

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2796677

СПОСОБ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Пашкевич Мария Анатольевна (RU), Коротаяева Анна Эдуардовна (RU), Матвеева Вера Анатольевна (RU), Петров Денис Сергеевич (RU)*

Заявка № 2022125405

Приоритет изобретения **28 сентября 2022 г.**

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **29 мая 2023 г.**

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **28 сентября 2042 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
C02F 3/32 (2023.02); C02F 3/06 (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2022125405, 28.09.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.09.2022

Дата регистрации:
29.05.2023

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 28.09.2022

(45) Опубликовано: 29.05.2023 Бюл. № 16

Адрес для переписки:
190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный
университет", Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):
Пашкевич Мария Анатольевна (RU),
Коротаева Анна Эдуардовна (RU),
Матвеева Вера Анатольевна (RU),
Петров Денис Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2758690 C1, 01.11.2021. RU
2552558 C1, 10.06.2015. ПАШКЕВИЧ М.А.,
КОРОТАЕВА А.Э. "Анализ биологических
методов для очистки карьерных сточных вод
от азотных соединений"; Геология и геофизика
Юга России, 2021, N 11(4), с.170-182. KZ 18902
A, 15.11.2007.

(54) СПОСОБ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

(57) Реферат:

Изобретение относится к биотехнологии. Предложен способ биологической очистки карьерных сточных вод, включающий подачу сточной воды в пространственно разделенный каскадный фильтр, составленный из секций, через которые последовательно осуществляется поступление очищаемой воды, в первой секции осуществляют механическую очистку от примесей и взвешенных веществ за счет фильтрационной перегородки- мелкоячеистой мембраны с размером пор не менее 10 мкм, во второй секции располагают рогоз широколистный *Typha latifolia* L., частуху обыкновенную *Alisma plantago-aquatica*

L. и ситник членистый *Juncus articulatus* L.; в третьей секции -микроводоросли *Chlorella*, в четвертой секции осуществляют отстаивание и дальнейший сброс в водный объект; в качестве второй и третьей фильтрационных перегородок используют мелкоячеистые мембраны с размером пор не менее 8 мкм; период пребывания карьерной сточной воды в очистном сооружении 3-5 дней. Изобретение обеспечивает расширение арсенала способов биологической очистки карьерных вод с использованием аддитивного эффекта высшей и низшей водной растительности. 4 табл., 3 пр.

RU 2 796 677 C1

RU 2 796 677 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
C02F 3/32 (2023.02); C02F 3/06 (2023.02)

(21)(22) Application: **2022125405, 28.09.2022**

(24) Effective date for property rights:
28.09.2022

Registration date:
29.05.2023

Priority:

(22) Date of filing: **28.09.2022**

(45) Date of publication: **29.05.2023** Bull. № 16

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU
VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet",
Patentno-litsenziionnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Pashkevich Mariia Anatolevna (RU),
Korotaeva Anna Eduardovna (RU),
Matveeva Vera Anatolevna (RU),
Petrov Denis Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet» (RU)**

(54) **METHOD FOR WASTEWATER BIOLOGICAL TREATMENT**

(57) Abstract:

FIELD: biotechnology.

SUBSTANCE: method for the biological treatment of quarry wastewater is proposed, including the supply of wastewater to a spatially separated cascade filter, composed of sections through which the water to be purified is sequentially supplied, in the first section, mechanical purification from impurities and suspended solids is carried out due to a filtration partition - a fine-mesh membrane with a size pores not less than 10 μm, in the second section there are broad-leaved cattail *Typha latifolia* L., common water plantain *Alisma*

plantago-aquatica L. and jointed rush *Juncus articulatus* L.; in the third section - *Chlorella* microalgae; in the fourth section, settling and further discharge into a water body are carried out; fine-mesh membranes with a pore size of at least 8 μm are used as the second and third filtration partitions; the period of stay of career wastewater in the treatment plant is 3-5 days.

EFFECT: extension of the range of methods for biological treatment of quarry wastewater using additive effect of higher and lower aquatic vegetation.

