

УДК 5353.05

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО И ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ НА ПАРЦИАЛЬНУЮ ПЛОТНОСТЬ АКТИВНОГО ИЛА

^{1,2)} Купчишин А.И., ²⁾ Ниязов М.Н., ²⁾ Таипова Б.Г., ²⁾ Ходарина Н.Н.¹⁾ *Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан*²⁾ *Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан*

Выполнены комплексные экспериментальные исследования по влиянию электронного облучения на скорость осаждения активного ила в водных системах оптическим методом. Для определения параметров активного ила (биоматериала) была создана экспериментальная установка. Ил в количестве 1 г, помещенный в колбу с водой объемом 25 мл, тщательно взбалтывался и устанавливался между лазером и детектором. Снималась зависимость освещенности (интенсивности) света (зеленые и красные линии лазера) от времени. Полученные зависимости плотности (ρ) от времени (t) имеют одинаковую природу для разных источников излучения. Экспериментальные кривые зависимости плотности активного ила от времени удовлетворительно описываются экспоненциальной моделью.

ВВЕДЕНИЕ

В число основных методов борьбы с загрязнением вод входит биологическая очистка водоемов с помощью активного ила (АИ) в специальных аппаратах [1]. Выброс стоков различных предприятий на очистные сооружения привел к тому, что в них скопился целый ряд тяжелых металлов и микроэлементов. Из-за вредности таких осадков они не используются в качестве удобрений и нагромождаются на общественных свалках (иловых полях), площадь которых непрерывно увеличивается, превращая их в зону экологического бедствия. Известные методы обезвреживания избыточного активного ила, содержащего тяжелые металлы (термическая и/или термохимическая обработка при температуре $\sim 70^\circ\text{C}$), несмотря на внешнюю привлекательность, экологически не безопасны, поскольку в той или иной мере происходит токсичное загрязнение атмосферы, требуются сложные системы очистки газовых выбросов [2]. Нынешнее состояние качества воды природных водоемов во многом определяется степенью чистоты сточных вод, прошедших биологическую очистку, поскольку они составляют основную массу от общего объема сточных вод. Эффективность очистки жестко связана с процессами самоочищения в природных водоемах. Но и разрабатываемые всевозможные методы интенсификации биологической очистки открывают возможности существенного улучшения качества продукции. Биологическую очистку необходимо рассматривать как обязательное завершающее звено перед сбросом сточных вод в водоем, как мощный защитный барьер от загрязнения природной среды [3, 4]. Интенсификация биологической очистки путем реконструкций действующих сооружений связана с капитальными затратами и техническими трудностями, поэтому в настоящее время более перспективной является разработка гидробиологических, микробиологических и биохимических методов улучшения работы сооружений [5]. В последние годы большой практический интерес вызывают работы, связанные с изу-

чением влияния различных видов излучений на структуру и физико-химические свойства различных материалов [6, 7]. Нами проведены исследования по влиянию электронного облучения на структуру и свойства различных биоматериалов, которые при таких воздействиях сильно изменяются. Они посвящены определению плотности необлученного и облученного ила оптическим методом в водных растворах.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

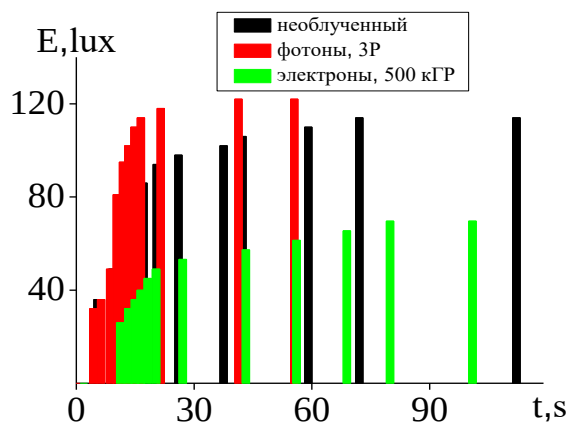
Для определения параметров активного ила (биоматериала) была создана экспериментальная установка. Она состоит из лазерного источника, детектора излучения, электронного блока, стоек и различных держателей. Ил в количестве 1 г, помещенный в колбу с водой объемом 25 мл, тщательно взбалтывался и устанавливался между лазером и детектором. Снималась зависимость освещенности (интенсивности) света (зеленые и красные линии лазера) от времени. Далее определялась парциальная плотность (ρ) активного ила в зависимости от времени (t). Источники излучения крепились на расстоянии 10 см от биоматериала. Опыты проводились при температуре 25°C и относительной влажности воздуха 50 %. Помещение, в котором проводились исследования, было полностью изолировано от источников света.

