

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Вологодский государственный технический университет»  
Правительство Вологодской области  
Фонд содействия развитию малых форм предприятий  
в научно-технической сфере  
при поддержке  
Союза молодых ученых и специалистов Вологодской области

**МАТЕРИАЛЫ  
VI ЕЖЕГОДНОЙ НАУЧНОЙ СЕССИИ  
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
ПО ОТРАСЛЯМ НАУК**

**Том I  
Технические науки**

*К4447553*

Вологда  
2012

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАБОТЫ МАЛЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

*А.А. Кулаков*

Вологодский государственный технический университет  
г. Вологда

Большинство очистных сооружений канализации (ОСК) России находятся в изношенном состоянии и требуют скорейшей реконструкции и модернизации. Низкий уровень очистки сточных вод приводит к ухудшению экологической обстановки и отрицательному социальному эффекту в стране.

Основными сложностями неудовлетворительной работы системы канализации России являются высокая пространственная рассредоточенность поселений в РФ и неэффективность водного законодательства. Это в совокупности делает убыточной деятельность предприятий ЖКХ и препятствует притоку инвестиций в отрасль очистки сточных вод, что осложняет поиск средств на модернизацию сооружений и сводит к минимуму рентабельность капиталовложений, особенно для малых населенных пунктов.

При оценке качества сбрасываемых сточных вод критерием служит норматив допустимого сброса (НДС) [1-3]. На большинстве станций России запроектирована традиционная биологическая очистка, не способная обеспечить очистку от соединений азота и фосфора на уровне установленных НДС, чаще всего равных предельно допустимым концентрациям (ПДК) водоемов рыбохозяйственной категории, так как изначально была рассчитана на удаление органических и взвешенных веществ [4,5]. Такой подход к нормированию вынуждает предприятия водопроводно-канализационного хозяйства внедрять технологии глубокой очистки от азота и фосфора для всех без исключения объектов канализации, даже в небольших сельских поселениях. И если в крупных городах вопросы очистки стоков зачастую решаются на высоком уровне, средства на реконструкцию сооружений выделяются из бюджета, а водоканалы получают различные гранты и кредиты, то ситуация на селе катастрофична. Высокая себестоимость водоотведения и очистки сточных вод и низкий уровень технической оснащенности станций на селе осложняется еще и штрафными санкциями за сброс недостаточно очищенных вод. Это часто приводит к банкротству малых организаций, обслуживающих системы водоснабжения и канализации в сельской местности.

В то же время опыт внедрения технологий глубокой очистки сточных вод на малых станциях России практически отсутствует, и применение сложных технологических схем в сельской местности связано с существенным экологическим риском для водного объекта (в случае нарушения технологического режима) и экономическим риском для предприятия водопроводно-канализационного хозяйства (в случае убыточности инвестиций).

В современных условиях внедрение передовых технологий на малых ОСК и предъявляемые к очищенным сточным водам требования должны осуществляться дифференцированно, учитывая технические, технологические, административные, юридические, экономические и экологические аспекты.

В ЕС, к примеру, для малых ОСК установлены свои нормативы, они являются менее жесткими, чем для крупных станций, при этом нормируется только содержание органических и взвешенных веществ [6].

В связи с этим необходимо оценить существующие барьерные возможности ОСК и разработать наиболее подходящие пути их повышения.

В европейских странах проводится большое количество исследований, посвященных оценке эффективности работы существующих малых ОСК с учетом Европейских требований, оценке влияния объектов водоотведения на окружающую среду и разработке программ реконструкции [7-9]. Авторы предлагают комплексную оценку станций с учетом экологических и экономических показателей, говорят о необходимости применения более мягких требований к малым ОСК ввиду специфики их работы.

Целью данной работы является экологическая оценка работы коммунальных очистных сооружений канализации малых населенных пунктов Вологодской области.

#### *Методика исследований*

Исходными данными для исследований данной работы является официальная статистическая информация по форме № 2-ТП (водхоз) за 2010 год и материалы разработанных и утвержденных проектов нормативов допустимого сброса загрязняющих веществ в водные объекты.

Под экологической оценкой понимается анализ качества очищенных сточных вод на предмет обеспечения современных природоохранных нормативов (установленных НДС).

