

ЛИТЕРАТУРА

1. Koester, R.J., Eflin, J. Vann, J. Greening of the campus: a whole-systems approach. J. Clean. Product. 2006, 14: 769-779
2. Meadows DH, Meadows DL. Randers J, Behrens III WW. The Limits to Growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. Universe Books. Boston, 1972.
3. Meadows, D., Randers, J. Limits to Growth: The 30-Year Update., Chelsea Green Publishing Company, White River Junction, VT. 2004
4. World Commission on Environment and Development. Our common future. Oxford University Press, New York. 1987
5. Dobson, A. Green Political Thought. 4th edition. Routledge. London, 2007.
6. United Nations, treaty collection. Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change. 2015. https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&lang=en (accessed on 01/04/2016).
7. Barth, M., Michelsen G. Learning for change: an educational contribution to sustainability science. Sustain Sci. 2013; 8:103–119.
8. Buckler, C., Creech, H. Shaping the future we want: UN Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014); final report. 2015 <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002301/230171e.pdf> (accessed on 01/04/2016)
9. Cortese, A.D. The critical role of higher education in creating a sustainable future. Plann. High. Educ. 2003;31(3):15-22.
10. Association Leaders for a Sustainable Future. Report and Declaration of the Presidents Conference. 1990 http://www.ulsf.org/programs_talloires.html (accessed on 01/04/2016)
11. Barth, M., Timm, J-M. Higher Education for Sustainable Development: Students' Perspectives on an Innovative Approach to Educational Change. J. Soc.Sci. 2011;7: 13-23.
12. Lozano, R., Ceulemans, K., Alonso-Almeida, M., Huisinigh, D., Lozano, F.J., Waas, T., Lambrechts, W., Lukman, R., Hug, J. A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education: results from a worldwide survey. J. Clean. Product. 2015; 108:1-18.
13. Rooda, N. Sailing in the winds of change. Ph. D. Thesis. Maastricht University. 2010.
14. Lozano, R. A tool for a Graphical Assessment of Sustainability in Universities (GASU). J. Clean. Product. 2006, 14:963-972.
15. AASHE, The STARS Program. AASHE's Sustainability Tracking, Assessment & Rating System. The Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education, Denver, Colorado, USA. 2016 (http://www.aashe.org/files/documents/STARS/stars_2.1_technical_manual.pdf accessed on 01/04/2016)
16. QUESTE-SI – Quality System of Science and Technology Universities for Sustainable Industry. <http://plone.queste.eu/> (accessed on 01/04/2016)
17. Hussey, D.M., Kirsop, P.L., Meissen, R.E. Global reporting initiative guidelines: an evaluation of sustainable development metrics for industry. Environmental Quality Management 2001.

УДК 502.36:676.08

Разработка экологически безопасной технологии утилизации коллоидных осадков целлюлозно-бумажной промышленности

Иркутский национальный исследовательский технический университет
А.В. Богданов, А.С. Шатрова, О.Л. Качор

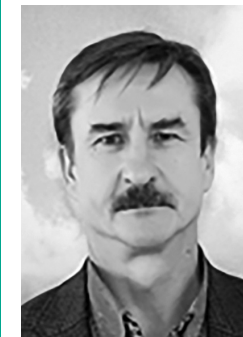
Разработка экологически безопасной технологии комплексной переработки осадков шлам-лигнина, которая базируется на принципах наилучших доступных технологиях (НДТ) при обращении с отходами является крайне актуальной задачей. Предложенная концепция технологии рекуперации осадков карт ОАО «Байкальский ЦБК» в основе которой лежит создание условий процессов естественного вымораживания, позволяет сократить технико-экономические затраты повысить экологическую безопасность проекта.

Ключевые слова: шлам-лигнин, карты-шламонакопители, целлюлозно-бумажная промышленность, ОАО «Байкальский ЦБК», утилизация, вымораживание, наилучшие доступные технологии.

Key words: sludge-lignin, sludge storage pits, pulp and paper industry, Baikalsk Pulp and Paper Mill, utilization, freezing, best available technologies.

