

DOI: 10.26730/1999-4125-2017-6-149-153

УДК 504.06:622+504.06:622.271

## ПРИМЕНЕНИЕ МЯГКИХ ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

### GEOTUBES USED FOR THE WASTEWATER TREATMENT FROM THE POINT OF VIEW OF GEOECOLOGICAL SAFETY

Дубинин Сергей Владимирович<sup>1,2</sup>,  
нач. отдела, аспирант, e-mail: sergeydubinin@yandex.ru  
Dubinin Sergey V., the head department  
Михайлова Татьяна Викторовна<sup>2</sup>,  
кандидат технических наук, e-mail: mtv238@mail.ru  
Mikhailovna Tatyana V.<sup>2</sup>, Cand.. Sc.

<sup>1</sup> ОАО "Кузбассгипрошахт", 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Островского, 34

<sup>1</sup> Open Joint Stock Company "KuzbassGhiproShakht", 34, Ostrovskogo street, Kemerovo, 650000, Russian Federation

<sup>2</sup> Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

<sup>2</sup>T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

**Аннотация:** *Сточные воды, образующиеся в процессе промышленного производства или добычи полезных ископаемых, при условии их сброса без достаточной очистки, приводят к ухудшению состояния окружающей природной среды. Применяемые технологии очистки не идеальны с точки зрения эффективности и капиталоемкости, кроме того подвержены сильному влиянию геологических факторов. Предложена концепция очистных сооружений сточных вод с применением мягких оболочечных конструкций (геотуб), являющихся мобильными и устойчивыми к воздействию геологических факторов. Эффективность очистки достигается за счет гравитационного осаждения взвешенных частиц на первом этапе и сорбции загрязняющих веществ на втором. Применение предлагаемой технологии позволит повысить геоэкологическую безопасность и снизить капиталоемкость природоохранных мероприятий.*

**Annotation:** *Generating wastewaters in the industrial process or mining and discharging them without sufficient treatment can cause the deterioration of the natural environment. Applied wastewater treatment technologies are not perfect in terms of their efficiency and an investment capital. In addition, geological factors have a strong influence on them. The concept of a sewage treatment plant using a soft shell construction (geotubes) was proposed which is mobile and resistant to geological factors. The cleaning efficiency is achieved by gravity sedimentation of suspended particles in the first stage and the sorption of pollutants in the second stage. The offered technology will allow to increase the geoecological safety and will reduce the capital intensity of environmental activities.*

**Ключевые слова:** *сточные воды, мягкие оболочечные конструкции, геотуба, мобильные очистные сооружения, геоэкологическая безопасность.*

**Keywords:** *wastewater, soft shell construction, geotub, mobile sewage treatment plant, geoecological safety*

При работе любого, за редким исключением, промышленного предприятия образуются загрязненные сточные воды, сброс которых без очистки не допустим, и может привести к геоэкологическому ущербу. В этой связи остро стоит вопрос снижения негативного воздействия на окружающую природную среду, который возможно решить за счет применения современных технологических

решений по очистке, учитывающих геоэкологические и экономические факторы.

Очистные сооружения, как правило, являются объектами капитального строительства и затраты на их сооружение и последующее содержание выражаются в десятках миллионов рублей.

В горнодобывающей промышленности для очистки шахтных и карьерных вод используются различные виды очистных сооружений: контакт-

ные осветлители, флотационные установки, напорные фильтры (осветлительные, ионитные, сорбционные), большое распространение имеют горизонтальные отстойники и фильтрующие дамбы.

В последнее время широкое распространение начинают приобретать модульные конструкции, являющиеся мобильными сооружениями, перемещение которых при необходимости возможно от объекта к объекту.

Эффективность очистки на очистных сооружениях зависит от множества факторов, и не сводится к выбору типа. Обусловлено это различными содержаниями загрязняющих веществ в воде, использованных реагентов, культуры применения технологии очистки.