Для экологической оценки коммунальных станций, обрабатывающих преимущественно хозяйственно-бытовые стоки от населения, выбраны следующие показатели:

- ВВ – взвешенные вещества;
- БПК<sub>полн</sub> – биохимическая потребность в кислороде;
- $N-NH_4^+$  – азот аммонийный;
- $N-NO_2^-$  – азот нитритный;
- $N-NO_3^-$  – азот нитратный;
- $P-PO_4^{3-}$  – фосфор фосфатов.

Концентрации загрязняющих веществ по этим показателям в очищенных сточных водах ( $C_{ок,i}$ ) принимались как отношение массы  $i$ -го загрязняющего вещества к объему отведенных сточных вод.

Оценивались биологические очистные сооружения канализации, по которым имеется информация по всем 6 показателям.

Анализ утвержденных проектов НДС станций Вологодской области показал, что в большинстве случаев к качеству очищенных сточных вод предъявляются следующие требования, принятые как условные ПДК (ПДК<sub>i,усл</sub>):

ВВ	БПК <sub>полн</sub>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
15 мг/л	15 мгО <sub>2</sub> /л	0,39 мг/л	0,024 мг/л	9,1 мг/л	0,2 мг/л

Экологическая оценка проведена по следующим параметрам:

– Вероятность обеспечения Р<sub>обесп,i</sub> заданного значения концентрации i-го загрязняющего вещества С<sub>ex,i</sub>, определяемая по формуле:

$$P_{\text{обесп},i} = \frac{N_{\text{обесп},i}}{N_{\text{общ}}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

где N<sub>обесп,i</sub> – количество ОСК, на которых обеспечивается заданная концентрация i-го загрязняющего вещества, т.е. значение концентрации i-го загрязняющего вещества меньше или равно заданному значению;

N<sub>общ</sub> – общее количество ОСК.

– Вероятность превышения Р<sub>прев,i</sub> заданного значения концентрации i-го загрязняющего вещества С<sub>ex,i</sub>, определяемая по формуле:

$$P_{\text{прев},i} = 100 - P_{\text{обесп},i}, \% \quad (2)$$

– Кратность превышения НДС (ПДК<sub>усл</sub>) по каждому анализируемому показателю, определяемая по формуле:

$$K_{\text{прев},i,\text{НДС}} = \frac{C_{\text{ex},i}}{\text{ПДК}_{i,\text{усл}}}, \quad (3)$$

где С<sub>ex,i</sub> – концентрация загрязняющего вещества, мг/л.

– Удельная кратность превышения НДС (ПДК<sub>усл</sub>) по шести показателям, определяемая по формуле:

$$K_{\text{уд.прев},\text{НДС}} = \frac{1}{n} \cdot \sum \frac{C_{\text{ex},i}}{\text{ПДК}_{i,\text{усл}}}, \quad (4)$$

где n – количество анализируемых загрязняющих веществ, равное 6.

### Результаты исследований

Составлена база данных, включающая 137 коммунальных ОСК малых населенных пунктов Вологодской области, в т.ч. 104 станции искусственной биологической очистки. Распределение ОСК по типу сооружений представлено на рис. 1.

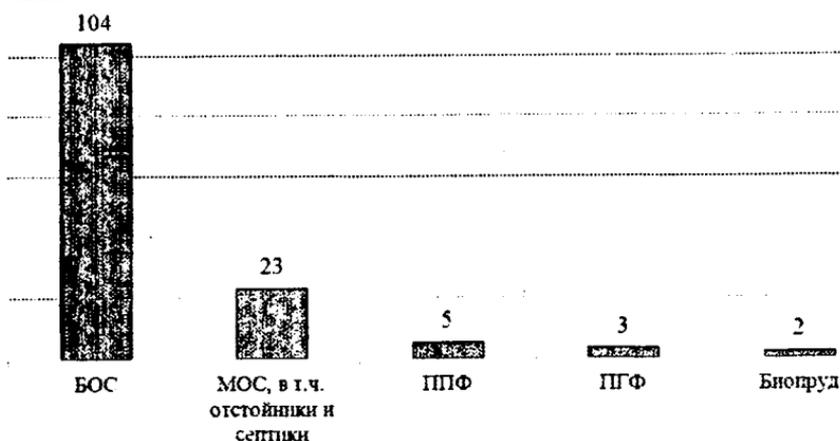


Рис. 1. Распределение ОСК по типу сооружений: БОС – биологические очистные сооружения, МОС – механические очистные сооружения, ППФ – подземные поля фильтрации, ПГФ – песчано-гравийные фильтры

Экологическая оценка проводилась по 81 станции, все отобранные объекты – биологические очистные сооружения. На большинстве станций запроектирована традиционная биологическая очистка сточных вод в аэротенках или в компактных установках.

