMPANY HYBRID SELECTION CENTER «WESTERN»

**E. A. Uretsky, V. V. Moroz**

### Abstract

The work provides a classification of existing systems of water land reclamation and their critical analysis. The positive and negative aspects of water reclamation and the inadmissibility of irrigating reclaimed farmland with insufficiently treated wastewater from livestock complexes are shown. An effective technology for treating wastewater from a large pig-breeding complex for 100 thousand heads, developed by the authors of the article, is presented. A variant of the proposed resource-saving recirculating hydro-reclamation system is considered using the example of JSC HSC «Zapadny».

**Keywords:** reclamation, drainage, irrigation, agricultural lands, hydraulic structures, livestock complexes, ecology, water.

### Введение

В настоящее время развитие мелиорации земель в Республике Беларусь регламентируется целым рядом нормативно-правовых актов. Основными из них являются: Закон Республики Беларусь от 23 июля 2008 г. № 423-3 «О мелиорации

земель» и государственная программа «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы (подпрограмма 7 «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения»), в которой запланирована реконструкция осушительных, осушительно-увлажнительных систем и основных сооружений мелиоративных и водохозяйственных систем. На эти цели намерены выделить дополнительное финансирование.

Данные документы формулируют основную цель мелиорации земель в Республике Беларусь как устойчивое биосферно-совместимое повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий с устранением или исправлением неблагоприятных для хозяйственной деятельности природных условий.

Как известно, мелиорацией в Беларуси начали вплотную заниматься еще в 70-е годы прошлого века. Эта работа продолжалась почти 20 лет. Были вложены очень большие силы и средства. В итоге в Беларуси часть болот превратили в пахотные поля и возродили в значительной мере сельское хозяйство.

В настоящее время примерно 35 процентов всех сельхозугодий Беларуси – мелиорированные земли. Это почти 3 млн га. Основная часть – 80 % – сосредоточена в Брестской, Витебской, Гомельской и Минской областях. На этих землях производят треть растениеводческой продукции, в том числе, свыше половины зеленых кормов, необходимых для животноводства.

Правильно подобранные и грамотно осуществленные мелиоративные приемы в сочетании с высокотехнологичными агротехническими и организационно-хозяйственными мероприятиями позволяют не только существенно повысить плодородие почв, но и сохранить, и даже улучшить окружающую среду.

Авторами статьи рассмотрен вариант разработки ресурсосберегающей оборотной системы гидромелиорации на примере ОАО СПЦ «Западный».

Классификация существующих систем водной мелиорации земель приведена на рисунке 1, а предполагаемая упрощенная блок-схема ресурсосберегающей оборотной системы гидромелиорации на ОАО СПЦ «Западный» – на рисунке 2.



Рисунок 1 – Классификация водных мелиораций земель по мероприятиям

Недостатки системы водной мелиорации земель ОАО СГЦ «Западный» во многом характерны для других сельхозпредприятий Беларуси.

1. Отсутствие узла доочистки дренированных вод от внесенных в почву удобрений, гербицидов и других токсичных химикатов. Полив загрязненной ими водой с каждым циклом приводит к аккумуляции в растительном слое веществ, делая непригодной выращенную на этой почве сельскохозяйственную продукцию из-за превышения в них ингредиентов выше ПДК, установленного контролирующими органами.

2. Сброс неочищенных дренированных вод в водные источники приводит:

– к осушению плодородного слоя и, соответственно, унесения его в виде пыльных бурь;

– обмелению рек, питающихся водами осушаемых болот и, соответственно, к ограничению уровня судоходства по ним;

– существенному уменьшению рыбных запасов;

– высыханию растительности по берегам рек.

3. Изменение гидрологического режима почвы. В результате осушительных работ и прокладки устройств для водораспределения, происходит снижение уровня грунтовых вод. Это может привести к обезвоживанию почвы и ухудшению ее плодородия.

4. Нарушение биологического баланса. Оно может привести к гибели ряда видов флоры и фауны. Определенные виды растений и животных могут не справиться с измененными условиями, что приведет к уменьшению их численности или полному исчезновению.

Для снижения негативного воздействия сточных вод животноводческого комплекса ОАО СГЦ «Западный» на систему гидромелиорации этого предприятия авторы разработали рациональную технологию очистки сточных вод этого комплекса.