1 cl, 4 tbl, 3 ex

RU 2 796 677 C1

RU 2 796 677 C1

Изобретение относится к области защиты окружающей среды и может быть использовано для биологической очистки сточных вод.

Известен способ гидрботанической очистки загрязненных водных сред в климатических условиях средних широт (патент РФ 2288894, опубл. 10.12.2006), включающий применение Эйхорнии в качестве плавающей в питательном растворе загрузки гидрботанической зоны, и используют в качестве питательного раствора сточные, хозяйственные или промышленные воды, при этом вегетация Эйхорнии осуществляется при температуре окружающего воздуха и воды не менее 19°C с естественным и/или искусственным освещением.

Недостатком данного способа является ограничение области применения температурными условиями средних широт и вторичное загрязнение при взмучивании иловых отложений.

Известен способ биологической доочистки сточных вод (патент РФ 2186738, опубл. 10.08.2002), включающий контакт сточных вод с высшей водной растительностью в проточных условиях, при этом сточные воды подают на ограниченное дренирующим валом биоплато равномерным слоем через водораспределительный канал, проложенного вдоль коренного берега поймы по длине биоплато, в качестве которого используют пойменное болото или заболоченный пойменный луг.

Недостатком данного способа является изъятие большой площади для биоплато и ограниченность применения только наличием заболоченной местности.

Известен способ биологической доочистки сточных вод и система для его осуществления (патент РФ 2504519, опубл. 20.01.2014), заключающийся в том, что биологическая доочистка сточных вод осуществляется в очистных модулях в виде крытых прудов длиной в 4-5 раз больше ширины, имеющих утеплитель с внутренней стороны укрытия, в каждом из которых укладывают плодородный грунт для высадки полос тростника, между которыми в свободноплавающем состоянии находится Ряска малая.

Недостатком данного способа является вторичное загрязнение очищенных вод по показателю БПК₅.

Известен способ доочистки сточных вод (патент РФ 2530173, опубл. 10.10.2014), включающий использование посадок камыша озерного *Scirpus lacustris L.*, рогоза узколистного *Typha angustifolia L.* и элодеи канадской *Elodea canadensis Michx.*, высаженных на участке оборудованной местности, отличающийся тем, что в процессе доочистки поток сточных вод дополнительно проходит через по меньшей мере три структурированные зоны «открытый плес-заросли растений», в каждой из которых посадки камыша озерного первого ряда и рогоза узколистного второго ряда двурядной нелинейной дуги, выгнутой по течению потока в нижней части плеса, в сочетании с посадками элодеи канадской с боковых сторон потока формируют центральную замкнутую зону со свободным от посадок пространством.

Недостатком данного способа является необходимость периодического изъятия части разросшейся растительности с целью восстановления структурированных зон и центральной свободной зоны очистного сооружения.

Известен способ комплексной очистки сложных многокомпонентных сточных вод (патент РФ № 2758690, опубл. 01.11.2021), принятый за прототип, включающий подачу сточной воды в пространственно разделенный каскадный фильтр, составленный из не менее трех биомодулей, представляющих собой неглубокие бассейны, в первом из которых размещены загрузки с иммобилизованным бактериальным биоценозом, во втором - загрузки с иммобилизованными ассоциациями микроводорослей, в третьем -

неприкрепленная высшая водная растительность, в качестве которой используют роголистник и элодею канадскую.

Недостатком данного способа является малая производительность и вторичное загрязнение очищенной воды в результате привноса микроорганизмов-деструкторов и микроводорослей из системы очистки.

Техническим результатом является увеличение эффективности очистки сточных вод.

