

**ПРИМЕНЕНИЕ УСТАНОВОК УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО  
ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ «ЛАЗУРЬ М-500»  
ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКИ ОЧИЩЕННЫХ СТОКОВ  
ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМНЕФТЕОРГСИНТЕЗ»**

**П. В. Щуклин, О. И. Ручкина**

*ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет», г. Пермь*

*Рецензент д-р техн. наук, профессор А. Г. Мелехин*

**Ключевые слова:** амальгамные лампы NNI; биообращение; обеззараживание; соляризация; установка «Лазурь М-500»; установка УОВ-50м-1000С.

**Аннотация:** Проанализирован опыт применения установок обеззараживания «Лазурь М-500» на предприятии нефтеперерабатывающей промышленности ООО «Лукойл-Пермнефтеоргсинтез». Рассмотрены технические параметры установки. Выявлены достоинства и недостатки установки. Приведено сравнение с установкой типа УОВ-50м-1000С для обеззараживания сточных вод.

В настоящее время многие промышленные предприятия, а также городские очистные сооружения в России для обеззараживания сточных вод используют метод хлорирования, после чего сбрасывают очищенную воду в водоем. Остаточный хлор в очищенной воде оказывает губительное влияние на водоем. Данная проблема очень актуальна и обуславливает практическую значимость поиска альтернативных использованию хлора методов обработки сточных вод.

В 2007 году компанией ООО «VitalCrystal» (ныне «IWS») была разработана система очистки сточных вод для ООО «Лукойл-Пермнефтеоргсинтез». До этого ООО «Лукойл-Пермнефтеоргсинтез» сбрасывали сточные воды в городской коллектор, после чего они проходили очистку

---

Щуклин Павел Вячеславович – аспирант кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение», e-mail: pavelshuklin@gmail.com; Ручкина Ольга Ивановна – доктор технических наук, профессор кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение», ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь.

на биологических очистных сооружениях города Перми, находящиеся в собственности ООО «НОВОГОР-Прикамье». Сбрасывать сточные воды в городской коллектор было экономически не выгодно, так как за сброс с ООО «Лукойл-Пермнефтеоргсинтез» взималась внушительная сумма.

Последним этапом очистки, перед сбросом сточных вод в реку Кама, является обеззараживание. В качестве альтернативы хлорированию выбран метод обеззараживания сточных вод при помощи ультрафиолета. Компанией ООО «VitalCrystal» было предложено две установки: обеззараживания сточных вод: УОВ-50м-1000С и «Лазурь М-500» производства компании ЗАО «Сварог», которые обеспечивают обеззараживание воды в соответствии с требованиями:

- методические указания МУ 2.1.5.732–99. Санитарно-эпидемиологический надзор за обеззараживанием сточных вод ультрафиолетовым излучением;

- методические указания МУ 2.1.5.800–99. Организация Госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод.

Параметры исходных сточных вод по микробиологическим показателям приведены в табл. 1.

Техническое решение по установке типа УОВ-50м-1000С разработано для двух типов стоков, образующихся на предприятии: 1) поток сточных вод, сбрасываемых в реку Кама; 2) поток стоков, возвращаемых на повторное использование.

1. Сточные воды, сбрасываемые в р. Кама. Расчетная производительность по стокам 1500 м<sup>3</sup>/ч. Предусматриваем четыре (рабочих) установки УОВ-50м-1000С.

В установке применяются амальгамные ультрафиолетовые (УФ) лампы высокой мощности 320 Вт. Число ламп – 37 шт., срок службы 12000 ч. В установках используются электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА), которые значительно повышают ресурс ламп и снижают общие энергозатраты установки. Давление в камере обеззараживания не более 0,3 МПа (3 атм), доза излучения 40 мДж/см<sup>2</sup>.

