DOI: 10.17117/na.2016.09.02.144

<http://ucom.ru/doc/na.2016.09.02.144.pdf>

Поступила (Received): 24.09.2016

Полякова О.С., Семенов С.Ю. Использование эмергетического анализа для систем защиты водных объектов на примере Швеции

Polyakova O.S., Semenov S.Yu.
**The use of emergy analysis for water bodies
protection systems on the example of Sweden**

Статья представляет собой аналитический обзор использования эмергетического анализа оценки канализационных очистных сооружений в Швеции. Первая часть работы посвящена оценке рентабельности получения электричества из осадка сточных вод, а во второй части статьи сравниваются разные технологии очистки стоков – традиционные канализационные очистные сооружения и проект очистных сооружений с микроводорослями

Ключевые слова: эмергетический анализ, канализационные очистные сооружения, очистные сооружения с микроводорослями

The article presents an analytical review of the use emergy analysis assessment of wastewater treatment plants in Sweden. The first part is devoted to assessing the profitability of producing electricity from sewage sludge, and various wastewater treatment technologies are compared in the second part of the article – the traditional sewage treatment plants and sewage treatment plants project with microalgae

Key words: emergy analysis, wastewater treatment plants, plant with microalgae

Полякова Оксана Сергеевна

Стажер-исследователь

Национальный исследовательский Томский государственный университет
г. Томск, пр. Ленина, 36

Polyakova Oksana Sergeevna

Trainee Researcher

National research Tomsk state university
Tomsk, Lenin ave., 36

Семенов Сергей Юрьевич

Кандидат биологических наук, преподаватель
Национальный исследовательский Томский государственный университет
г. Томск, пр. Ленина, 36

Semenov Sergey Yurevich

Candidate of Biological Sciences, teacher
National research Tomsk state university
Tomsk, Lenin ave., 36

Результаты были получены при выполнении государственного задания от Министерства образования и науки Российской Федерации № 2142

В двух статьях шведских исследователей («Emergy analysis of municipal wastewater treatment and generation of electricity by digestion of sewage sludge», «The relationship between ecosystem services and purchased input in Swedish wastewater treatment systems – a case study») [1,2] опубликованы результаты эмергетической оценки канализационных очистных сооружений (КОС) в

г. Сурахаммар, г.Окселёсунд и теоретической модели природного болота, равного по площади конструированному болоту г. Окселёсунд. Население городов Сурахаммар и Окселёсунд составляет около 10 000 человек.

В г. Сурахаммар сточные воды проходят механическую очистку на решетках и песколовках, а затем биологическую очистку активным илом с нитрификацией, химическим осаждением фосфора. Избыточный активный ил и сырой осадок сбрасываются в метантенке. Биогаз используется для производства электрической энергии, полностью используемой на КОС. Обработанные сточные воды сбрасываются в р. Колбаксан.

Очистные сооружения г. Окселёсунд состоят из традиционных сооружений механической очистки, аэрируемого песчаного фильтра, химического связывания фосфора и пруда-отстойника. Доочистка стоков от загрязняющих веществ группы азота осуществляется на двухсекционных ступенчатых мелководных прудах с высшей водной растительностью общей площадью 22 га.

Гипотетический сценарий очистки сточных вод с использованием теоретической модели природного болота площадью 22 га позволяет принимать на очистку сточные воды от населенного пункта численностью 759 человек при том же качестве очистки как у систем, рассмотренных выше.

Удельные эмергетические (биосферные) затраты близки для всех систем: отношение совокупной эмергии/чел для КОС г. Сурахаммар, г. Окселёсунд и природных болот, соответственно, составляет $1,5E + 14$, $1,8E + 14$, $1,7E + 14$ сЭДж.

