

Код МРНТИ 87.01.81:81.14.07

М. Накатаев¹, Е.С. Тайбеков², Л.Х. Акбаева³

¹Товарищество с ограниченной ответственностью «Казахстанско-французское совместное предприятие «КАТКО» (г. Алматы, Казахстан),

²Товарищество с ограниченной ответственностью «Проектно-производственная компания «APS engineering» (г. Алматы, Казахстан),

³Некоммерческое акционерное общество «Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева» (г. Нур-Султан, Казахстан)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ПЕСКООТСТОЙНИКОВ

Аннотация. Уранодобывающее предприятие должно отвечать требованиям экологической безопасности и использовать для этого наиболее совершенствованные технологии и материалы. В уранодобывающей промышленности пескоотстойники по классификации объектов оценки воздействия на окружающую среду относятся к I категории видов деятельности, имеющих 1 и 2 классы опасности согласно санитарной классификации производственных объектов. Во избежание проникновения вредных веществ в ландшафтные грунты вопрос герметичности пескоотстойников является достаточно актуальным. В статье предложены и рассмотрены особенности трех вариантов моделей конструкции противодиффузионного экрана пескоотстойников. Был определен наиболее экологически устойчивый вариант конструкции противодиффузионного экрана с двумя слоями геомембраны. Описаны необходимые меры для модернизации пескоотстойников.

Ключевые слова: пескоотстойник, уран, геомембрана, модернизация, противодиффузионный экран, технологические решения, автоматизация.

Құм тұтқыштарды жаңғырту кезіндегі экологиялық қауіпсіздік

Аңдатпа. Уран өндіруші кәсіпорын экологиялық қауіпсіздік талаптарына жауап беріп, ол үшін барынша жетілдірілген технологиялар мен материалдарды пайдалануы тиіс. Уран өндіру өнеркәсібінде қоршаған ортаға әсерді бағалау объектілерін сыныптау бойынша құм тұндырғыштар өндірістік объектілерді санитариялық сыныптауға сәйкес қауіптіліктің 1 және 2-сыныптары бар қызмет түрлерінің I санатына жатады. Зиянды заттардың енуіне жол бермеу үшін ландшафт топырақтары құм қабаттарының тығыздығы туралы мәселе өте өзекті. Мақалада құм тұндырғыштардың сүзуге қарсы экранын жобалау модельдерінің үш нұсқасының ерекшеліктері ұсынылған және қарастырылған. Екі қабатты геомембранасы бар сүзгіге қарсы экран дизайнының ең экологиялық тұрақты нұсқасы анықталды. Құм шұңқырларын жаңарту үшін қажетті шаралар сипатталған.

Түйінді сөздер: құм тұзағы, уран, геомембрана, модернизация, сүзгісіз экран, технологиялық шешімдер, автоматтандыру.

Environmental safety during the modernization of sand settling tanks

Abstract. The uranium mining enterprise must meet the requirements of environmental safety and use the most advanced technologies and materials for this. In the uranium mining industry, sand settling tanks, according to the classification of environmental impact assessment objects, belong to the I category of activities having hazard classes 1 and 2 according to the sanitary classification of production facilities. In order to avoid the penetration of harmful substances into landscape soils, the issue of tightness of sandpipes is quite relevant. The article proposes and discusses the features of three variants of the design models of the anti-filtration screen of sand settling tanks. The most environmentally sustainable design variant of the anti-filtration screen with two layers of geomembrane was determined. The necessary measures for the modernization of sand settling tanks are described.

Key words: sand sedimentation tank, uranium, geomembrane, modernization, impervious screen, technological solutions, automation, environmental safety, sanitary classification, monitoring system.

Введение

Товарищество с ограниченной ответственностью «Казахстанско-французское совместное предприятие «КАТКО» является совместным предприятием по добыче урана, представляющим собой успешное промышленное партнерство между двумя мировыми лидерами по добыче урана: французской компанией «Orano» – экспертом в области ядерного топливного цикла и казахстанской компанией АО «НАК «Казатомпром» – национальным оператором по импорту и экспорту урана.