На основе анализа технической литературы и с учетом производительности станций Вологодской области ОСК классифицированы по  $Q_{\text{проект}}$  и  $Q_{\text{факт}}$  (табл.1). Практически все станции области недогружены, из проанализированных лишь 2 станции имеют  $Q_{\text{факт}}/Q_{\text{проект}} > 100\%$ , средняя гидравлическая нагрузка  $Q_{\text{факт}}/Q_{\text{проект}}$  составляет 38%. Имеющиеся резервы говорят о возможности использовать их для повышения эффективности работы при правильном поддержании технологического режима, однако необходимо учитывать высокую неравномерность поступления стоков на станции.

Таблица 1

### Классификация анализируемых ОСК Вологодской области

Показатель	Производительность станции, м <sup>3</sup> /сут				По всем ОСК
	<100	100... 500	500... 1000	1000 ... 7700	
Количество проанализированных станций с указанной $Q_{\text{проект}}$	13	39	14	15	81
Количество проанализированных станций с указанным $Q_{\text{факт}}$	38	32	5	6	81

Информация по долям станций, на которых обеспечивается заданная концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в очищенных сточных водах, приведена в табл.2. Данные по кратности превышения ПДК<sub>усл</sub> приведены на рис. 2 и 3.

Таблица 2

**Содержание загрязняющих веществ в очищенных сточных водах коммунальных биологических ОСК Вологодской области**

$Q_{\text{факт}}$ м <sup>3</sup> /сут	Доля станций ( $P_{\text{обесп}}$ ) при концентрации ВВ, мг/л:						
	<5,0	<10,0	<15,0	< 20,0	<25,0	<30,0	<40,0
<100	29%	63%	71%	79%	84%	90%	95%
100...500	13%	59%	81%	94%	100%	100%	100%
500....7400	9%	36%	64%	82%	100%	100%	100%
По всем ОСК	20%	58%	74%	85%	93%	95%	99%
$Q_{\text{факт}}$ м <sup>3</sup> /сут	Доля станций ( $P_{\text{обесп}}$ ) при концентрации БПК <sub>полн</sub> , мг/л:						
	<3,0	<10,0	<15,0	<20,0	<25,0	<30,0	<40,0
<100	8%	42%	55%	69%	74%	74%	92%
100...500	3%	28%	53%	66%	75%	75%	84%
500....7400	0%	36%	82%	100%	100%	100%	100%
По всем ОСК	5%	36%	58%	72%	78%	78%	90%
$Q_{\text{факт}}$ м <sup>3</sup> /сут	Доля станций ( $P_{\text{обесп}}$ ) при концентрации N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л:						
	<0,39	<1,0	<2,0	< 5,0	<10,0	<15,0	<20,0
<100	3%	13%	29%	50%	71%	84%	90%
100...500	0%	3%	9%	19%	56%	75%	91%
500....7400	27%	55%	55%	82%	82%	100%	100%
По всем ОСК	5%	15%	26%	42%	67%	83%	91%
$Q_{\text{факт}}$ м <sup>3</sup> /сут	Доля станций ( $P_{\text{обесп}}$ ) при концентрации N-NO <sub>2</sub> , мг/л:						
	<0,024	<0,05	<0,1	< 0,2	<0,3	<0,5	<1,0
<100	24%	37%	58%	79%	84%	92%	95%
100...500	19%	25%	44%	67%	84%	91%	100%
500....7400	18%	36%	55%	64%	82%	100%	100%
По всем ОСК	21%	32%	53%	73%	84%	94%	98%
$Q_{\text{факт}}$ м <sup>3</sup> /сут	Доля станций ( $P_{\text{обесп}}$ ) при концентрации N-NO <sub>3</sub> , мг/л:						
	<1,0	<2,0	<5,0	< 9,1	<15,0	<20,0	<30,0
<100	26%	40%	58%	74%	87%	90%	95%
100...500	25%	41%	59%	81%	88%	94%	97%
500....7400	18%	27%	36%	82%	91%	100%	100%
По всем ОСК	25%	38%	56%	78%	88%	93%	96%
$Q_{\text{факт}}$ м <sup>3</sup> /сут	Доли станций ( $P_{\text{обесп}}$ ) при концентрации P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/л:						
	<0,2	<0,5	<1,0	< 2,0	<3,0	<5,0	<10,0
<100	0%	0%	5%	29%	58%	74%	92%
100...500	0%	6%	16%	31%	41%	84%	94%
500....7400	18%	27%	36%	55%	91%	100%	100%
По всем ОСК	3%	6%	14%	33%	56%	82%	94%