На сегодняшний день ситуацию, сложившуюся с образованием, использованием, хранением и захоронением отходов, можно определить как критическую, требующую неотложных мер. Ежегодно в России образуется до семи миллиардов тонн отходов и лишь два из них используется как вторичное сырье, при этом отходы целлюлозно-бумажной промышленности составляют 15%. Основную массу отходов, не утилизируемых в настоящее время, составляют осадки шлам-лигнина, образующиеся при биологической и физико-химической очистке сточных вод предприятий, складываемые в картах-шламонакопителях. На предприятиях Байкальского региона, расположенных в районах прибрежной зоны озера Байкал, Братского и Усть-Илимского водохранилищ, складировано более 30 млн. м³ подобного осадка, наносящего огромный ущерб окружающей среде региона. В мировой практике отсутствуют данные о рекультивации площадей, занятых отходами, подобными шлам-лигнину [1, с. 7-8].

Это объясняется ограниченным применением физико-химической очистки на предприятиях, производящих целлюлозу, а также трудностями расшифровки взаимодействия веществ в ходе физических, химических и биологических процессов, протекающих в этом антропогенном субстрате. Недостаточно изучено воздействие на эти процессы факторов окружающей природной среды (температуры, инсоляции, грунтовых вод, атмосферных осадков). Отсутствие реальных решений по утилизации осадка объясняется его сложным физико-химическим и дисперсным составом, высокой степенью гидрофильности, преимущественно представленной связанной водой, а также трудоемким и сложным технологическим процессом его переработки. Предлагаемые варианты утилизации осадка такие, как омоноличивание с применением извести, электроосмос, обработка солями железа, вермикулирование, транспирация или их простое захоронение к настоящему времени в практике не нашли никакого применения.



А.В. Богданов



А.С. Шатрова



О.Л. Качор

В федеральной целевой программе «Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012–2020 годы» сказано, что одним из наиболее известных загрязнителей вод озера Байкал является открытое акционерное общество «Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат» (ОАО «БЦБК»). С учетом особенностей режима природопользования в бассейне озера Байкал, определяемого необходимостью сохранения его уникальной экосистемы как мирового наследия, разработка экологически безопасной технологии комплексной переработки осадков шлам-лигнина базирующаяся на принципах наилучших доступных технологиях (НДТ) при обращении с отходами является крайне актуальной задачей.

Коллоидные осадки шлам-лигнина ОАО «БЦБК», объемом около 8 млн. м³ складируются в картах имеющих многослойную гидроизоляцию из природных и синтетических материалов, предотвра-

шающих дренаж, с сейсмоустойчивостью в 9 баллов. Соотношение компонентов в осадке следующее: лигнинные вещества (40-45%), волокно (15-20%), активный ил (15-20%), зольный остаток (10-20%). Поскольку в качестве коагулянта и флокулянта при химической очистке сточных вод на комбинате использовался глинозем и полиакриламид, то их остаточные концентрации присутствуют и в шлам-лигнине [2, с. 60-63]. В 50 г осадка содержится: глинозема (в пересчете на ион алюминия) до 5 г, полиакриламида – до 1,2 г. Карты расположены на двух площадках в относительной близости от города Байкальска, поселков Солзан и Бабха. На Солзанской площадке площадью около 105 Га располагаются карты № 1–10 (рис. 1). На Бабхинской площадке площадью около 33 Га располагаются карты № 12–14. На промышленной площадке ОАО «БЦБК» также имеется промежуточная карта № 11.

Для оценки динамики изменения состояния окружающей среды в рай-

Рис. 1. Космическая съемка расположения карт-накопителей ОАО «Байкальский ЦБК»



оне промышленной площадки складирувания осадков шлам-лигнина в период с 2009–2016 гг. отбирались и анализировались образцы проб почв, растений, подземных, надшламных вод и осадков. Установлено, что содержание в почвах бенз(а)пирена превышает ПДК в 3 раза, тяжелых металлов в 2-7 раз. Исследования почвы на ее токсичность на трех тест-объектах – *Lepidium sativum*, *Chlorella vulgaris* Beijer, *Daphnia magna* Straus показали, что отходы, содержащиеся в картах влияют на токсичность почвы, которую можно отнести к среднетоксичной.

В пробах, отобранных из наблюдательных скважин перехватывающего водозабора, были превышены предельно допустимые концентрации для рыбохозяйственных вод следующих веществ: формальдегида до 1.3-2.9 ПДК, нефтепродуктов до 6.2 ПДК, алюминия 3.2-19.7 ПДК, железа до 8.9 ПДК [3, с. 192-193]. Полученные данные мониторинга состояния объектов окружающей среды в значительной степени соответствуют полученным значениям пяти прошлых лет (среднее отклонение не превышает 5-8%). Анализ растительности (хвоя кедр сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour)) расположенной на исследуемой территории не выявил превышения нормативов содержания тяжелых металлов в ее биомассе.