В Республике Беларусь построено и эксплуатируется большое количество животноводческих комплексов, основанных на применении прогрессивных поточных технологий производства мяса. Применяемое при этом гидросмывное удаление навоза из животноводческих помещений привело к образованию значительных объемов высококонцентрированных навозных сточных вод, представляющих серьезную опасность для окружающей природной среды.

Так, по данным [1], ежегодно животноводческие комплексы республики вносят в окружающую среду несколько миллионов метров кубических сточных вод. Основной формой их утилизации является полив, причем безо всякой предварительной очистки и дезинфекции.

Это обусловило значительное загрязнение почв многих районов, прилегающих к комплексам аминами, нитритами, нитратами, калием, фосфором и рядом других веществ, а также патогенными микроорганизмами. Причем сточные воды животноводческих комплексов загрязняют почвы водорастворимыми и обменными формами вышеназванных элементов, поэтому они легко проникают на глубину до 40 см и достигают максимума концентрации в компостном слое. С течением времени загрязнение делает почвы полностью непригодными к сельскохозяйственному использованию. Почвенно-геохимические аномалии простираются на 3–5 км от животноводческих комплексов и имеют постоянную

тенденцию к расширению. Полученные с этих земель корма и другая сельскохозяйственная продукция отличаются высоким содержанием нитратов и по санитарно-гигиеническим нормам являются непригодными для их использования [2].



**Рисунок 2 – Блок-схема ресурсосберегающей оборотной системы**

Наиболее тяжелая ситуация складывается при размещении животноводческих комплексов в районах с неблагоприятными климатическими и гидрогеологическими условиями при необходимости прямого сброса очищенных сточных вод в естественные водоемы, так как применяемые методы биологической очистки сточных вод не позволяют достичь требуемую в этом случае степень удаления органических загрязнений.

Таким образом, существует неотложная необходимость в разработке и ускоренном освоении новых высокоэффективных технологий очистки сточных вод животноводческих комплексов. Ключевым звеном в решении вопроса биологической очистки этих сточных вод является предварительное удаление аммонийного азота, оказывающего крайне негативное воздействие на ход биологических процессов.

Торможение этого процесса аммонийным азотом связано с наличием в воде свободного аммиака, ядовитого для микроорганизмов. Концентрация свободного аммиака основана на аммонийном равновесии



По данным ВНИИ ВОДГЕО, свободный аммиак ингибирует *Nitrosomonas* при концентрации от 10 до 150 мг/л и *Nitrobakter* при концентрации свыше 1 мг/л. Среднее же содержание ионов аммония в неочищенных сточных водах,

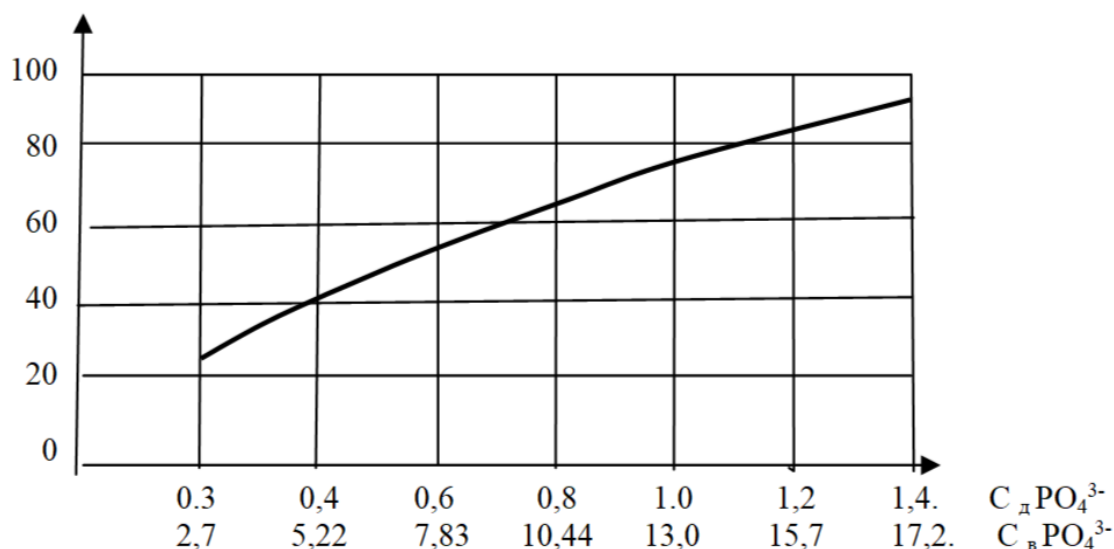
наиболее опасных из животноводческих комплексов (свинокомплексов), колеблется в пределах 400–1200 мг/л.