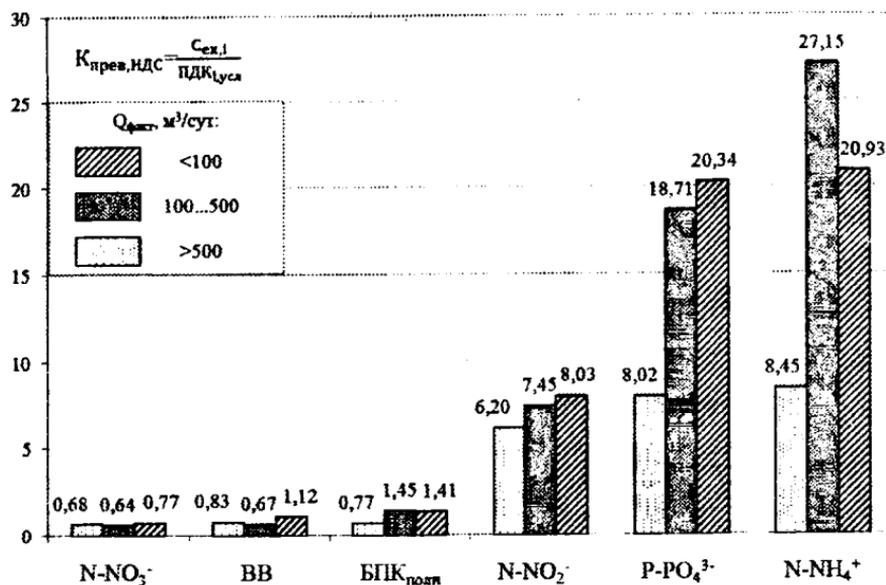


Рис. 2. Кратность превышения ПДК<sub>усл</sub>

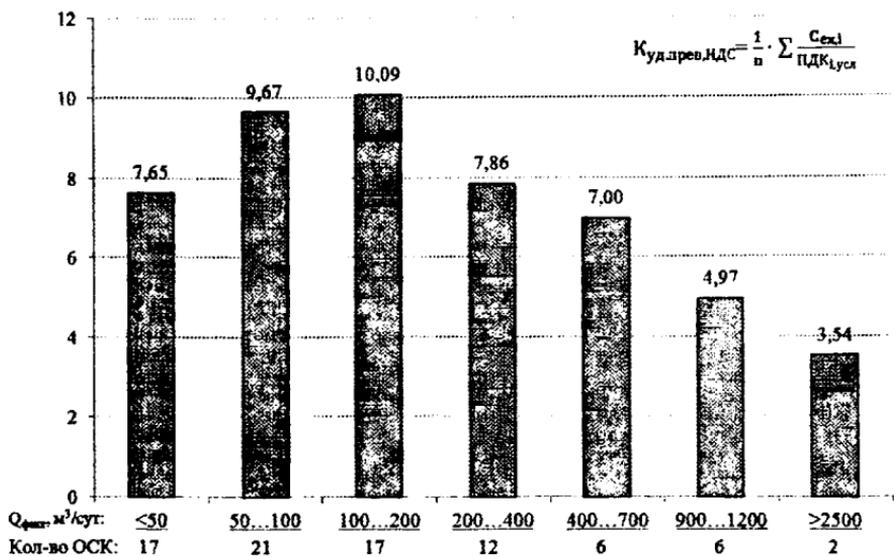


Рис. 3. Удельная кратность превышения ПДК<sub>усл</sub>

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Проведенный анализ работы объектов водоотведения позволил выявить наибольшую вероятность ( $P_{\text{прев}}$ ) и кратность ( $K_{\text{прев}}$ ) превышения ПДК<sub>усл</sub> по фосфору фосфатов ( $P_{\text{прев}}=97\%$ ,  $K_{\text{прев}}=18$ , соблюдается на 2 станциях), азоту аммонийному ( $P_{\text{прев}}=95\%$ ,  $K_{\text{прев}}=21,7$ , соблюдается на 5 станциях) и азоту нитритному ( $P_{\text{прев}}=79\%$ ,  $K_{\text{прев}}=7,6$ , соблюдается на 17 станциях). Это свидетельствует о наименьшей вероятности достижения установленных требований по данным показателям на станциях с традиционной биологической очисткой, учитывая их барьерные возможности. По 3 остальным показателям достижение нормативов возможно в большинстве случаев при надлежащем технологическом контроле работы ОСК.

2. Наибольшее удельное превышение ПДК<sub>усл</sub> наблюдается на станциях с  $Q_{\text{проект}}=600\dots 800 \text{ м}^3/\text{сут}$  и с  $Q_{\text{факт}}=50\dots 200 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Наименьшее превышение ПДК<sub>усл</sub> наблюдается на ОСК с  $Q_{\text{проект}}>1000 \text{ м}^3/\text{сут}$  и с  $Q_{\text{факт}}>500 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Среднее удельное превышение ПДК<sub>усл</sub> по всем станциям равно 8,4.

3. Диапазон изменчивости значений концентраций загрязняющих веществ для станций  $Q_{\text{факт}}<500 \text{ м}^3/\text{сут}$  значительно шире, чем для станций с  $Q_{\text{факт}}>500 \text{ м}^3/\text{сут}$ , что говорит об индивидуальных особенностях и различных режимах эксплуатации схожих по технологии объектов.