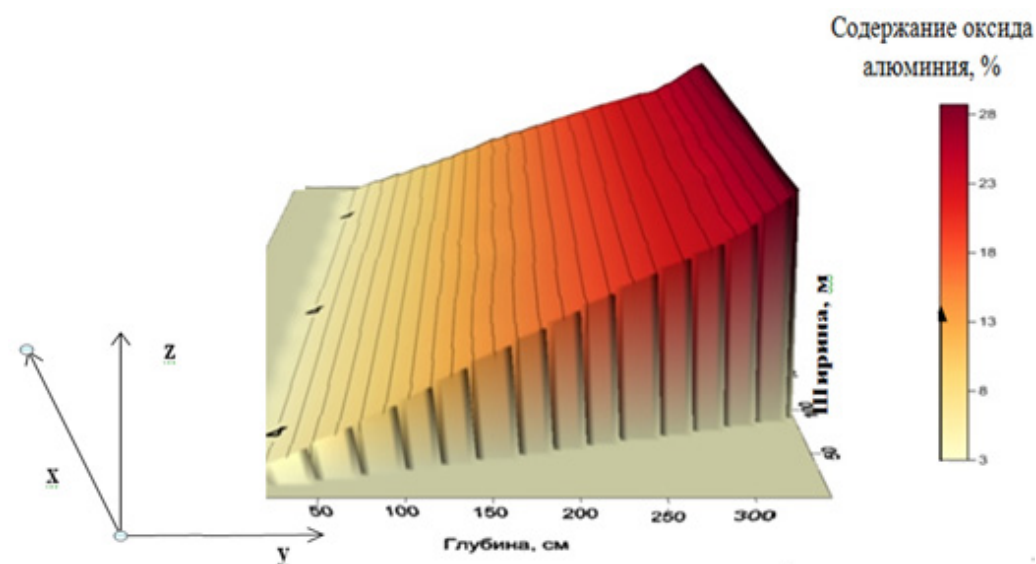
Таким образом, на основании полученных мониторинговых данных объектов окружающей среды на территории Солзанской промышленной площадки за последние пять лет установлена некоторая стабилизация в них содержания загрязняющих веществ, что может говорить о достижении их критической концентрации. Однако это не говорит о наступлении какого-то стабильного экологического баланса, поскольку его нарушение возможно в любое время под воздействием извне различных природных или техногенных факторов (сель, землетрясение более 9 баллов, использование необдуманных технологических

решений и т.п.). В процессе проведенных полевых исследований установлено, что осадки, хранящиеся в картах, расположенные на Солзанской промышленной площадке имеют различный морфологический и физико-химический состав. Показатель влажности осадков варьируется от 74% (карта № 5, среднее значение) до 86% (карта № 8, среднее значение). На основании полученных данных с применением программы Surfer впервые было построено 3-D изображение залегания колодного осадка карты № 2 с содержанием в нем оксида алюминия (рис. 2). Большое содержание оксида алюминия позволяет применять золу сжигания шлам-лигнина в качестве сорбента для очистки сточных вод различного состава, а также в качестве компонента сырьевой смеси для получения гидравлического цемента [4, 5]. Как видно из рис. 2, с увеличением глубины залегания осадка содержание оксида алюминия увеличивается до 25%.

На рис. 3 приведено 2-D изображение залегания осадка карты № 2. Как видно из рис. 3, влажность осадка с глубиной карты понижается с 98% до 83%, что связано с его естественным уплотнением. По вертикальному срезу видно, что влажность осадка также неравномерна. Такое распределение минеральных компонентов и влажности осадка можно объяснить тем, что по технологии заполнения карт ОАО «БЦБК» жидкий осадок напускался с восточной оконечности карты и, по мере его продвижения по наклонному дну, к западному концу уплотнялся.

Анализ полученных и имеющихся данных по морфологическому составу и физико-химическим свойствам осадков карт ОАО «БЦБК» впервые позволил произвести их систематизацию, позволяющую определить концепцию технологии их дальнейшей утилизации, базирующуюся прежде всего, на их компонентном составе и, согласно НДТ ГОСТ Р 55827-2013, «учитывать их ресурсный потенциал, необходимость

Рис. 2. Содержание оксида алюминия (%) в осадках шлам-лигнина (карта № 2)



охраны окружающей среды и здоровье людей».