С одной стороны, сточные вода свинокомплексов характеризуются высокими концентрациями загрязнений, наличием большого количества патогенных микроорганизмов, яиц гельминтов, и поэтому представляют серьезную угрозу для окружающей природной среды. С другой стороны, эти сточные воды имеют высокую агрономическую ценность, так как в них содержится большое количество органических веществ и биогенных элементов. Как известно, годовое количество сточных вод свиноводческого комплекса мощностью 108 тыс. голов составляет более 1 млн м<sup>3</sup>. При этом в них содержится 730 т азота, 300 т фосфора, 360 т калия [2]. По количеству содержащихся в них загрязнений сточные воды такого комплекса эквивалентны хозяйственно-бытовым стокам города с населением 460–640 тыс. чел.

Большинство разработанных и предложенных методов удаления аммонийного азота из сточных вод, таких как отдувка в щелочной среде, ионный обмен, нитрификация/денитрификация, биологическая очистка с использованием симбиотического активного ила и др. приводят к безвозвратной потере аммонийного азота и поэтому не могут быть использованы в технологиях, обеспечивающих его эффективную утилизацию. Помимо этого подобные методы дороги, энергоемки, требуют сложного аппаратного оформления и дефицитных комплектующих. Оптимальный метод удаления аммонийного азота из сточных вод, разработанный авторами, основан на его взаимодействии с солями ортофосфорной кислоты и в присутствии ионов магния.

Зависимость удаления аммонийного азота от доли введенного двойного суперфосфата приведена на рисунке 3.

Эффективность удаления  
аммонийного азота NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, %



**Рисунок 3 – Зависимость удаления аммонийного азота от доли введенного двойного суперфосфата**

Примечания: 1. C<sub>д</sub>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> – доля PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> – от стехиометрической.

2. C<sub>в</sub>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> – доля PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> – отношение весовой части продукта к 1 весовой части NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

В процессе такого взаимодействия образовывается слабо растворимый ортофосфат магния – аммония,  $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$  (струвит), который является ценным комплексным удобрением [3–8]. При этом эффективность удаления аммонийного азота составляла 85–92 %.

Одновременно с высокой степенью очистки этот способ дает возможность утилизировать используемые реагенты, извлеченный аммонийный азот и другие биогенные элементы и органические вещества, в больших количествах присутствующие в сточных водах животноводческих комплексов и в особенности свиноводческих комплексов.

Из агрономии известно, что все компоненты этого удобрения находятся в доступной для растений форме. Оно может вноситься без ограничений под все сельскохозяйственные культуры. Причем ортофосфат магния – аммония рекомендуется применять на сильнокислых и слабокислых почвах, при орошаемом земледелии [3, 4, 5]. Это особенно важно для Республики Беларусь, где в основном почвы кислые.

Способ получения «струвита» был использован Транснациональными компаниями Hoffland Environmental, Inc. и AETE International, Inc. (США) совместно с авторами статьи для создания рациональной технологий очистки сточных вод животноводческих комплексов, а также для технико-коммерческого предложения на поставку технологического оборудования для животноводческого комплекса ОАО СГЦ «Западный» в д. Большие Мотыкалы Республики Беларусь Брестской области по выделению биомассы и удаления аммонийного азота с целью доведения сточных вод до уровня сброса в водоемы и увеличения производительности существующей биогазовой установки с 200 кВт/ч до 1000 кВт/ч [8].

Существующая схема очистных сооружений показана на рисунке 4. Она находилась в неработоспособном состоянии. Упрощенная схема рациональной обработки сточных вод с добавлением блока, содержащего высокие концентрации аммиака, показана на рисунке 5.