Пескоотстойники уранодобывающей промышленности по классификации объектов оценки воздействия на окружающую среду относятся к I категории видов

деятельности, имеющих 1 и 2 классы опасности согласно санитарной классификации производственных объектов [1]. Во избежание миграции сопутствующих вредных веществ, в частности, серной кислоты в ландшафтные грунты, вопрос герметичности пескоотстойников является достаточно актуальным. Все возможные способы технологической модернизации в этой связи следует рассматривать, в первую очередь, с точки зрения их экологической безопасности^{1, 2}.

Цель работы: проведение сравнительного обзора моделей модернизации пескоотстойников с точки зрения их безопасности для окружающей среды и разработка порядка мер для модернизации.

Материалы и методы исследования

Для модернизации пескоотстойников было рассмотрено 3 варианта технических решений:

- **вариант 1** – конструкция противодиффузионного экрана с одной мембраной и встроенной системой мониторинга целостности мембраны;

- **вариант 2** – конструкция противодиффузионного экрана с двумя слоями мембраны, соответствующая существующей конструкции.

- **вариант 3** – железобетонная конструкция противодиффузионного экрана – предлагается для пескоотстойников с малыми габаритами.

Технические решения должны содержать в себе технический анализ

¹Правила обеспечения промышленной безопасности при геологоразведке, добыче и переработке урана. / Приказ и.о. Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан №297 от 26 декабря 2014 г.

²Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к радиационно-опасным объектам». / Приказ и.о. Министра национальной экономики Республики Казахстан №260 от 27 марта 2015 г.

плюсов и минусов того или иного варианта, включая экономический анализ, с соблюдением требований экологической безопасности и строительных норм и правил Республики Казахстан¹⁻⁶.

Модернизации подлежат 7 существующих пескоотстойников.

Особые условия строительства: природная зона песчаных пустынь с континентальным климатом; сейсмичность площадки строительства присутствует; объект отдален от крупных населенных пунктов и промышленных узлов; из внешних транспортных связей – автомобильный транспорт.

Наблюдаются стесненные условия площадки строительства, расположенной на территории действующего предприятия с существующими транспортными и инженерными коммуникациями. А также на предприятии идет безостановочный производственный процесс и непрерывное регулярное движение по внутренним автомобильным дорогам транспортных средств, в том числе крупногабаритных и с опасными грузами.

Результаты

Основные технико-экономические показатели объекта, в том числе мощность, производительность, производственная программа сохраняются при повышении надежности защиты подлежащего грунта.

Для модернизации существующих пескоотстойников в самом начале проектирования выделяются очереди, в том числе пусковые комплексы и этапы. При этом производственная мощность объекта, рабочий объем пескоотстойников и их количество после модернизации не изменяется.

В границы разработки проектно-сметной документации входят пескоотстойники и инженерные сети, обеспечивающие их функционирование. В границы ответственности подрядчика входят все

сооружения, которые попадают под модернизацию, исходя из технологических потребностей, в том числе (при необходимости): сети электропитания; контрольные сети; сети технологических трубопроводов; элементы металлических и железобетонных конструкций.

Характеристики технологических растворов:

- продуктивный раствор (ПР) – исходное сырье, технологический раствор, сформировавшийся в недрах в результате физико-химического взаимодействия реагента с минералами руд и вмещающих пород продуктивного горизонта и содержащий полезный компонент в промышленной концентрации (содержание раствора: U – 20-70 мг/л; твердые взвеси – не более 30 мг/л; свободная серная кислота – до 3 г/л; рН = 1,5-2,5);

- маточный/возвратный раствор (ВР) – раствор, из которого извлечен полезный компонент; используется для приготовления выщелачивающего раствора путем доукрепления его выщелачивающими реагентами (содержание: U – не более 3 мг/л; твердые взвеси – не более 30 мг/л; свободная серная кислота – до 3 г/л; рН = 1,5-2,5);

- растворы ремонтно-восстановительных работ (РВР): стоки, образующиеся после ремонтно-восстановительных работ скважин; стоки, образующиеся в процессе опорожнения технологических трубопроводов ВР, ПР перед проведением ремонтных работ (содержание: твердые взвеси до 60 мг/л);

- дренажные стоки от технологических объектов (содержание: твердые взвеси до 60 мг/л).