В связи с высокой стоимостью объектов капитального строительства, сложностью увеличения производительности и их стационарностью, в последнее время высокую популярность набирают объекты в модульном исполнении заводской сборки. Подобные сооружения собираются в стандартные транспортные контейнеры на заводе изготовителе и отправляются к месту монтажа в готовом виде.

Предлагаемая конструкция предполагает использование мягких оболочечных конструкций (МОК, геотуба), выполненных из геомембраны. Существует несколько технологий пошива геотуб [1-5], также возможно применение спайки и клепочного соединения полотен. Данные конструкции являются мобильными, с возможностью быстрого запуска.

Принцип работы очистных сооружений на ос-

нове МОК заключается в последовательной очистке от крупной фракции взвешенных веществ за счет гравитационного осаждения на первом этапе и фильтрования через сорбционную загрузку на втором (рис. 1).

Технология очистки первого этапа подробно рассмотрена в работах В.В. Миронова [6] и других авторов [7-11]. В оболочку, выполненную из водонепроницаемой геомембраны, подаются сточные воды, которые имеют высокое содержание взвешенных веществ, что характерно для шахтовых и карьерных вод угледобывающих предприятий. За счет гравитационных сил происходит осаждение взвешенных частиц по пути осветления или фильтрация воды через стенки геотубы. Осветленная вода выходит из оболочечной конструкции, в то время как внутри оболочки идет накопление осадка (первый этап очистки). Эффективность применения геотуб для накопления взвешенных веществ в сравнении с классическими способами механического обезвоживания рассмотрена в статье [12]. Осадок в дальнейшем может быть удален из мягкой оболочечной конструкции механическим способом, путем разрезания геомембраны и вывоза осадка. Могут быть применены геотубы многоразового использования [5]. Учитывая высокое содержание угольной пыли в осадке, сформировавшийся шлам возможно использовать в качестве присадки к углю, используемому в теплоэнергетике, или обогатить [13-14]. Положительный опыт применения геотуб для обезвоживания угольного шлама в Кузбассе описан в статье Орловой О.Е. [15].

На втором этапе очистки предлагается допол-

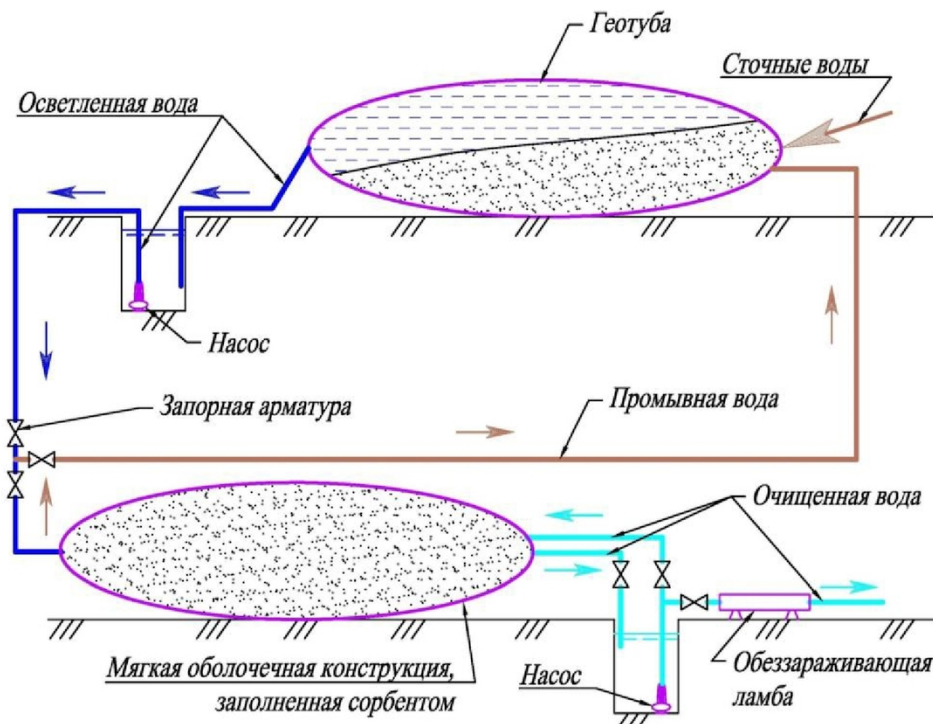


Рис. 1. Схема очистных сооружений с использованием геотуб  
 Fig. 1. Scheme of wastewater treatment with geotubes used