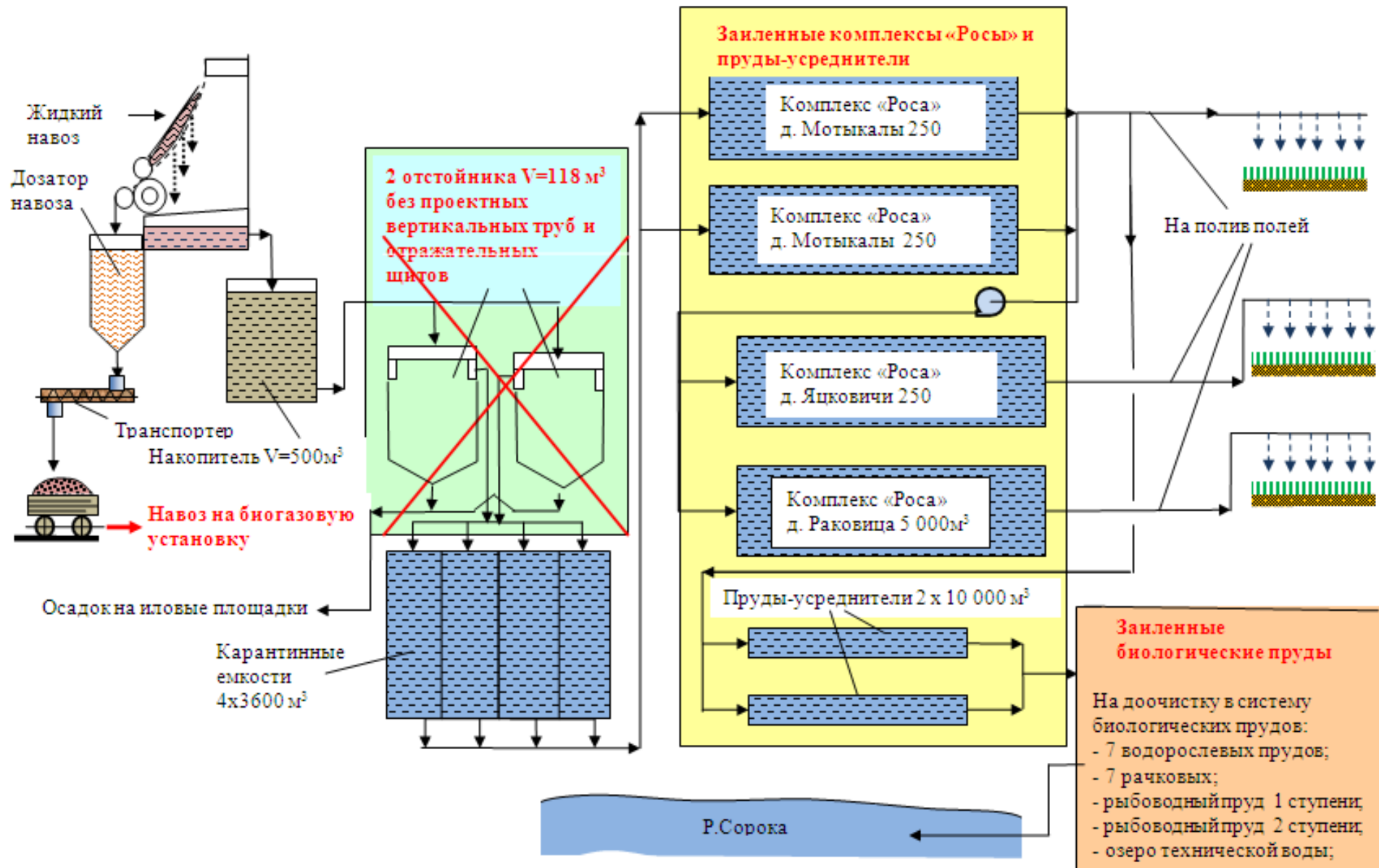


Рисунок 4 – Существующая упрощенная схема обработки сточных вод животноводческого комплекса ОАО СГЦ «Западный»