Технологические решения

Существующие пескоотстойники – заглубленные открытые земляные бассейны с противofiltrационным экраном – предназначены для приема технологических растворов (продуктивных, возвратных, после ремонтно-восстановительных

работ скважин, дренажных), осадения твердых взвесей и возврата осветленных растворов в технологический процесс.

В рамках проекта модернизации необходимо предусмотреть определенные процессы.

- **Демонтаж** существующих противofiltrационных экранов пескоотстойников (при необходимости допускается демонтаж поверхностной инфраструктуры).

- **Монтаж:**

- проверка соответствия существующих оснований пескоотстойников для устройства новых противofiltrационных экранов (при необходимости приведение их к требуемым характеристикам);

- монтаж противofiltrационных экранов пескоотстойников;

- монтаж при необходимости технологических и инженерных сетей;

- замена приемных и раздаточных патрубков пескоотстойников;

- устройство защитного ограждения по периметру каждого пескоотстойника;

- устройство новой сети контрольных скважин по периметру пескоотстойников.

- **Автоматизация**⁷:

- устройство автоматических систем контроля герметичности противofiltrационных экранов, устройство автоматических систем контроля предельного уровня осадка в пескоотстойниках;

- устройство автоматической защиты пескоотстойников от переполнения;

- прочее при необходимости.

Конструкция противofiltrационного экрана первого варианта (рис. 1) – одна мембрана со встроенной системой мониторинга целостности в процессе эксплуатации:

- **слои 1 и 2:** сертифицированная мембрана с контролем дефектов электрическим методом при пустом пескоотстойнике и системой контроля целостности мембраны,

³СН 551-82 «Инструкция по проектированию и строительству противofiltrационных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов».

⁴СП РК 1.04-109-2013 «Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию».

⁵СН РК 1.02-03-2011 «Порядок разработки, согласования, утверждения и состав проектной документации на строительство».

⁶СН 550-82 «Инструкция по проектированию технологических трубопроводов из пластмассовых труб».

⁷СН РК 4.02-03-2012 «Системы автоматизации».

обеспечивающей постоянный мониторинг при наполненном пескоотстойнике и определяющей утечки с их точным местоположением; толщина мембраны определяется проектом;

- *слой 3:* геосинтетический бентонитный изоляционный ковер (ГБИК), обеспечивающий устранение утечек близко к источнику (укладка ГБИК может быть под вопросом, если она оказывает негативное влияние на слой);

- *слой 4:* существующий противодиффузионный слой глины;

- *слой 5:* существующее уплотненное основание.

Конструкция противодиффузионного экрана второго варианта (рис. 2) – две мембраны с системой обнаружения утечек между двумя мембранами по аналогии с существующей системой:

- *слой 1:* сертифицированная мембрана без встроенной системы мониторинга; толщина мембраны определяется проектом;

- *слой 2:* георешетка для отвода утечек и направления жидкости к системе сбора и обнаружения утечек между двумя мембранами, которая принимается по аналогии с существующей системой, предусмотренной для пескоотстойников 2-39 участка №1 (Мойынкум);

- *слой 3:* сертифицированная мембрана с контролем дефектов электрическим методом, позволяющим осуществить контроль герметичности мембраны после ее монтажа; толщина мембраны определяется проектом;

- *слой 4:* ГБИК, обеспечивающий устранение утечек близко к источнику (укладка ГБИК может быть под вопросом, если она оказывает негативное влияние на слой 1);

- *слой 5:* существующий противодиффузионный слой глины.

- *слой 6:* существующее уплотненное основание.

Конструкция противодиффузионного экрана третьего варианта – противодиффузионный экран – железобетонная конструкция или щебень в битуме.

Данный вариант предполагается применить к пескоотстойникам с малыми габаритами для обеспечения гидроизоляционной твердой

поверхности из бетона, стойкого к частым чисткам пескоотстойников с использованием металлических инструментов. При необходимости замены глиняного слоя применяется бентонит на основе кальция.

Был рекомендован дополнительный защитный слой глины на всех пескоотстойниках. Важно учитывать тип глины, толщину и способ крепления глины к существующему слою, а также следует оценивать влияние слоя глины на объем пескоотстойников.

Для согласования материалов противодиффузионных экранов с заказчиком необходимо предоставлять аналитические справки с техническими и экономическими показателями материалов различных производителей (не менее двух).