Технический результат достигается тем, что предварительно в первой секции осуществляют механическую очистку от примесей и крупных взвешенных веществ, за счет малой скорости течения и под действием силы тяжести, а также используют фильтрационную перегородку, в качестве которой используют мелкоячеистую мембрану с размером пор меньше размера предполагаемых к очистке механических примесей и взвешенных частиц, далее происходит перелив воды во вторую секцию, где располагаются посадки, в качестве которых используют рогоз широколистный *Typha latifolia* L., частуху обыкновенную *Alisma plantago-aquatica* L. и ситник членистый *Juncus articulatus* L., при протекания сточной воды через них, происходит осаждение мелкодисперсных взвешенных веществ, затем сточные воды поступают через вторую фильтрующую перегородку, которая выполнена из мелкоячеистой мембраны с размером пор меньше размера клеток микроводоросли, в третью секцию, а затем сточной воды поступают через третью фильтрующую перегородку, которая выполнена из мелкоячеистой мембраны с размером пор меньше размера клеток микроводоросли, в четвертую секцию, где происходит отстаивание и дальнейший сброс в водный объект.

Способ осуществляется следующим образом. Функционирующее очистное сооружение - пруд-отстойник или пруд-накопитель разделяется тремя фильтрующими перегородками на четыре секции, причем размер пор первой перегородки определяется размером предполагаемых к очистке механических примесей и взвешенных частиц, но не менее 10 мкм. Размер пор второй перегородки определяется размером клеток вносимой микроводоросли для исключения их попадания во вторую секцию, но не менее 8 мкм. Размер пор третьей перегородки определяется размером клеток вносимой микроводоросли для исключения их выноса с очищенной водой в четвертую секцию, но не менее 8 мкм.

Сточные воды, поступающие на очистку, попадают в первую секцию очистного сооружения. При малой скорости потока сточной воды происходит снижение его транспортирующей способности механических примесей и взвешенных веществ в горизонтальном направлении. Осаждение механических примесей и крупных взвешенных веществ осуществляется под действием силы тяжести в пределах длины первой секции очистного сооружения. Далее сточные воды проходят фильтрующую перегородку между первой и второй секциями, где происходит дополнительное осаждение механических примесей и взвешенных частиц. Фильтрующая перегородка между первой и второй секциями представляющей собой мелкоячеистую мембрану с размером пор меньше размера предполагаемых к очистке механических примесей и взвешенных частиц, для захвата частиц за счет инерционного столкновения, адгезии и адсорбции.

Далее сточные воды, поступают на биологическую очистку во вторую секцию очистного сооружения. В процессе поступления потока сточной воды во вторую секцию происходит распределение сточной воды по объему второй секции, где располагаются посадки рогоза широколистного *Typha latifolia* L., частухи обыкновенной *Alisma plantago-aquatica* L. и ситника членистого *Juncus articulatus* L. Данные виды отличаются широким ареалом распространения, неприхотливостью к климатическим условиям. В процессе протекания сточной воды через высаженную растительность, происходит осаждение

мелкодисперсных взвешенных веществ, не уловленных в первой секции очистного сооружения.

Из второй секции очистного сооружения, сточные воды, проходя через фильтрующую перегородку между второй и третьей секциями, где происходит предотвращение попадания клеток штамма микроводоросли *Chlorella* во вторую секцию, поступают в третью секцию очистного сооружения. Фильтрующая перегородка между второй и третьей секциями представляющей собой мелкоячеистую мембрану с размером пор меньше размера клеток штамма микроводоросли *Chlorella*.

В третью секцию очистного сооружения осуществляется внесение низшей водной растительности - штамма микроводоросли *Chlorella* для создания биогеоценоза с естественно развивающимися сообществами микроводорослей и бактерий для комплексной очистки загрязняющих веществ за счет аддитивного эффекта высшей и низшей водной растительности. Внесение штамма микроводоросли *Chlorella* осуществляется в сточные воды, уже подвергающиеся очистке в функционирующем очистном сооружении.

Далее сточные воды проходят через третью фильтрующую перегородку, представляющей собой мелкоячеистую мембрану с размером пор меньше размера клеток вносимого штамма микроводоросли *Chlorella*, для захвата клеток микроводоросли за счет инерционного столкновения, адгезии и адсорбции с целью предотвращения выноса клеток штамма микроводоросли *Chlorella* из очистного сооружения в окружающую среду вместе со сбрасываемыми водами.