Облучение образцов активного ила электронами и гамма-квантами проводилось на линейном ускорителе ЭЛУ-6 с энергией 2 МэВ в воздушной среде. Вакуум в системе ускорителя поддерживался равным 10^{-6} мм ртутного столба. Образцы биоматериала для облучения помещались на расстоянии 40 см от выходного окна ускорителя. Величина тока пучка составляла $0,3 \text{ мкА/см}^2$. Доза облучения электронами была равна 500 кГр, а фотонами – 3 Р.

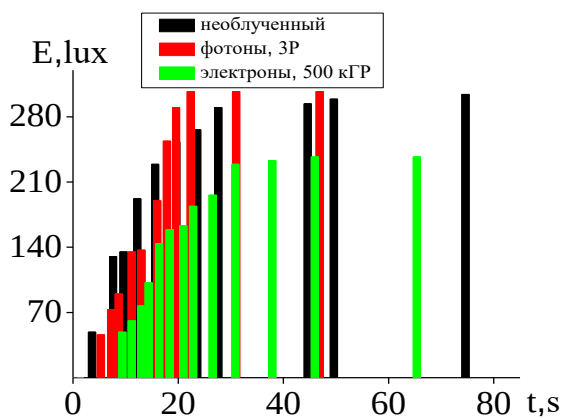
ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В результате исследований (зеленый и красный лучи) получено, что полное оседание ила происходит в течение около 100 секунд. На рисунке 1 показаны

временные зависимости освещенности лазерного излучения. Как следует из этих рисунков, величина освещенности, сначала резко возрастает, а затем постепенно выходит на насыщение.



а)



б)

Рисунок 1. Временные зависимости освещенности зеленого (а) и красного (б) лазерных излучений при их прохождении через необлученный и облученный активный ил

Для определения илового индекса использовалась зависимость плотности активного ила в воде от времени. Связь между освещенностью и плотностью определялась по формуле:

$$\rho = \rho_{\max} \cdot \frac{E_{\max} - E}{E_{\max}}, \quad (1)$$

где $\rho_{\max}$ – максимальная плотность активного ила в воде; $E_{\max}$ – освещенность при полном оседании активного ила; E – освещенность в данный момент времени.

На рисунке 2 приведены экспериментальные данные по зависимости плотности активного ила от времени, полученные с использованием зависимости E от t при прохождении красного и зеленого лазерных лучей (точки) через раствор. Видно, что с течением времени в обоих случаях плотность постепенно уменьшается. Аналогичные эксперименты проведе-

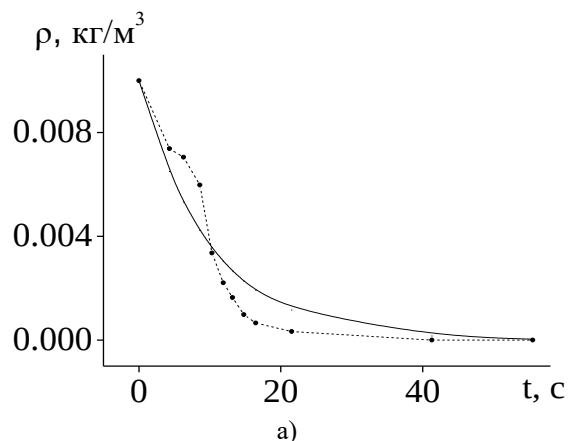
ны на облученном электронами и фотонами (гамма-квантами и рентгеновским излучением) активном иле (рисунки 3, 4). При этом облучение существенно влияет на экспериментальные зависимости. Как видно из рисунков, характер зависимости ρ от t после облучения не меняется. Экспериментальные кривые объяснены в рамках предложенной авторами экспоненциальной модели. Суть ее заключается в следующем. На активный ил, который находится в растворе, постоянно действует сила тяжести. В первом приближении, изменение плотности $d\rho$ на некоторой (практически любой) глубине пропорционально самой плотности ρ (со знаком минус, поскольку плотность со временем уменьшается) и изменению времени dt . Исходя из данного предположения, запишем дифференциальное уравнение для изменения плотности $d\rho$. Таким образом