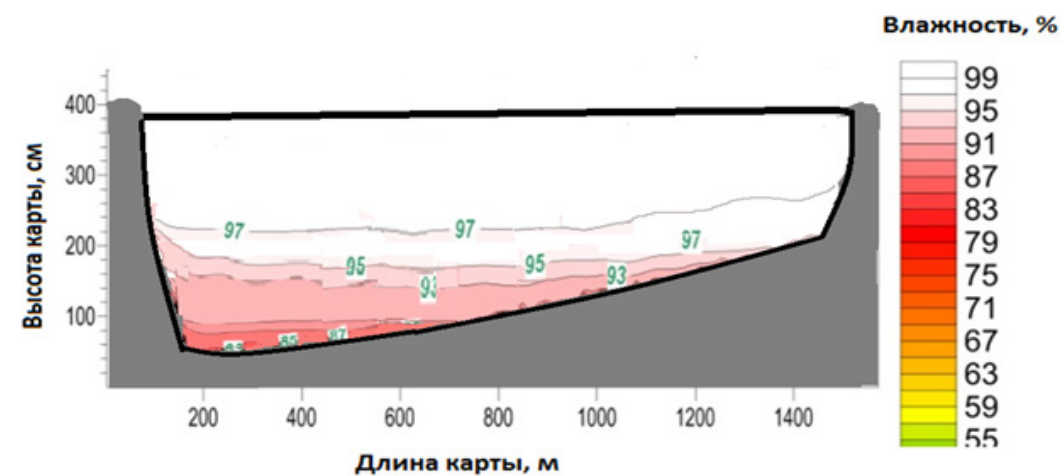
На наш взгляд, независимо от выбора вариантов технологии ликвидации отходов шлам-лигнина, целесообразно предварительно уменьшить их объем, что фактически позволит пропорционально сократить технико-экономические затраты [6, с. 99-107]. Как показали проведенные исследования, наиболее эффективным способом уплотнения осадков является создание условий их естественного вымораживания путем освобождения поверхности карт от снежного покрова (например газоструйными ветровыми машинами), который является своеобразным полутораметровым защитным экраном, предотвращающим промораживание осадка на всю глубину его залегания. Также в смеси активного ила и шлам-лигнина протекают биологические процессы, которые в энергетическом отношении являются экзотермическими.

Проведенные камеральные и полевые работы показали, что вымораживание осадков приводит к разрушению его

коллоидной структуры и уменьшению объема, в зависимости от его состава на 30-40%, уменьшению влажности на 6-11%. При этом почти на порядок уменьшается удельное сопротивление деструктурированного осадка, а содержание бенз(а)пирена, основного токсичного элемента, снижается в 4-7 раз.

Предлагаемая концепция технологии утилизации осадков карт ОАО «БЦБК», позволяет уменьшить их объем за счет разрушения коллоидной структуры и получить три исходных материала: первый – деструктурированный коллоидный осадок (35%), второй – минерализованные надшламовые воды (5%), третий – деминерализованные надшламовые воды (60%), которые самотеком каскадно сбрасываются в заранее подготовленную карту № 2, служащую отстойником-осветлителем. После осаждения остаточных загрязняющих веществ очищенная вода подается в имеющийся пруд-аэратор ОАО «БЦБК» и далее в озеро Байкал. Деструктурированный осадок и минерализованная вода насосами каскадно перекачивается с седьмой на нижерасполо-

Рис. 3. 2-D схема распределения влажности осадков карты № 2



женные по рельефу карты до их полного последовательного заполнения. Для получения эcobетонированной смеси в осадок с карт № 11, 13, 14 по существующему золопроводу подаются золы с добавлением до 10% цемента марки М400. Для создания условий перемешивания золы и цемент подаются в трубопроводы осадков. Конечным результатом мероприятия является получение экологически безопасных инженерных сооружений-саркофагов. Для обеспечения самотечного стока ливневых вод поверхность саркофагов должна иметь наклон не менее двух градусов и систему сборных лотков, по которым ливневые воды отводятся в карту № 2 для их доочистки в естественных условиях. Площадь саркофагов может быть использована для по-

стройки легких сооружений (тепличные сооружения, рекреационно-спортивные и т.п.). Вторым получаемым сооружением является высвободившийся от осадка полезный объем карт, который может быть использован в качестве бассейнов для рыборазведения и спортивно-рекреационной деятельности.