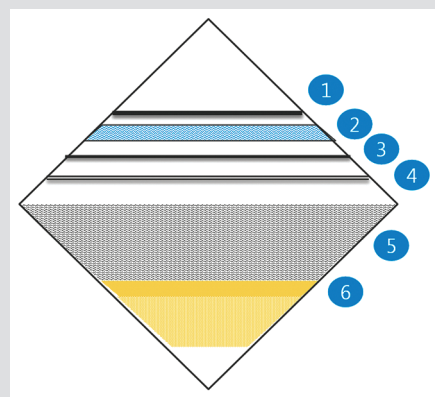
При выборе материалов для устройства противодиффузионного экрана следует учитывать температуру, химический состав и агрессивность среды, свойства и химическую стойкость материалов. Необходимо обозначить уровни растворов: максимальный, минимальный и максимальный уровень осаднения.

До детальной проработки согласовать с заказчиком конструкцию крепления противодиффузионных экранов на гребне пескоотстойников. Функция креплений состоит в том, чтобы предотвратить смещение противодиффузионных экранов с откосов. Определение размера крепления является ответственностью проектировщика.

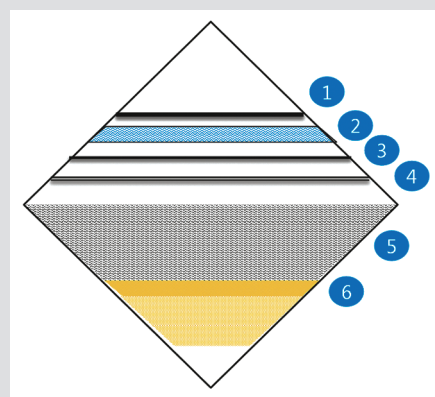
На этапе разработки конструкции крепления противодиффузионных экранов необходимо учитывать следующие параметры: характер грунта, используемого для балластной линии в верхней части пескоотстойников (плотность); размеры объекта (углы откосов, высота пескоотстойника); выбор системы покрытия и углов трения для разных поверхностей сопряжения (например, «грунт – геотекстиль», «грунт – геомембрана», «геотекстиль – геомембрана», «геосинтетический материал – защитный слой» и т. д.); гидравлические условия на поверхностях сопряжения геосинтетики; условия эксплуатации.

Покрытия (1 или 2 слоя), геотекстиль и разделитель должны быть закреплены в одной траншее; двухтраншейное крепление применять не следует. Во всех случаях рекомендуемое минимальное крепление обеспечивается анкерной траншеей размером 0,50 м × 0,50 м.

В рабочем проекте требуется указать подробные инструкции на все этапы по устройству противодиффузионных экранов: укладка полотнищ мембран; сварка мембран; проверка герметичности сварных швов мембран; по проверке герметичности каждого слоя противодиффузионных экранов; прочее при необходимости.



**Рис. 1. Конструкция противодиффузионного экрана (вариант 1).
Сурет 1. Өткізбейтін экранның дизайны (1 нұсқа).
Figure 1. Design of the impervious screen (option 1).**



**Рис. 2. Конструкция противодиффузионного экрана (вариант 2).
Сурет 2. Өткізбейтін экранның дизайны (2 нұсқа).
Figure 2. Design of the impervious screen (option 2).**

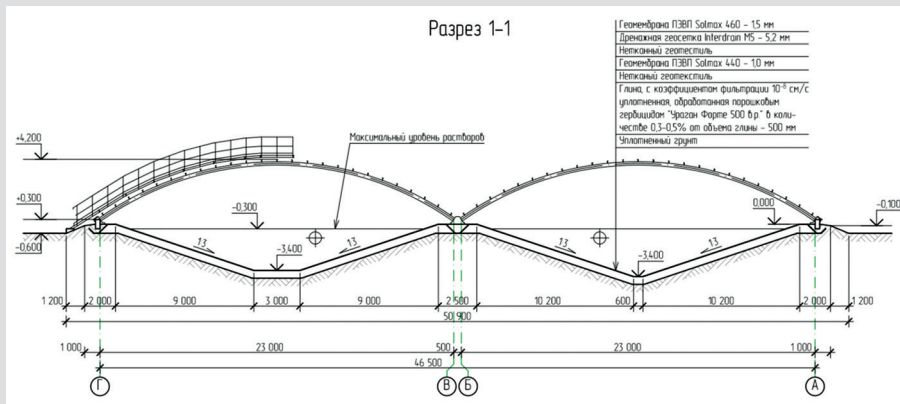


Рис. 3. Оптимальный вариант типового бассейна в разрезе.