Таблица 1

#### Микробиологические показатели сточных вод

Показатель	Минимальное содержание	Максимальное содержание
Общие колиформные бактерии	300 КОЕ/100 мл	10300 КОЕ/100 мл
Термотолерантные колиформные бактерии	200 КОЕ/100 мл	9300 КОЕ/100 мл
Колифаги	26 БОЕ/100 мл	127 БОЕ/100 мл
Жизнеспособные яйца гельминтов	Возможно присутствие	
Онкосферы тениид		
Жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших		
Возбудители кишечных инфекций		

2. Сточные воды, возвращаемые на повторное использование. Расчетная производительность по стокам 1500 м<sup>3</sup>/ч. Предусматриваем пять установок (четыре рабочих, одна резервная) УОВ-50м-1000С. Резервная установка может использоваться в схеме и сбросных вод, и оборотного водоснабжения.

Принципиальная схема компактной установки обеззараживания воды УОВ-50м-1000С представлена на рис. 1.

Технические характеристики установок УОВ-50м-1000С:

Производительность, м <sup>3</sup> /ч .....	400
Потребляемая мощность, кВт .....	12
Диаметр патрубков, мм .....	200...250
Масса, кг .....	500 кг
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), м .....	2×1×1,8

Цена, включая НДС: УОВ-50м-1000С/1МПа – 2 275 000 р.; УОВ-50м-1000С/0,3МПа – 1 725 000 р.

Установки для каждого из вида стоков одинаковы по техническим характеристикам, кроме давления в камере обеззараживания для стоков, возвращаемых на повторное использование, которое равно 1 МПа (10 атм).

Общая стоимость блока обеззараживания с помощью установки типа УОВ-50м-1000С приведена в табл. 2.

Метод дезинфекции с использованием ультрафиолетового излучения доказал свою эффективность при дезактивации переносимых водой болезнетворных микроорганизмов и вирусов без ухудшения вкуса и запаха воды и без внесения в воду нежелательных побочных продуктов.

Однако в процессе эксплуатации ультрафиолетовых модулей обнаружены негативные явления, существенно снижающие эффективность обеззараживания:

- биообрастание – формирование колоний непатогенных светолюбивых микроорганизмов на поверхности кварцевых трубок, в которых находятся ультрафиолетовые лампы;
- соляризация – образование микрокристаллической и аморфной фаз нерегулярного состава на тех же поверхностях.

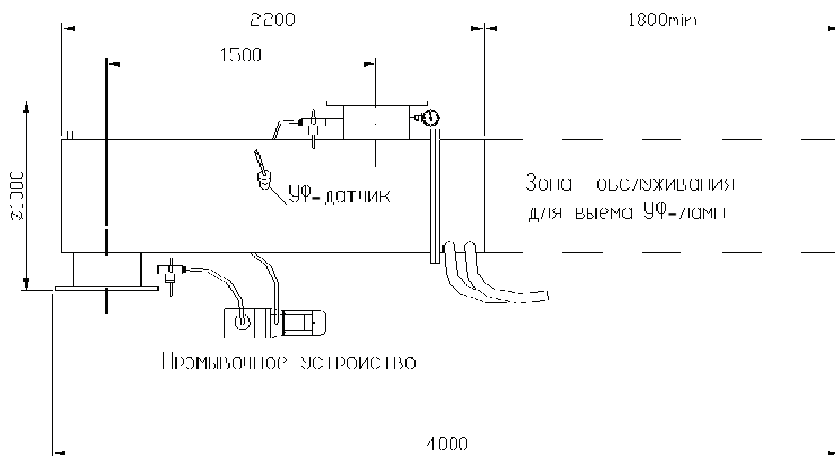


Рис. 1. Установка обеззараживания воды УОВ-50м-1000С

Таблица 2

**Стоимость блока обеззараживания  
с использованием установок УОВ-50м-1000С**

Наименование	Число установок	Цена, р.	Стоимость, р.
Установка УОВ-50м-1000С/0,3МПа	4	1 725 000	6 900 000
Установка УОВ-50м-1000С/1МПа	5	2 275 000	11 375 000