Таблица – Степень влияния геологических факторов на очистные сооружения\*  
 Table – Influence of geological factors on wastewater treatment plants

Геологический фактор	Тип очистных сооружений				
	Горизонтальные отстойники	Фильтрующие массивы (дамбы)	Модульные физико-химические	Здания со стационарным оборудованием	Мягкие оболочечные конструкции
Тип горных пород, грунтов и почв, их структура, текстура, физико-механические и геохимические свойства	3	3	2	3	1
Тектоническая нарушенность и неоднородность породного массива	3	3	1	3	0
Параметры гидрогеологических свойств и процессов	3	3	1	3	0
Эндогенные и экзогенные процессы, тепловое поле	0	0	0	0	0
Особенности геологических структур	3	3	1	3	0
Рельеф земной поверхности	3	3	2	2	2
Геодинамическая активность, сейсмичность	1	1	1	3	0
Геофизические поля	0	0	0	0	0
Итого	16	16	8	17	3

\* Степень влияния геологических факторов на безопасное состояние очистных сооружений: сильная – 3, средняя – 2, слабая – 1, отсутствует – 0

нительная мягкая оболочечная конструкция, работа которой будет принципиально отличаться от описанных ранее. Емкость геотубы предварительно заполняется сорбирующими веществами, за счет фильтрации через которые достигается окончательная очистка сточных вод от других загрязняющих веществ (тяжелых металлов, нефтепродуктов).

Состав сорбентов и необходимость применения регенерирующих промывок определяется в ходе пилотных испытаний или пуско-наладочных работ индивидуально для каждого объекта в зависимости от содержания химических ингредиентов в сточной воде.

Для предприятий угольной промышленности наиболее распространено применение таких сорбентов как цеолиты, АС, ГЛИНТ, кварцевый песок, возможно также применение углистого агиллита.

При повышении сопротивления системы с сорбционной загрузкой, предусматривается ее промывка обратным током со сбросом промывной воды в голову очистных сооружений.

Для обеззараживания воды после сорбционной очистки предусматриваются УФ-лампы.

Таким образом, применение для очистки сточных вод геотуб позволяет снизить негативную антропогенную нагрузку на окружающую среду и повысить геоэкологическую безопасность. При этом сами очистные сооружения, не зависимо от типа, подвергаются воздействию геологических факторов (таблица).

С точки зрения воздействия геоэкологических факторов можно выделить ряд преимуществ предлагаемой технологии очистки.

За счет распределения нагрузки и мягкости оболочки при ее остаточной прочности, требования к площадке размещения конструкций не высокие. Достаточно выполнить вертикальную планировку поверхности.

Отсутствие жестких связей основного несущего каркаса позволяет смягчить сейсмические нагрузки.

Водонепроницаемость геомембраны исключает негативное влияние сточных вод на природную среду, одновременно снижается влияние гидрогеологических факторов на безопасность сооружений и эффективность очистки сточных вод. Можно также говорить о незначимом влиянии на конструкцию сооружений геофизического и теплового поля, эндогенных и экзогенных процессов. Из рассмотренных в таблице геоэкологических факторов при применении геотуб серьезное внимание следует уделять рельефу земной поверхности. Неровности площадки, на которой смонтирована мягкая оболочечная конструкция для очистки сточных вод, могут привести к ее сползанию по наклонной поверхности, перегибу труб и выходу из рабочего режима сооружения.

Кроме того высотные отметки рельефа влияют на потери напора при прохождении воды через сорбционную загрузку, а также на подбор насосного оборудования.