Сурет 3. Мәтінмәндегі әдеттегі пулдың ең жақсы нұсқасы.

Figure 3. The best version of a typical pool in the context.

План разрабатывается с размещением свариваемых полотнищ на участке экранирования с учетом нахлеста, указанием на плане места сварных швов, а также узлов сварных швов для каждого участка.

На концах всасывающих трубопроводов, осуществляющих забор растворов из пескоотстойников, необходимо предусмотреть установку устройств, обеспечивающих фильтрацию растворов от механических включений крупностью более 5 мм и предотвращающих образование воронок и завоздушивание.

На вводах трубопроводов, подающих растворы в пескоотстойники, нужно предусмотреть установку отводов для предотвращения прямого воздействия потока на мембрану.

Для днищ пескоотстойников и зон подачи и отбора растворов предусмотрена усиленная конструкция гидроизоляционного покрытия.

Для узлов пересечения технологических трубопроводов с противофильтрационными экранами надлежит разработать узлы сопряжения, обеспечивающие герметичность и долговечность соединения.

При проектировании следует избегать решений, предполагающих контакт незащищенных бетонных конструкций с технологическими растворами.

Необходимо исключить возможность влияния жидкостей вблизи объекта. Вода и газ, накапливаемые под геомембраной, создают обратное давление на мембрану и приводят к ее подъему, что создает в ней натяжение.

Изменения уровня грунтовых вод и максимальные колебания данного уровня (в дополнение к потокам воды и газа, включая воздух), должны быть учтены или рассчитаны посредством исследований (например, гидрологических, газовых, геотехнических).

Параметры пескоотстойников, подлежащие автоматическому контролю:

✓ уровень продукта в пескоотстойниках с выводом показаний на автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора:

- верхний и верхний аварийный уровни – процент заполнения определяется проектом;

- нижний и нижний аварийный уровень – процент заполнения определяется проектом с учетом уровня над всасывающими патрубками насосов, исключая образование воронкообразования (применительно к технической насосной станции (ТНС);

✓ контроль предельного уровня осадка в пескоотстойниках;

✓ герметичность противофильтрационного экрана с выводом аварийного сигнала на АРМ оператора;

✓ прочее при необходимости.

Автоматическое регулирование процесса заполнения пескоотстойников не должно допускать перелив растворов.

При проектировании системы автоматизации следует предусмотреть контроль и/или управление параметрами с выводом показаний и аварийных сигналов на существующее АРМ оператора.

Важно определить верхний и верхний аварийный уровни продукта в пескоотстойниках (процент заполнения); нижний и нижний аварийный уровень (процент заполнения с учетом уровня над всасывающими патрубками насосов, исключая образование воронкообразования) применительно к ТНС.

В каждый вариант должно входить устройство для обнаружения утечек при эксплуатации (или контроля/сбора утечек, а также работы, необходимые для подключения устройства к существующей системе автоматизации, если применимо).

В варианте 1 системой мониторинга целостности мембраны является устройство контроля утечек. Необходимо разработать рабочий проект по устройству данного оборудования. Система должна быть проста в применении и работать посредством датчиков, подключенных к покрытиям, но устанавливаемым не под покрытиями. Необходимо определить пункты, определяющие надлежащую установку (количество сенсоров, тип крепления, подключение), надлежащие условия работы (спецификация покрытия, проводимость нижнего слоя), а также надежность получаемых результатов (сигнализация, определение места утечки).

В варианте 2 система обнаружения утечек должна быть подобна существующей на пескоотстойниках 2-39 и 2-40 (Мойынкум). Используется труба из полиэтилена низкого давления с сенсором (погружным, датчик давления) между двумя покрытиями. Существующая система должна быть доработана в целях обеспечения возможности откачивая жидкости между двумя мембранами.