Возникла необходимость периодической очистки поверхности защитных трубок от экранирующего световой поток слоя. Механическая очистка, сопряженная с разборкой ультрафиолетового модуля, увеличила общие трудозатраты, химическая очистка потребовала дополнительной квалификации персонала и необходимых реактивов. К тому же выяснилось, что ультрафиолет не способен обеспечить полного обеззараживания – имеет место биообрастание, да и сам световой поток может быть экранирован непрозрачными частицами. Амальгамные лампы малоэффективны при уничтожении спорообразующих бактерий, вирусов, грибов, водорослей и плесени. Максимальные дозы облучения воды при приемлемых производительностях ультрафиолетовых установок существенно ниже уровней, необходимых для полного обеззараживания спорных форм. Эти дозы облучения для ряда спор и грибов составляют несколько сотен мДж/см<sup>2</sup>.

Рассмотрим техническое решение с использованием установки «Лазурь М-500» от компании ЗАО «Сварог».

Особенностью установки является применение в ней облучательного блока с бактерицидными лампами, являющимися источником ультрафиолетового излучения, и блока ультразвуковых кавитаторов, повышающих эффективность работы установки, в том числе в условиях ухудшенного качества воды (повышенная мутность, цветность, минерализация).

Основное же отличие от обычных УФ-установок других производителей в том, что «Лазурь М-500» не требует промывки, так как снабжены ультразвуковыми кавитаторами. Используемая технология гарантирует полное обеззараживание стоков на ближайшие 30 лет, с учетом постоянно повышающейся устойчивости микрофлоры к химическим и физическим воздействиям.

Станции обеззараживания на производительность более 3000 м<sup>3</sup>/ч строятся на базе модулей «Лазурь М-500» производительностью до 500 м<sup>3</sup>/ч каждый по принципу параллельного их объединения в станцию. Исходя из требуемого расхода стоков, станция может состоять из одной или нескольких секций с модулями «Лазурь М-500», включенными параллельно. В каждой секции один модуль резервный. Количество модулей в секции не должно превышать 10 шт.

Модуль «Лазурь М-500» представляет собой две секции на 250 м<sup>3</sup>/ч каждая, объединенные по электропитанию и управлению. На рисунке 2 показаны габаритные размеры одного модуля «Лазурь М-500».

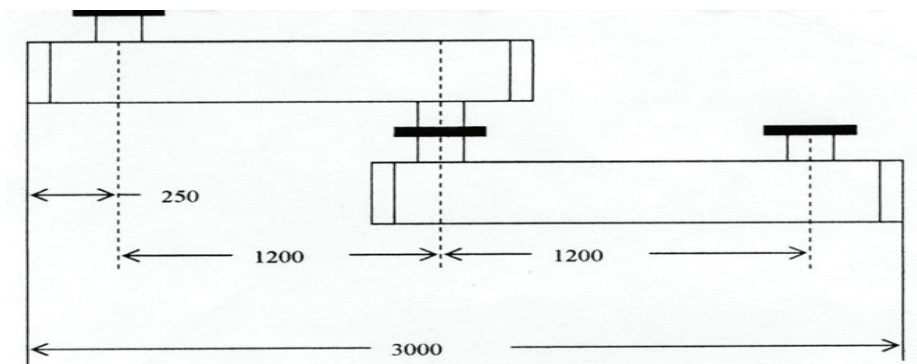


Рис. 2. Модуль установки «Лазурь М-500»

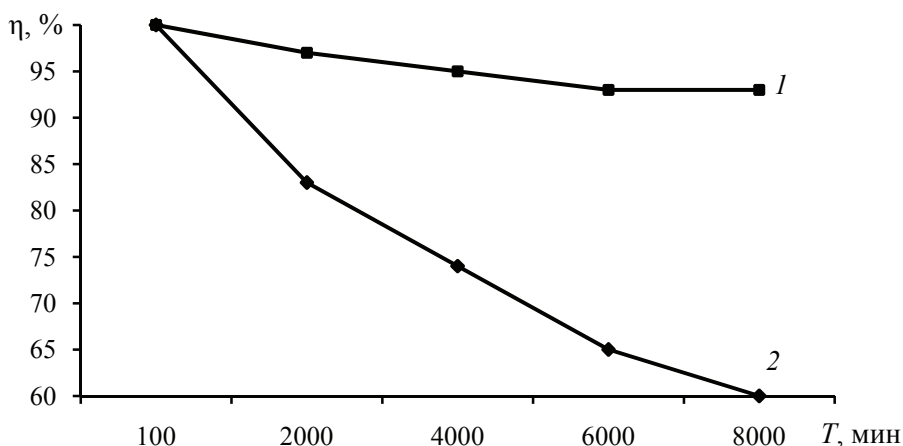


Рис. 3. График спада потока излучения для двух типов ламп:  
1 – стандартные амальгамные; 2 – NNI