$$d\rho = -\rho dt/t_0. \quad (2)$$

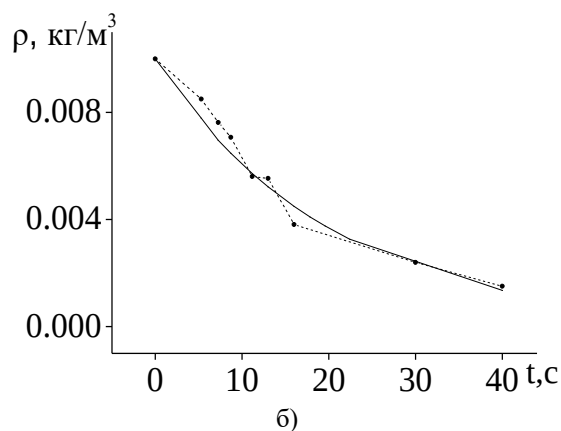
Интегрируя t от 0 до t_0 и ρ от 0 до $\rho_{\max}$, получим

$$\rho = \rho_{\max} \cdot \exp(-t/t_0). \quad (3)$$

В формуле (3) величина t_0 есть время, в течение которого плотность активного ила уменьшается в e раз.

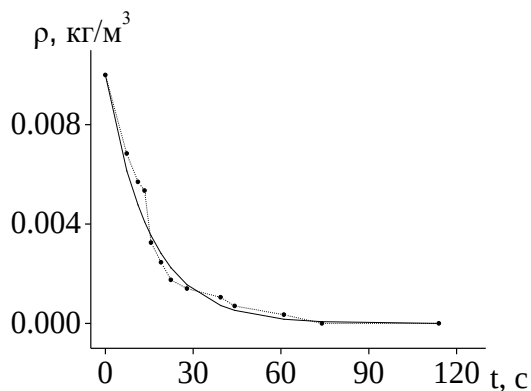


а)

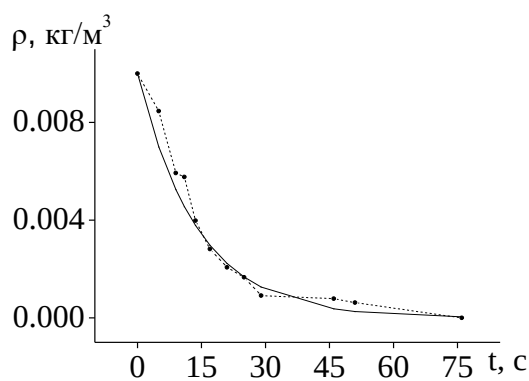


б)

Рисунок 2. Зависимость плотности необлученного ила от времени при прохождении зеленого (а) и красного (б) лазерных излучений через активный ил



а)



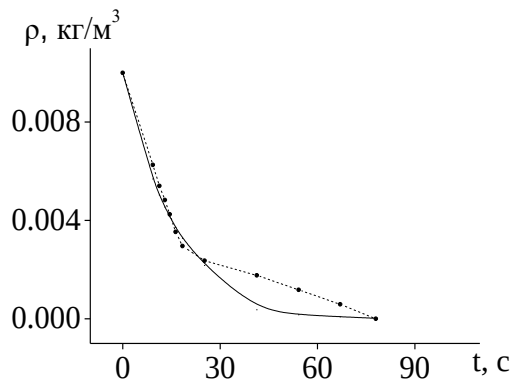
б)

Рисунок 3. Зависимость плотности ила, облученного электронами дозой 500 кГр, от времени при прохождении зеленого (а) и красного (б) лазерных излучений через активный ил

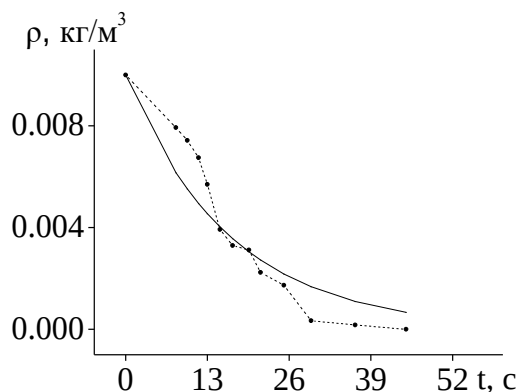
На рисунках 3 и 4 приведены зависимости плотности активного ила от времени в сравнении с экспериментальными данными. Из кривых зависимости ρ от t следует, что они имеют одинаковую природу для разных источников излучения. При больших дозах электронного облучения (рисунок 3) плотность активного ила уменьшается (скорость осаждения увеличивается), так как он становится менее активным. При облучении низкими дозами – 3 Р (рисунок 4) скорость оседания уменьшается, что говорит об увеличении активности ила в водном растворе.