Предложенная концепция технологии рекуперации осадков карт ОАО «БЦБК» в основе которой лежит создание условий процессов естественного вымораживания, позволяет не только сократить технико-экономические затраты, но и повысить экологическую безопасность проекта с ожидаемым экологическим эффектом от ликвидации накопленных отходов прошлых лет равным 6,5 млрд. руб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов, А.В. Развитие научных и практических основ технологий комплексной переработки осадков карт-шламонакопителей / А.В. Богданов, К.В. Федотов, О.Л. Качор. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. – 203 с.
2. Богданов, А.В. Рекуперация осадков карт-накопителей ОАО «Байкальский ЦБК» / А.В. Богданов, К.В. Федотов, А.С. Шатрова // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2013. – № 10. – С. 60–63.
3. О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2014 году: гос. докл. – Иркутск: Росгеолфонд, 2015. – С. 192–193.
4. Пат. 2136599 Российская Федерация, МПК6 C02F1/28, В 01 J 20/20. Способ очистки сточных вод / С.Б. Леонов, А.В. Богданов, А.П. Миронов, М.А. Иванова. – № 98113594/25; заявл. 20.07.98; опубл. 10.09.99, Бюл. № 25. – 2 с.: ил.
5. Пат. 2552288 Российская Федерация, МПК C04B7/42. Сырьевая смесь для получения гидравлического цемента / А.В. Богданов, Е.А. Левченко, А.С. Шатрова, В.А. Воробчук, М.В. Ставицкая. – № 2014110564/03; заявл. 19.03.2014; опубл. 10.06.2015, Бюл. № 16. – 10 с.
6. Богданов, А.В. Исследование физико-химических свойств осадков шлам-лигнина ОАО «Байкальский ЦБК» при вымораживании / А.В. Богданов, А.С. Шатрова, О.Л. Качор // Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та. – 2015. – № 8. – С. 99–107.

УДК 378

Формирование профессиональной компетентности будущих инженеров-экологов на основе междисциплинарного подхода

Казанский национальный исследовательский технологический университет
А.И. Ирисметов

В статье раскрыты новые требования к будущим инженерам-экологам, которые осуществляют охрану окружающей среды в новых социально-экономических условиях. Определено понятие профессиональной компетентности инженера-эколога.

Ключевые слова: профессиональная компетентность инженера-эколога, Всемирная торговая организация, международная торговля, экологические проблемы.
Key words: professional competence of environmental engineers, World Trade Organization, international trade, environmental problems.

В связи с вступлением России во Всемирную торговую организацию (ВТО) вводятся в действие новые правила, регламентирующие процесс ведения международной торговой деятельности, новые стандарты для обеспечения реализуемой продукции, нормы и принципы, требования экологической маркировки товаров и продуктов, которые непосредственно затрагивают вопросы регулирования международных отношений в сфере защиты окружающей среды в целях охраны рационального использования природных ресурсов. Это связано с тем, что современная экологическая ситуация характеризуется высокой степенью рисков экологических катастроф, усилением антропогенного воздействия на природу, что требует постоянного внимания к экологическим проблемам и их эффективного решения [1, с. 216–218]. Самое ценное в решении экологических проблем – это междисциплинарный подход к тем явлениям материальной действительности, в основе которых лежат биологические законы, но которые все чаще оказываются в сфере социальных, технологических, экономических, политических интересов.

Вступление России в ВТО предъявляет новые требования к специалистам, которые осуществляют охрану окружающей среды и обеспечивают экологический контроль товаров и продуктов. Таких специалистов готовят инженерные вузы, в том числе Казанский национальный исследовательский технологический университет. На передний план в подготовке инженеров-экологов выступает необходимость формирования профессиональной компетентности, как целостной интегративной способности специалиста, обеспечивающей готовность к эффективному решению возникающих проблем.

Для реализации новых требований, установленных ВТО, инженеры-экологи должны ориентироваться в новых стандартах, нормах, регламентах, правовом регулировании состояния окружающей среды, методах и средствах оценки состояния природной среды и защиты ее от антропогенного воздействия. Таким образом, их профессиональная компетентность должна включать новые знания, умения, профессионально значимые качества личности, обеспечивающие эффективную профессиональную деятельность в новых условиях и позволяющие



А.И. Ирисметов