Экологическая оценка сооружений искусственной биологической очистки подтвердила практическую невыполнимость обеспечения современных природоохранных нормативов (установленных НДС) по фосфору фосфатов, азоту аммонийному и азоту нитритному на малых коммунальных ОСК.

Актуальным в современных условиях выглядит разработка модели дифференцированного нормирования объектов водоотведения, основанной на их ранжировании по уровню техногенного воздействия на водные экосистемы.

Такой подход является оптимальным при высокой пространственной рассредоточенности поселений и дефиците финансирования, что характерно для отрасли водопроводно-канализационного хозяйства в РФ.

#### Литература

1. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
2. Федеральный закон от 07.12.2011 N 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении».
3. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей. Приказ МПР РФ от 17 декабря 2007 г. № 333.

4. Кулаков А.А., Лебедева Е.А., Умаров М.Ф. Исследование барьерных возможностей традиционной биологической очистки сточных вод на основе технологического моделирования // Экология и промышленность России. – 2010. – № 11. – С. 33-36.

5. Кулаков А.А., Лебедева Е.А. Разработка инженерных решений по модернизации очистных сооружений канализации на основе технологического моделирования // Водоочистка. – 2011. – № 12. – С. 10–19.

6. Директива № 91/271/ЕЭС Совета Европейских сообществ «Об очистке городских сточных вод» от 21.05.1991 г.

7. Colmenarejo M.F., Rubio A., Sa'nchez E., Vicente J., Garc'ia M.G., Borja R. Evaluation of municipal wastewater treatment plants with different technologies at Las Rozas, Madrid (Spain) // Journal of Environmental Management. 2006. № 81. 399–404.

8. Tsagarakis K.P., Mara D.D., Angelakis A.N. Wastewater management in Greece: experience and lessons for developing countries // Water Science and Technology. 2001. Vol 44 №6. 166–172.

9. Tsagarakis K.P., Mara D.D., Nolan N.J., Angelakis A.N. Small municipal wastewater treatment plants in Greece // Water Science and Technology. 2000. Vol 41. №1. 41–48.