ЛИТЕРАТУРА

- Захтаева Н. В., А. С. Шеломков Активный ил как управляемая экологическая система. М.: Экспо-медиа-пресс. 2013, 650 с.
- Алимов А.Ф. Структурно-функциональный подход к изучению сообществ водных животных // Пятый съезд Всесоюзного гидробиологического общества (г. Тольяти): Тез. докл. Куйбышев: Изд-во АН СССР, 1986. – С. 132–133.
- Esyrev O.V., Kupchishin A.A., Kupchishin A.I., Voronova N.A. Optical research of biomaterials of sorbulak// IOP Conf. Series: Material Science and Engineering. 110. 012036. – 2016. – P. 1 – 5.
- Krasikov E, Nikolaenko V, 2016 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 110 012001 Radiation annealing of radiation embrittlement of the reactor pressure vessel steel 1–5.



а)



б)

Рисунок 4. Зависимость плотности ила, облученного фотонами дозой 3 Р от времени при прохождении через него зеленого (а) и красного (б) лазерных излучений

ВЫВОДЫ

1. Из кривых зависимости плотности (ρ) от времени (t) получены закономерности, имеющие одинаковую природу для разных источников излучения.

2. Электронное облучение дозой 500 кГр образцов биоматериала приводит к увеличению илового индекса, что связано с уменьшением естественной очистки. Причиной этому является сокращение числа живых микроорганизмов. При облучении низкими дозами гамма-квантов (3 Рентген) скорость оседания уменьшается, что говорит об увеличении активности ила в водном растворе.

3. Кривые зависимости плотности (ρ) от времени (t) удовлетворительно описываются в рамках экспоненциальной модели.

5. Surzhikov A.P., Galtseva O.V., Vasendina E.A., Vlasov V.A., Nikolaev E.V., 2016 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 110 012002 Processing line for industrial radiation-thermal synthesis of doped lithium ferrite powders 1 – 4.
6. Ivchenko V.A. Atomic structure of cascades of atomic displacements in metals and alloys after different types of radiation//IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 110012003. – 2016.-P. 1–5.
7. Yesyrev O.V., Kupchishin A.I., Abdukhairova A.T., Nauryzbayev M.K., Khodarina N.N. Cherednichenko V.C. Study of the electron irradiation effect on the structure of treatment systems biomaterials// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 168 012017 – 2017 – P. 1–4.

ЭЛЕКТРОНДЫ ЖӘНЕ ГАММА-СӘУЛЕЛЕНУЛАРДЫҢ АКТИВТІ ШЛАМДЫ ПАРИЦИАЛДЫҚ ТЫҒЫЗДЫҒЫНА ӘСЕР ЕТУІН ЗЕРТТЕУ

^{1,2)} А.И. Купчишин, ²⁾ М.Н. Ниязов, ²⁾ Б.Г. Таипова, ²⁾ Н.Н. Ходарина

¹⁾ Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

²⁾ Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық Университеті, Алматы, Қазақстан

Оптикалық әдіспен сулы жүйелердегі активті шламды тұндыру жылдамдығына электронды сәулеленудің әсері туралы кешенді эксперименталды зерттеулер жүргізілді. Белсенді шлам (биоматериалдар) параметрлерін анықтау үшін эксперименталды қондырғы құрылды. 25 грамм су баллонына орналастырылған 1 г мөлшеріндегі биоматериал мұқият шайқалды және лазер мен детектор арасында орналастырылды. Алынған тығыздықтың (ρ) (t)-ға тәуелділігі әртүрлі Қызыл және жасыл сәулелену көздері үшін эксперименталды нәтижелердің табиғаты бірдей сипатта болады. Эксперименттік қисықтардың белсендірілген шламдардың тығыздығының уақытқа тәуелділігі экспоненциалдық моделімен қанағаттарының түрде сипатталады.

THE INFLUENCE OF ELECTRON AND GAMMA RADIATION ON THE PARTIAL DENSITY OF ACTIVATED SLUDGE

^{1,2)} A.I. Kupchishin, ²⁾ M.N. Niyazov, ²⁾ B.G. Taipova, ²⁾ N.N. Khodarina

¹⁾ Kazakh National University by al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

²⁾ Kazakh National Pedagogical University by Abay, Almaty, Kazakhstan

Complex experimental studies on the effect of electron irradiation on the deposition rate of activated sludge in water systems by optical method were carried out. To determine the parameters of activated sludge (biomaterial), an experimental setup was created. Silt in an amount of 1 g, placed in a flask of water with a volume of 25 ml, was carefully shaken and installed between the laser and the detector. The dependence of light intensity (green and red laser lines) on time was removed. The obtained dependences of the density (ρ) on time (t) have the same nature for different radiation sources. The experimental curves of the dependence of the activated sludge density on time are satisfactorily described by the exponential model.