После прохождения через третью фильтрующую перегородку очищенные воды попадают в четвертую секцию очистного сооружения, где происходит их отстаивание и дальнейший сброс в водный объект.

Способ поясняется следующими примерами. Для оценки разрабатываемого способа в качестве модельных растворов для проведения экспериментов использовались пробы карьерной сточной воды с приоритетным загрязняющим веществом нитрат-ионом. Гидрохимическая характеристика карьерной сточной воды представлена в таблице 1.

Таблица 1 - гидрохимическая состав модельного раствора карьерных сточных вод										
Концентрация загрязняющего вещества, мг/дм ³										pH
NO ₃ ²⁻	NH ₄ ⁺	NO ₂ ²⁻	Cl ⁻	Fe _{общ}	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	PO ₄ ³⁻	K ⁺	Na ⁺	
100-200,0	15,0	1,15	420	0,73	262	230	0,16	211,86	56	7-8

Для исследования эффективности удаления приоритетного загрязняющего вещества были построены три модели очистных сооружений, по одной модели для каждого вида растительности. Для каждой модели из пластиковой сетки было сконструировано от 4 до 6 ячеек цилиндрической формы, 25 см в высоту и 15 см в диаметре. Каждая ячейка заполнялась загрузкой в виде щебня и керамзита фракцией 5-20 мм и 10-20 мм соответственно. Для поддержания роста растений нитрат-ион был дополнен комплексом, состоящим из калий и фосфат ионов. К вышеназванными моделями дополнительно был использован четвертый резервуар с питательным раствором идентичного состава для отслеживания фонового значения нитрат-иона.

Пример №1. Проведение лабораторного эксперимента для определения возможности использования видов высшей водной растительности для очистки карьерной сточной воды от приоритетного загрязняющего вещества (нитрат-иона).

Проведение эксперимента осуществлялось при температуре 20°C, влажности 68% и давлении 761 мм.рт.ст. Выполнялось моделирование условий очистки карьерных сточных вод во второй секции очистного сооружения. В качестве очищаемых карьерных сточных

вод использовался модельный раствор с гидрохимическим составом согласно таблице 1. Очистка модельного раствора карьерных сточных вод осуществлялась в моделях с растительностью, описанных выше.

5 Модельный раствор карьерных сточных вод, поступающий на очистку, попадает в первую секцию очистного сооружения, где осуществляется осаждение примесей под действием силы тяжести в пределах длины первой секции очистного сооружения и далее проходит фильтрующую перегородку, где происходит дополнительное осаждение примесей.

10 Далее модельный раствор карьерных сточных вод, поступает на биологическую очистку во вторую секцию очистного сооружения, где располагаются посадки рогоза широколистного *Typha latifolia* L., частухи обыкновенной *Alisma plantago-aquatica* L. и ситника членистого *Juncus articulatus* L.

15 Из второй секции очистного сооружения, модельный раствор карьерных сточных вод, проходя через фильтрующую перегородку попадает в четвертую секцию очистного сооружения, где происходит его отстаивание и дальнейший сброс в водный объект.

Отбор проб водного раствора каждой модели производился дважды в неделю с измерением концентрации нитрат-иона на жидкостном хроматографе LC-20 Shimadzu в Научном центре «Экосистема» Санкт-Петербургского горного университета.

20 Результаты эффективности удаления приоритетного загрязняющего вещества указаны в таблице 2.

Таблица 2 - эффективность очистки приоритетного загрязняющего вещества высшей водной растительностью			
Вид высшей водной растительности	Концентрация NO_3^{2-} , мг/дм ³		Эффективность очистки, %
	До очистки	После очистки	
25 Рогоз широколистный <i>Typha latifolia</i> L.	100,0-200,0	55,0-110,0	45
Частуха обыкновенная <i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	100,0-200,0	65,0-130,0	35
Ситника членистый <i>Juncus articulatus</i> L.	100,0-200,0	65,0-130,0	35

30 Пример №2. Проведение лабораторного эксперимента с целью определения возможности использования вида низшей водной растительности для очистки карьерной сточной воды от приоритетного загрязняющего вещества (нитрат-иона).