В модуле используются ультрафиолетовые амальгамные лампы нового поколения NNI 300 мощностью 325 Вт (100 Вт в УФ-области). На рисунке 3 показан спад потока излучения  $\eta$  для двух типов ламп (стандартные амальгамные лампы и лампы нового поколения NNI), в зависимости от срока службы  $T$ .

Из графика следует, что эффективность ламп NNI выше, чем стандартных амальгамных, это обуславливает целесообразность их применения.

Для максимального эффекта обеззараживания необходимо следить, чтобы не было превышений по качественным показателям исходной воды.

Ниже приведены данные из паспорта установки «Лазурь М-500».

Качественные показатели исходной воды:

Общая минерализация, г/л .....	до 15
Мутность, мг/л .....	до 10
Цветность, град .....	до 50
Содержание железа, не более, мг/л .....	0,3
Температура обрабатываемой воды и окружающего воздуха, °С	+4 – +30
Содержание неспорообразующих бактерий, типа <i>E.coli</i> , м.кл/л	до $10^6$
Содержание спорообразующих бактерий <i>B.cereus</i> , м.кл/л .....	до $10^5$

Качественные показатели обработанной воды:

Цветность, град .....	до 30
Содержание неспорообразующих бактерий типа <i>E.coli</i> .....	0
Содержание спорообразующих бактерий <i>B.cereus</i> .....	0

Технические параметры установки «Лазурь М-500»:

Доза ультрафиолетового облучения, не менее, мДж/см <sup>2</sup> .....	40
Спад облучения к концу срока службы УФ-излучателей (16 000 ч), не более, % .....	15
Производительность, не более, м <sup>3</sup> /ч .....	500
Минимальное рабочее давление в подводящей к установке маги- страли, $P_{\min}$ , атм .....	0,5
Максимальное рабочее давление в подводящей к установке маги- страли $P_{\max}$ , атм .....	4
Потери напора, мм вод. ст. ....	0,25
Количество ламп в каждой установке, шт. ....	38
Количество ультразвуковых кавитаторов в каждой установке, шт. ....	24
Габариты блока обеззараживания, мм .....	3000×750×700
Общая масса установки, кг .....	200

Стоимость блока обеззараживания с использованием установок «Лазурь М-500» составляет 24 640 000 р. (7 установок по 3 520 000 р. каждая).

Бактерицидные установки серии «Лазурь» экологически безопасны и сертифицированы на споры, вирусы, простейшие и бактерии (до 10<sup>6</sup> ед./л). Результаты сертификационных испытаний приведены в официальных протоколах специализированных центров, имеющих государственную аккредитацию в области микробиологии. Отличительной особенностью бактерицидных установок серии «Лазурь» является их стойкость к биообрастанию и соляризации.

В процессе одновременного воздействия ультрафиолетового излучения, ультразвука и акустических колебаний на водную среду образуются мощные окислители, однородно распределенные по обрабатываемому объему, что позволяет повысить эффективность бактерицидной установки в 10<sup>3</sup> раз и полностью уничтожить (полное фотохимическое окисление) любые формы (в том числе споровые) микроорганизмов, вирусы и простейшие в концентрациях до 10<sup>6</sup> ед./л. Традиционная ультрафиолетовая технология (время воздействия в объеме корпуса бактерицидной установки не более 1,5 с), а на больших производительностях и озонирование, не способны подавить данные виды микрофлоры. Бактерицидный эффект в традиционных технологиях ультрафиолета и озонирования достигается при очень низких концентрациях (единицы в 1 литре) споровых и простейших при длительном воздействии, и практически не уничтожает плесени [2].