Применение мягких оболочечных конструкций из геомембран позволит в короткие сроки организовать очистку шахтовых и карьерных вод,

в том числе на период проходки, то есть до выхода шахты на проектную мощность, что существенно экономит капитальные средства. Кроме того, данная конструкция может быть применена при очистке ливневых и талых вод с промплощадок горных предприятий.

Геотубы могут быть использованы в качестве резервных очистных сооружений при недостаточной производительности имеющихся, обусловленной большим объемом промышленных стоков в сравнении с проектным, либо выпадения осадков сверхрасчетной обеспеченности.

За счет конструктивных особенностей мягкие оболочечные конструкции из геомембраны устойчивы к воздействию геологических факторов и являются эффективным техническим решением по снижению негативного воздействия накопителя на окружающую среду.

Применение очистных сооружений сточных вод из мягких оболочечных конструкций поможет решить вопросы геоэкологической безопасности за счет улучшения эффективности очистки сточных вод, а также снизить экономическую составляющую в себестоимости готовой продукции

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент US 5232429A. Method and apparatus for making a continuous tube of flexible sheet material. J. Cizek, N. J. J. van Rensburg (ЮАР) – 03.08.1993.
2. Патент US 0129866A1. Geotextile tube. J. L. Smallwood, W. A. Smallwood (US) – 21.05.2009.
3. Патент US 006056438A. Geotextile container and method of producing same. A. S. Bradley (US) – 02.05.2000.
4. Патент US 7357598B1. Apparatus and method for deploying geotextile tubes. A. S. Bradley (US) – 15.04.2008.
5. ПМ 131640, РФ, МКИ В01D 29/11 (2006.01). Геотуба; Ф. И. Лобанов [и др.]. – Оpubл. в Б.И., 2013. – № 24.
6. Использование мягких геосинтетических оболочечных конструкций в строительстве / В.В. Миронов, Д.В. Миронов, В.М. Чикишев, А.Ф. Шаповал. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. – 64 с.
7. Аджиенко, В. Крупноразмерные замкнутые фильтрующие оболочки. Геотубы в строительстве, производстве и на защите окружающей среды / В. Аджиенко, И. Ладнер, Я. Тераудс. – Санкт-Петербург, 2012. – 344 с.
8. TenCate Geotube® Dewatering Container [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.tencate.com/apac/geosynthetics/product/dewatering-technology/dewatering-container.aspx>. [12.09.2017].
9. Б.А. Борзаковский, Перспективы использования геотубов для размещения глинисто-солевых шламов на калийных предприятиях. М.И. Русаков, А.В. Шилов – Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://eng.giab-online.ru/files/Data/2016/1/207\\_216\\_1\\_2016.pdf](http://eng.giab-online.ru/files/Data/2016/1/207_216_1_2016.pdf). [12.09.2017].
10. Model Tests on Dredged Soil-Filled Geocontainers Used as Containment Dikes for the Saemangeum Reclamation Project in South Korea / Hyeong-Joo Kim, Ph.D., A.M.ASCE; Myoung-Soo Won, Ph.D.; Kwang-Hyung Lee; Jay C. Jamin. – DOI: 10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0000532, 2015.
11. Dewatering sewage sludge with geotextile tubes / Fowler, J; Bagby, R.M.; Trainer, E. Geotechnical Fabrics Report. – 1997. – № 15 – С. 26-30.
12. Блохин С.А. Очистка водоемов с использованием технологии Geotube // Синергия наук. 2017. № 11. – С. 849 – 857. – URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article0485>.
13. Байченко А.А. Утилизация угольных шламов Кузбасса из наружных отстойников / А. А. Байченко, Г. Л. Евменова // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – Кемерово, 2005. – № 4.1. – С. 57–60.
14. Неведров А. В. Переработка угольных шламов в сырье для когенерационных устройств / А. В. Неведров, А. В. Папин // Ползуновский вестник. – Барнаул, 2013. – № 1. – С. 142–144.
15. Орлова О. В. Расчистка шламонакопителей и очистка шахтных вод на предприятиях угледобывающей промышленности / О. В. Орлова, А.А. Ярыгина // Экология производства. – Москва, 2010. – № 8. – С. 73–75.