35 Для исследования эффективности удаления приоритетного загрязняющего вещества были приготовлены 2 пробы объемом 50 мл модельного раствора. В каждую пробу добавлено 5 мл раствора штамма микроводоросли *Chlorella* с оптической плотностью 1,967. Определение оптической плотности производилось на измерителе плотности суспензии ИПС-03.

40 Проведение эксперимента осуществлялось при температуре 20°C, влажности 68% и давлении 761 мм.рт.ст. Выполнялось моделирование условий очистки карьерных сточных вод в третьей секции очистного сооружения. В качестве очищаемых карьерных сточных вод использовался модельный раствор с гидрохимическим составом согласно таблице 1.

45 Модельный раствор карьерных сточных вод, поступающий на очистку, попадает в первую секцию очистного сооружения, где осуществляется осаждение примесей под действием силы тяжести в пределах длины первой секции очистного сооружения и далее проходит фильтрующую перегородку, где происходит дополнительное осаждение примесей.

Из первой секции очистного сооружения, модельный раствор карьерных сточных вод, проходя через фильтрующую перегородку, где происходит предотвращение

попадания клеток штамма микроводоросли *Chlorella* в вторую секцию, поступает в третью секцию очистного сооружения. Фильтрующая перегородка представляет собой мелкоячеистую мембрану с размером пор меньше размера клеток штамма микроводоросли *Chlorella*.

5 В третью секцию очистного сооружения осуществляется внесение низшей водной растительности - штамма микроводоросли *Chlorella*.

Далее модельный раствор карьерных сточных вод проходит через фильтрующую перегородку, представляющей собой мелкоячеистую мембрану с размером пор меньше размера клеток вносимого штамма микроводоросли *Chlorella*, попадает в четвертую
10 секцию очистного сооружения, где происходит его отстаивание и дальнейший сброс.

Отбор проб водного раствора каждой модели ежедневно с измерением концентрации нитрат-иона на жидкостном хроматографе LC-20 Shimadzu в Научном центре «Экосистема» Санкт-Петербургского горного университета.

15 Результаты эффективности удаления приоритетного загрязняющего вещества указаны в таблице 3.

Таблица 3 - эффективность очистки приоритетного загрязняющего вещества низшей водной растительности			
Вид низшей водной растительности	Концентрация NO ₃ ²⁻ , мг/дм ³		Эффективность очистки, %
	До очистки	После очистки	
Штамм микроводоросли <i>Chlorella</i>	100,0	57,5	40,3
	200,0	57,3	71,8

Пример №3. Проведение лабораторного эксперимента для определения эффективности совместного использования высшей и низшей водной растительности для комплексной очистки карьерной сточной воды.

25 Проведение эксперимента осуществлялось при температуре 20°C, влажности 68% и давлении 761 мм рт.ст. Выполнялось моделирование условий последовательной очистки карьерных сточных вод во второй и третьей секциях очистного сооружения.

Моделирование очистки во второй секции очистного сооружения осуществлялась по примеру №1. Далее очищенный модельный раствор карьерных сточных вод по примеру
30 №1 использовался в качестве исходного модельного раствора карьерных сточных вод для очистки в третьей секции. Моделирование очистки в третьей секции очистного сооружения осуществлялось по примеру №2.

Модельный раствор карьерных сточных вод, поступающий на очистку, попадает в первую секцию очистного сооружения, где осуществляется осаждение примесей под
35 действием силы тяжести в пределах длины первой секции очистного сооружения и далее проходит фильтрующую перегородку, где происходит дополнительное осаждение примесей.

Далее модельный раствор карьерных сточных вод, поступает на биологическую очистку во вторую секцию очистного сооружения, где располагаются посадки рогоза широколистного *Typha latifolia* L., частухи обыкновенной *Alisma plantago-aquatica* L. и
40 ситника членистого *Juncus articulatus* L.