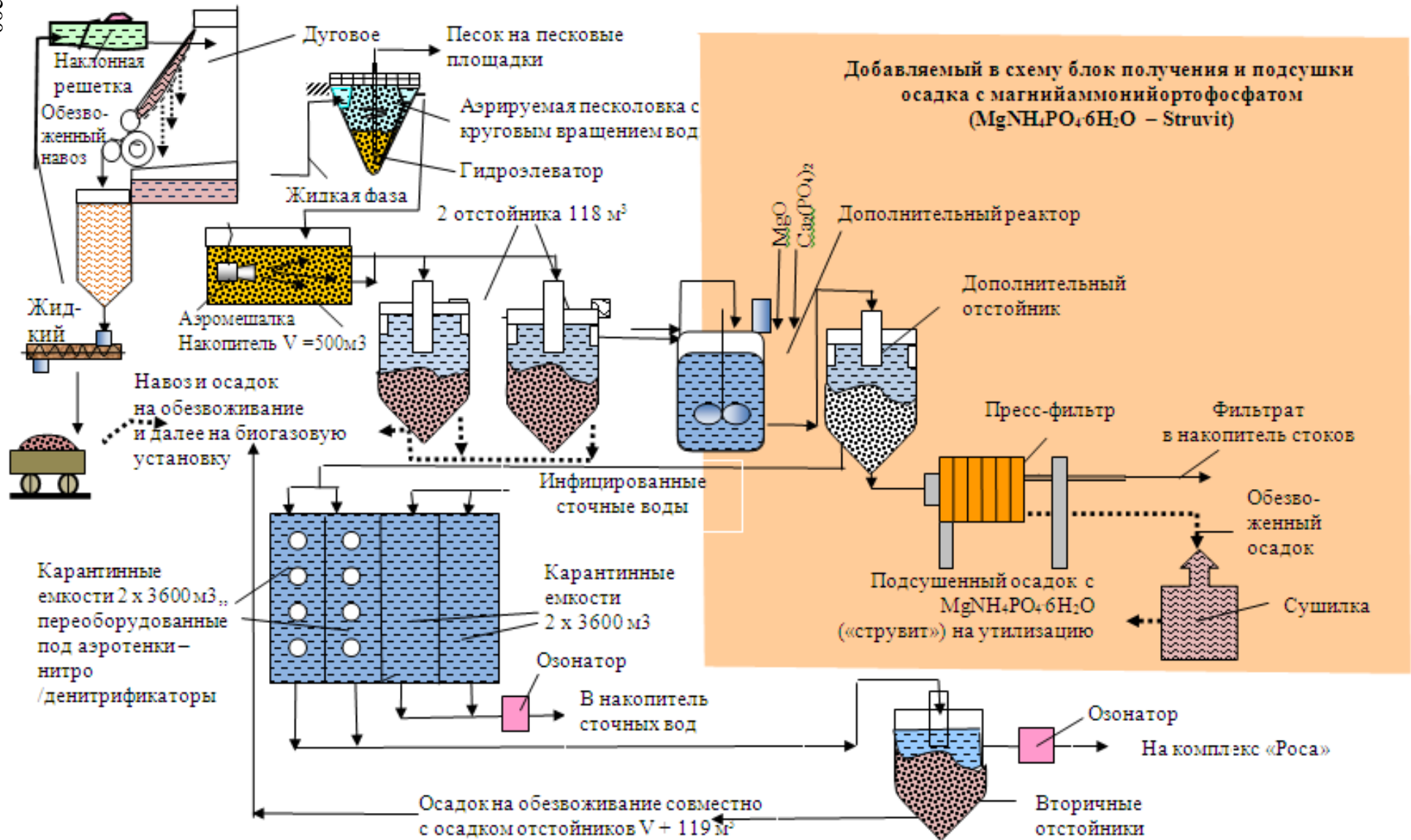


Рисунок 5 – Упрощенная схема рациональной обработки сточных вод с добавлением блока, содержащего высокие концентрации аммиака



В нее добавлены:

– реконструированные вертикальные отстойники с проектной эффективностью осветления сточных вод не выше 60 %. В них за счет дополнительного монтажа полочных модулей и установки в вертикальные подающие трубы встроенных камер хлопьеобразования стало возможным достигнуть увеличения эффективности осветления сточных вод в этих сооружениях до 90 %;

– наклонная решетка и аэрируемые песколовки, которые обеспечили предварительное удаление из сточных вод крупных отбросов и значительную часть песчаных загрязнений;

– погружные аэрационные установки, опущенные в накопительный резервуар для предотвращения выпадения на дно резервуара тяжелой взвеси, а также предварительной аэрации и начала процесса нитро/денитрификации;

– переоборудованные с помощью поплавковых аэраторов в аэротенки нитро/денитрификаторы две карантинные емкости;

– блок получения и подсушки осадка с магнийаммонийортофосфатом  $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$  (струвит) для использования его в качестве удобрения под различные сельскохозяйственные культуры, а также раскисления почвенного слоя;

– озонаторные установки для дезинфекции сточных вод.

### **Заключение**

1. При создании оборотных систем гидромелиорации необходим узел доочистки дренированных вод от внесенных в почву удобрений, гербицидов и других токсичных химикатов с проведением для этого соответствующих исследований. Полив загрязненной ими водой с каждым циклом приводит к аккумуляции в растительном слое перечисленных выше химикатов, делая непригодной полученной на этой почве сельскохозяйственной продукции из-за превышения в них ингредиентов выше ПДК.