Заметим, что энергетические затраты установки «Лазурь М-500» для обеззараживания стоков не превышают 0,02 кВт·ч/м<sup>3</sup>. В данном случае расход составляет 3000 м<sup>3</sup>/ч, умножив на 0,02, получим 60 кВт·ч.

При цене 4,5 р. за кВт получается 270 р./ч. Из результата очевидно, что затраты на электроэнергию минимальны.

После сравнения технических предложений, для установки на предприятии выбрана установка «Лазурь М-500» производства компании ЗАО «Сварог».

Решающими факторами при выборе решения стали:

– бактерицидные установки серии «Лазурь» абсолютно не подвержены биообрастанию и соляризации;

– установка позволяет проводить практически полное обеззараживание (до 99,9999 %) и уничтожать бактерии и вирусы в количестве, недоступном для традиционных технологий, использующих более длинные волны ультрафиолетового спектра и окисление озоном;

– энергозатраты традиционных длинноволновых установок в 2–3 раза выше, чем в выбранной установке.

Установка «Лазурь М-500» успешно запущена в работу на предприятии, однако, при ревизии установок (после одного месяца эксплуатации) выявлено, что защитные кварцевые кожухи приобретают «налет», препятствующий прохождению УФ-излучения. Работа кавитаторов по удалению налета оказалась неэффективной. Принято решение по обработке камеры фотохимического реактора раствором щавелевой кислоты с включенными кавитаторами. Результат оказался положительным.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что для эффективной работы установок необходима их периодическая реагентная обработка.

Кафедрой «Теплогазоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение» Строительного факультета ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по поручению компании «IWS» были проведены исследования, направленные на разработку способа предотвращения от налета защитных кварцевых кожухов установки «Лазурь М-500» в процессе эксплуатации. В результате экспериментальных исследований установлена эффективность защиты кварцевых кожухов путем обработки камеры фотохимического реактора раствором щавелевой кислоты с включенными кавитаторами.

Результаты исследований положены в основу технологического регламента работы установки «Лазурь М-500» и обеспечивают ее эффективную эксплуатацию.

#### *Список литературы*

1. Совместное антимикробное действие озона с УФ-излучением, генерированным различными источниками / В. В. Гончарук [и др.] // Химия и технология воды. – 2004. – Т. 26, № 2. – С. 202 – 212.

2. Обеззараживание питьевой воды, сточных вод. Водоподготовка, водоочистка [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.svarog-uv.ru/> (дата обращения: 07.04.2015).

3. Veronese, M. Antibacterial Property of a New Disinfectant Sterlane / M. Veronese, D. Barzaghi // Boll. Chem. Farm. – 1977. – No. 116 (9). – P. 539 – 546.

## References

1. Goncharuk V.V., Potapchenko N.G., Savluk O.S., Kosinova V.N., Sova A.N. *Khimiya i Tekhnologiya Vody*, 2004, vol. 26, no. 2, pp. 202-212.
2. <http://www.svarog-uv.ru/> (accessed 7 April 2015).
3. Veronese M., Barzaghi D. *Boll. Chem. Farm.*, 1977, no. 116(9), pp. 539-546.

---

### **Units for Ultraviolet Disinfection Lazur M-500 for Biological Treated Wastewater “LUKOIL-Permnefteorgsyntez”**

**P. V. Shchuklin, O. I. Ruchkinova**

*Perm National Research Polytechnic University, Perm*

**Key words:** biofouling; amalgam lamps NNI; disinfection; the installation Lazur M-500; installation UOV-50m-1000C; solarization.

**Abstract:** This paper analyzed the experience of the application of decontamination units Lazur M-500 in the company refining industry “Lukoil-Permnefteorgsyntez”. We reviewed the technical parameters of the installation and identified advantages and disadvantages of the installation. The comparison of the installation of wastewater disinfection type UOV-50m-1000C was made.

---

© П. В. Щуклин, О. И. Ручкина, 2015