Отношение эмергии закупленных потоков к бесплатным составляет для КОС – 3056, для очистных сооружений, дополненных конструированными болотами – 141 и для естественных болот – 9. Сложные интенсивные системы очистки (г. Сурахаммар) по этому проигрывают более чем в 20 раз по экономичности простым, дополненным конструированным болотом (г. Окселёсунд). Природные болота в этом плане являются рекордсменами.

Для расчета потребности территории, необходимой для очистки стоков от одного жителя, исследователи помимо непосредственного участка размещения очистных сооружений (прямая удельная потребность в территории), учитывают еще и пространство производства и расположения приобретенных (закупленных) ресурсов (общая удельная потребность в территории).

При использовании в качестве КОС природного болота прямая удельная потребность в территории является наибольшей, но общие потребности в территории примерно одинаковы для всех систем.

Используя результаты и данные Д. Берклунд, У. Гебер (2001) по КОС с интенсивной доочисткой (г. Сурахаммар) и с доочисткой в прудах с ВВР (г. Окселёсунд) [2], Э. Грёнлунд в [3] дополняет их результатами эмергетического анализа проекта очистных сооружений с сооружениями доочистки в виде биопруда с микроводорослями.

Проект очистных сооружений с микроводорослевыми прудами (ALGA-модель) по своим основным характеристикам сопоставим с КОС, рассмотренных Берклундом (см. Табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная таблица очистных с микроводорослями и КОС

Тип очистного сооружения	Численность обслуживаемого населения	Мощность (м³/день)	Время экспозиции (дни)	Площадь (га)	БПК уменьш (%)	Р уменьш (%)	N уменьш (%)
Сурахаммар (КОС)	9714	5800	0,5	0,87	96	95	50
Окселёсунд (очистные сооружения + CW)	9947	6400	9	22	95	99	50
ALGA	10000	5800	42,5	89	97	64	90

При проведении эмергетического анализа, используются классические эмергетические индексы (Табл. 2).

Таблица 2. Значения эмергетических индексов

Эмергетический индекс	Традиционные очистные сооружения	Очистные сооружения + constructed wetland	ALGA модель
Отношение эмергетического выхода (все потоки/приобретенные потоки)	1	1,005	1,054
Отношение нагрузки на о.с. (приобретенные+невозобновляемые потоки)/возобновляемые потоки)	4246	193	186
Индекс устойчивости (отношение эмергетического выхода/отношение нагрузки на о.с.)	2,4E-4	5,2E-3	5,7E-3

Величина индекса устойчивости не велика у всех систем, но для модели с микроводорослями она является наибольшей. ALGA-модель в 20 раз устойчивее сооружений интенсивной очистки и на 5% традиционных очистных с доочисткой на constructed wetlands. Отношение удельного эмергетического выхода в трех системах близко к 1, а по отношению нагрузки на окружающую среду больше всего «проигрывают» сооружения интенсивной очистки (4246). Наименьшую нагрузку на окружающую среду оказывает ALGA-модель (186).

Список используемых источников:

1. Bjorklund J. *Emergy analysis of municipal wastewater treatment and generation of electricity by digestion of sewage sludge* / J. Bjorklund, U. Geber, T. Rydberg // *Resources, conservation and recycling*. 2001. № 31. P. 293-316.
2. Geber U. *The relationship between ecosystem services and purchased input in Swedish wastewater treatment* / U. Geber, J. Bjorklund // *Ecological Engineering*. 2001. № 18. p. 39–59.
3. Gronlund E. *Sustainability of Wastewater Treatment with Microalgae in Cold Climate, Evaluated with Emergy and Socio-Ecological Principles* / E. Gronlund, A. Klang, S. Falk, and J. Haneus // *Ecological Engineering*. 2004. № 22. p. 155-174.

© 2016, Полякова О.С., Семенов С.Ю.

Использование эмергетического анализа для систем
защиты водных объектов на примере Швеции

© 2016, Polyakova O.S., Semenov S.Yu.

*The use of emergy analysis for water bodies
protection systems on the example of Sweden*