## REFERENCES

1. Patent US 5232429A. Method and apparatus for making a continuous tube of flexible sheet material. J. Cizek, N. J. J. van Rensburg (ЮАР) – 03.08.1993.
2. Patent US 0129866A1. Geotextile tube. J. L. Smallwood, W. A. Smallwood (US) – 21.05.2009.
3. Patent US 006056438A. Geotextile container and method of producing same. A. S. Bradley (US) – 02.05.2000.

4. Patent US 7357598B1. Apparatus and method for deploying geotextile tubes. A. S. Bradley (US) – 15.04.2008.
5. Patent RU 131 640 U1, B01D 29/11 (2006.01). Geotuba; F. I. Lobanov [i dr.]. – Opubl. v B.I., 2013. – № 24. (rus)
6. Ispol'zovanie myagkih geosinteticheskikh obolochecnykh konstrukcij v stroitel'stve / V.V. Mironov, D.V. Mironov, V.M. CHikishev, A.F. SHapoval. – M. : Izdatel'stvo Associacii stroitel'nyh vuzov, 2005. – 64 p. (rus)
7. Adzhienko, V. Krupnorazmernye zamknutyje fil'truyushchie obolochki. Geotuby v stroitel'stve, proizvodstve i na zashchite okruzhayushchej sredy / V. Adzhienko, I. Ladner, YA. Terauds. – Sankt-Peterburg, 2012. – 344 p. (rus)
8. TenCate Geotube® Dewatering Container [EHlektronnyj resurs] – Available from: <http://www.tencate.com/apac/geosynthetics/product/dewatering-technology/dewatering-container.aspx>. [12.09.2017]. (rus)
9. B.A. Borzakovskij, Perspektivy ispol'zovaniya geotubov dlya razmeshcheniya gli-nisto-solevykh shlamov na kalijnyh predpriyatiyah. M.I. Rusakov, A.V. SHilov – Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tekhnicheskij zhurnal) [EHlektronnyj resurs] – Available from: [http://eng.giab-online.ru/files/Data/2016/1/207\\_216\\_1\\_2016.pdf](http://eng.giab-online.ru/files/Data/2016/1/207_216_1_2016.pdf). [12.09.2017]. (rus)
10. Model Tests on Dredged Soil-Filled Geocontainers Used as Containment Dikes for the Saemangeum Reclamation Project in South Korea / Hyeong-Joo Kim, Ph.D., A.M.ASCE; Myoung-Soo Won, Ph.D.; Kwang-Hyung Lee; Jay C. Jamin. – DOI: 10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0000532, 2015.
11. Dewatering sewage sludge with geotextile tubes / Fowler, J; Bagby, R.M.; Trainer, E. Geotechnical Fabrics Report. – 1997. – № 15 – С. 26-30.
12. Blohin S.A. Ochistka vodoemov s ispol'zovaniem tekhnologii Geotube // Sinergiya nauk. 2017. № 11. – p. 849 – 857. – URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article0485>. (rus)
13. Bajchenko A.A. Utilizaciya ugol'nyh shlamov Kuzbassa iz naruzhnyh ot-stojnikov / A. A. Bajchenko, G. L. Evmenova // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – Kemerovo, 2005. –№ 4.1. – p. 57–60. (rus)
14. Nevedrov A. V. Pererabotka ugol'nyh shlamov v syr'e dlya kogeneracionnyh ustrojstv / A. V. Nevedrov, A. V. Papin // Polzunovskij vestnik. – Barnaul, 2013. –№ 1. – p. 142–144. (rus)
15. Orlova O. V. Raschistka shlamonakopitelej i ochistka shahtnyh vod na predpriyatiyah ugledobyvayushchej promyshlennosti / O. V. Orlova, A.A. YArgina // EHko-logiya proizvodstva. – Moskva, 2010. –№ 8. – p. 73–75. (rus)

Поступило в редакцию 20.10.2017  
Received 20.10.2017