На всех уровнях необходимо максимально обеспечить унификацию программно-технических средств, оборудования автоматизированной системы управления процессом (АСУТП), контрольно-измерительных приборов и автоматизации (КИПиА), а также запорной регулирующей арматуры (ЗРА), используемых на действующих участках.

На основании разработанной проектной документации необходимо внести изменения в существующие функциональные схемы автоматизации и функциональный анализ, а также предусмотреть изменение программного обеспечения АСУТП.

Оптимальный вариант типового бассейна предложен на рис. 3: разрез, где показана схема сверху вниз укладки 7 слоев: геомембрана ПЭВП Solmax 460 – 1,5 мм; дренажная геосетка Interdrain M5 – 5,2 мм; нетканый геотекстиль; геомембрана ПЭВП Solmax 460 – 1,0 мм; нетканый геотекстиль; глина с коэффициентом фильтрации 10^{-8} см/с уплотненная, обработанная порошковым гербицидом «Ураган форте 500 в.р.» в количестве

0,3-0,5% от объема глины 500 мм; уплотненный грунт.

Принимаемые проектные решения должны удовлетворять указаниям нормативных документов по нормам проектирования, требованиям стандартов и технических условий, обеспечивать нормативный срок службы объектов строительства и надлежащие условия их эксплуатации, а именно: прочность, надежность и устойчивость строительных конструкций, которые должны быть подтверждены расчетами; надежное функционирование оборудования и бесперебойность технологического процесса; безопасность, здоровые условия труда обслуживающего персонала; соответствие требованиям по охране окружающей среды [2-4].

Заключение

Таким образом, в статье предложены три варианта модели конструкции противофильтрационного экрана пескоотстойников для ТОО СП «КАТКО» и определен наиболее экологически устойчивый вариант конструкции противофильтрационного экрана с двумя слоями геомембраны ПЭВП Solmax 460.

В рамках проекта модернизации предусмотрены демонтаж и новый монтаж существующих противофильтрационных экранов пескоотстойников, автоматизация процессов. Также описаны условия и перечень необходимых проектируемых мер для модернизации пескоотстойников предприятия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Gulec S.B., Edil T.B., Venson C.H. Влияние кислого шахтного дренажа на полимерные свойства геомембраны HDPE. // Международная организация по геосинтетике. – 2004. – Т. 11. – №2. – С. 59-72 (на английском языке)
2. Rowe R.K., Asce F., Islam M.Z., Asce M., Brachman R.W.I., Arnepalli D.N., Ewais A.R. Истощение антиоксидантов из полиэтиленовой геомембраны высокой плотности в условиях, имитирующих свалку. // Журнал геотехнической и геоэкологической инженерии. – 2010. – Т. 136. – С. 930-939 (на английском языке)
3. Take W.A., Chappel M.J., Brachman R.W.I., Rowe R.K. Количественная оценка складок геомембраны с помощью аэрофотосъемки и цифровой обработки изображений. // Международная организация по геосинтетике. – 2007. – Т. 14. – №4. – С. 219-227 (на английском языке)
4. Abdelaal F.B., Rowe R.K., Brachman R.W.I. Хрупкий разрыв износившейся геомембраны HDPE по локальным вмятинам гравия в моделируемых полевых условиях. // Международная организация по геосинтетике. – 2014. – Т. 21. – Вып. 1. – Р. 1-23 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Gulec S.B., Edil T.B., Venson C.H. Қышқыл шахта дренажының HDPE геомембрананың полимерлік қасиеттеріне әсері. // Халықаралық геосинтетика ұйымы. – 2004. – Т. 11. – №2. – Б. 59-72 (ағылшын тілінде)
2. Rowe R.K., Asce F., Islam M.Z., Asce M., Brachman R.W.I., Arnepalli D.N., Ewais A.R. Тығыздығы жоғары полиэтиленді геомембрананың имитациялық полигон жағдайында антиоксидантты сарқылуы. // Геотехникалық және геоэкологиялық инженерия журналы. – 2010. – Т. 136. – Б. 930-939 (ағылшын тілінде)
3. Take W.A., Chappel M.J., Brachman R.W.I., Rowe R.K. арқылы аэрофототүсірілім және цифрлық кескінді өңдеу арқылы геомембраналық әжімдердің санын анықтау. // Халықаралық геосинтетика ұйымы. – 2007. – Т. 14. – №4. – Б. 219-227 (ағылшын тілінде)
4. Abdelaal F.B., Rowe R.K., Brachman R.W.I. Имитациялық өріс жағдайында жергілікті қиыршық тас ойықтарында ескірген HDPE геомембрананың сынғыш жарылуы. // Халықаралық геосинтетика ұйымы. – 2014. – Т. 21. – Шығ 1. – Р. 1-23 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Gulec S.B., Edil T.B., Venson C.H. Effect of acidic mine drainage on the polymer properties of an HDPE geomembrane. // Geosynthetics International. – 2004. – Vol. 11. – №2. – P. 59-72 (in English)