Из второй секции очистного сооружения, модельный раствор карьерных сточных вод, проходя через фильтрующую перегородку, где происходит предотвращение попадания клеток штамма микроводоросли *Chlorella* во вторую секцию, поступает в
45 третью секцию очистного сооружения. Фильтрующая перегородка представляет собой мелкоячеистую мембрану с размером пор меньше размера клеток штамма микроводоросли *Chlorella*.

В третью секцию очистного сооружения осуществляется внесение низшей водной

растительности - штамма микроводоросли *Chlorella*.

Далее модельный раствор карьерных сточных вод проходит через фильтрующую перегородку, представляющей собой мелкоячеистую мембрану с размером пор меньше размера клеток вносимого штамма микроводоросли *Chlorella*, попадает в четвертую секцию очистного сооружения, где происходит его отстаивание и дальнейший сброс.

Эффективность фиторемедиации оценивалась по концентрации загрязняющих веществ в очищенной воде после 3-5-дневного периода пребывания карьерной сточной воды в модели очистного сооружения. По истечении данного срока производилось измерение концентрации веществ на оборудовании Научного центра «Экосистема» Санкт-Петербургского горного университета.

	Концентрация загрязняющего вещества, мг/дм ³									
	NO ₃ ²⁻	NH ₄ ⁺	NO ₂ ²⁻	Cl ⁻	Fe _{общ}	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	PO ₄ ³⁻	K ⁺	Na ⁺
В сточной воде	100-200,0	15,0	1,15	420	0,73	262	230	0,16	211,86	56
В очищенной воде	25,0-30,0	1,3	0,1	190	0,25	175	200	0,05	200,26	43
Значение ПДК*	45,0	1,5	3,0	350	0,3	500	-	3,50	-	200
Эффективность очистки, %	75-85	91	91	55	66	33	13	69	55	23

* Согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

Полученные результаты, показанные в таблице 4, указывают на эффективность данного способа, так как сточная вода была очищена от загрязняющих веществ до нормативов предельно допустимых концентраций с высокой степенью очистки по основным загрязняющим веществам.

Использование заявленного способа позволяет произвести комплексную очистку сточных вод от загрязняющих веществ, способ обеспечивает увеличение эффективности очистки сточных вод за счет осуществления предварительной механической очистки от примеси с использованием фильтрационной перегородки и аддитивного эффекта высшей и низшей водной растительности.

(57) Формула изобретения

Способ биологической очистки карьерных сточных вод, включающий подачу сточной воды в пространственно разделенный каскадный фильтр, составленный из секций, через которые последовательно осуществляется поступление очищаемой воды, в одной из секций размещены микроводоросли, а в другой размещены высшие водные растения, отличающийся тем, что очистное сооружение разделяется тремя фильтрующими перегородками на четыре секции, в первой секции осуществляют механическую очистку от примесей и взвешенных веществ за счет фильтрационной перегородки, в качестве которой используют мелкоячеистую мембрану с размером пор не менее 10 мкм, во второй секции располагают высшую водную растительность - рогоз широколистный *Typha latifolia* L., частуху обыкновенную *Alisma plantago-aquatica* L. и ситник членистый *Juncus articulatus* L.; в третьей секции осуществляют внесение низшей водной растительности - микроводорослей *Chlorella* из расчета на 50 мл карьерных сточных вод добавляют 5 мл раствора микроводоросли *Chlorella* с оптической плотностью 1,967; в четвертой секции происходит отстаивание и дальнейший сброс в водный объект; при этом в качестве второй и третьей фильтрационных перегородок, через которые проходит очищаемая сточная вода из второй в третью секцию и из третьей в четвертую секцию, используют мелкоячеистые мембраны с размером пор не менее 8 мкм, при этом период

пребывания карьерной сточной воды в очистном сооружении 3-5 дней.

5

10

15

20

25

30

35

40

45