2. Недопустим полив сельскохозяйственных угодий недостаточно очищенными сточными водами животноводческих комплексов, загрязненными высокими концентрациями солей аммония, нитритами, нитратами, фосфором и другими токсичными соединениями.

3. Мелиорация как агротехническая практика, помимо положительных моментов, вносит серьезные негативные последствия для биоразнообразия окружающей среды. Она приводит к разрушению и изменению природных экосистем, что негативно сказывается на местном видовом составе и сокращает численность многих организмов. Из-за мелиорации гибнут редкие и защищенные виды, которые не могут приспособиться к новым условиям, созданным человеком.

4. Разработка систем дренажа и искусственного полива приводит к изменению гидрологических режимов почв, сокращению площадей плавниковых зон и затопляемых углублений, что негативно сказывается на многих водных организмах.

### **Список цитированных источников**

1. Ибрагимов, А. Г. Животноводство и окружающая среда / А. Г. Ибрагимов, В. Г. Борulyко, И. А. Лукьянова. – М. : Аграрная наука, 2021. – С. 46–49.

2. Челноков, А. А. Состояние природной среды Беларуси и пути ее улучшения : справочное пособие / А. А. Челноков, Л. Ф. Ющенко, М. Е. Фридлянд. – Минск. : Минский экологический совет, 2000. – 52 с.
3. Кочетков, В. Н. Фосфорсодержащие удобрения / В. Н. Кочетков. – М. : Химия, 1982. – 400 с.
4. Петербургский, А. В. Система применения удобрений / А. В. Петербургский – М. : Колос, 1984. – 272 с.
5. Павлюченко, М. М. Полифосфаты и минеральное питание растений / М. М. Павлюченко, В. М. Терентьев, Е. А. Продан [и др.]. – Минск. : Наука и техника, 1978. – 231 с.
6. Продан, Е. А. Стабильность и реакционная способность фосфорных солей / Е. А. Продан, В. В. Самусевич / Минск. : Наука и техника, 1994.
7. Факеев, А. А. Методы получения и очистки фосфатов элементов II группы периодической системы Д. И. Менделеева : Серия Реактивы и особо чистые вещества / А. А. Факеев, Т. В. Хомутова, А. С. Быковская [и др.]. – М. : НИИТЭХИМ, 1983. – 68 с. (Обзор информ.).
8. Урецкий, Е. А. К вопросу очистки сточных вод животноводческого комплекса / Е. А. Урецкий // Вестник БрГТУ. Серия: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – 2006. – № 2. – С. 73–75.

### References

1. Ibragimov, A. G. Zhivotnovodstvo i okruzhajushhaja sreda / A. G. Ibragimov, V. G. Borul'ko, I. A. Luk'janova. – М. : Agrarnaja nauka (10). 2021. – С. 46-49.
2. Chelnokov, A. A. Sostojanie prirodnoj sredy Belarusi i puti ejo uluchshenija (spravochnoe posobie) / A. A. Chelnokov, L. F. Jushhenko, M. E. Fridljand. – Minsk. : Minskij jekologicheskiy sovet, 2000. – 52 s.
3. Kochetkov, V. N. Fosforsoderzhashhie udobrenija / V. N. Kochetkov. – М. :Himija, 1982. – 400 s.
4. Peterburgskij, A. V. Sistema primenenija udobrenij / A. V. Peterburgskij – М. : Kolos, 1984. – 272 s.
5. Pavljuchenko, M. M. i dr. Polifosfaty i mineral'noe pitanie rastenij / M. M. Pavljuchenko, V. M. Terent'ev, E. A. Prodan i dr. – Minsk. : Nauka i tehnika, 1978. – 231 s.
6. Prodan, E. A. Stabil'nost' i reakcionnaja sposobnost' fosfornyh solej / E. A. Prodan, V. V. Samuskevich / Minsk. : Nauka i tehnika, 1994.
7. Fakeev, A. A. i dr. Metody poluchenija i ochistki fosfatov jelementov II gruppy periodicheskoj sistemy D.I.Mendeleeva: Obzor inform. Ser. «Reaktivy i osobo chistye veshhestva» / A. A. Fakeev, T. V. Homutova, A. S. Bykovskaja i dr. – М. : НИИТЭХИМ, 1983. – 68 s.
8. Ureckij, E. A. K voprosu ochistki stochnyh vod zhivotnovodcheskogo kompleksa / E. A. Ureckij // Vestnik BrGTU. Serija: Vodohozjajstvennoe stroitel'stvo i teplojenergetika. – 2006. – № 2. – S. 73–75.