2. Rowe R.K., Asce F., Islam M.Z., Asce M., Brachman R.W.I., Arnepalli D.N., Ewais A.R. Antioxidant depletion from a high density polyethylene geomembrane under simulated landfill conditions. // *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*. – 2010. – Vol. 136. – P. 930-939 (in English)
3. Take W.A., Chappel M.J., Brachman R.W.I., Rowe R.K. Quantifying geomembrane wrinkles using aerial photography and digital image processing. // *Geosynthetics International*. – 2007. – Vol. 14. – №4. – P. 219-227 (in English)
4. Abdelaal F.B., Rowe R.K., Brachman R.W.I. Brittle rupture of an aged HPDE geomembrane at local gravel indentations under simulated field conditions. // *Geosynthetics International*. – 2014. – Vol. 21. – Issue 1. – P. 1-23 (in English)

Сведения об авторах:

Накатаев М., старший инженер-технолог Товарищества с ограниченной ответственностью «Казахстанско-французское совместное предприятие «КАТКО» (г. Алматы, Казахстан), maxat.nakatayev@orano.group; <https://orcid.org/0000-0002-5517-2526>

Тайбеков Е.С., магистр Управления водных ресурсов, менеджер по развитию бизнеса Товарищества с ограниченной ответственностью «Проектно-производственная компания «APS engineering» (г. Алматы, Казахстан), etaibekov@yahoo.com; <https://orcid.org/0000-0003-1155-2612>

Ақбаева Л.Х., канд. биол. наук, доцент, и.о. профессора кафедры «Управление и инжиниринг в сфере охраны окружающей среды» Некоммерческого акционерного общества «Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева» (г. Нур-Султан, Казахстан), akbaeva659@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2192-454X>

Авторлар туралы мәліметтер:

Накатаев М., «КАТКО» Қазақстан-Франция бірлескен кәсіпорны» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің аға технологиялық инженері (Алматы қ., Қазақстан)

Тайбеков Е.С., Су ресурстарын басқару магистрі, «APS engineering» Жобалау-өндірістік компаниясы» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі бизнесті дамыту жөніндегі менеджері (Алматы қ., Қазақстан)

Ақбаева Л.Х., биология ғылымдарының кандидаты, доцент, «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Қоршаған ортаны қорғау саласындағы басқару және инжиниринг» кафедрасы профессорының міндетін атқарушы (Нұр-сұлтан қ., Қазақстан).

Information about the authors:

Nakataev M., Senior Process Engineer of the Limited Liability Partnership «Kazakhstan-French Joint Venture «KATCO» (Almaty, Kazakhstan)

Taibekov Ye.S., Master in Water Resources Management, Business Development Manager of the Limited Liability Partnerships «Design and Production Company «APS engineering» (Almaty, Kazakhstan)

Akbaeva L.Kh., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Acting Professor at the Department «Management and Engineering in the Field of Environmental Protection» of the Non-profit Joint Stock Company «L.N. Gumilyov Eurasian National University» (Nur-Sultan, Kazakhstan)



ОТКРЫТА ПОДПИСКА

КАЗПОЧТА ЕВРАЗИЯ ПРЕСС ЭВРИКА-ПРЕСС

Подписной индекс 75807

Заявка на главной странице сайта MINMAG.KZ

Следите за новостями!



minmag.kz



[@minmag.kz](https://www.instagram.com/minmag.kz)

+7 747 343 15 02

post-dts@yandex.kz

050026, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Карасай батыра, 146, оф. 401

