

УДК 676.08

Щербин Сергей Анатольевич,

к.т.н., доцент кафедры «Машины и аппараты химических производств»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: dekan\_ftk@angtu.ru

Евдокименко Дмитрий Сергеевич,

обучающийся гр. ХТасп-21-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail: evdockimencko.dima@yandex.ru

## ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖИМОГО КАРТ-ОСАДКОНАКОПИТЕЛЕЙ БАЙКАЛЬСКОГО ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Shcherbin S.A., Evdokimenko D.S.

### THE INFLUENCE OF THE CONTENTS OF THE SEDIMENTATION CARDS OF THE BAIKAL PULP AND PAPER MILL ON THE ENVIRONMENT

**Аннотация.** Рассмотрена проблема влияния содержимого карт-осадконакопителей Байкальского целлюлозно-бумажного комбината на экологическую обстановку в Прибайкалье. Приведены данные о составе и свойствах содержимого накопителей. Выделены факторы, угрожающие озеру Байкал. Даны географическая и сейсмическая характеристики местности дислокации объектов экологической опасности.

**Ключевые слова:** утилизация отходов, шлам-лигнин, экология.

**Abstract.** The problem of the influence of the contents of the sedimentation maps of the Baikal Pulp and Paper Mill on the ecological situation in the Baikal region is considered. Data on the composition and properties of the contents of the drives are given. The factors threatening Lake Baikal are highlighted. Geographical and seismic characteristics of the locality of the dislocation of objects of environmental danger are given.

**Keywords:** waste disposal, sludge-lignin, ecology.

За годы работы Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК) в результате очистки сточных вод в картах-осадконакопителях накоплено, по приблизительным подсчетам, около 3,5 млн. м<sup>3</sup> или, в пересчете на сухое вещество, 250000 т отходов, представляющих собой обводненный шлам-лигнин (ШЛ) [1].

Карты расположены по берегам р. Большая Осиновка на узкой береговой площади между предгорьями хребта Хамар-Дабан и Восточно-Сибирской железной дорогой, проходящей вдоль озера Байкал (см. рис. 1).

Расстояние от озера Байкал карт, расположенных на левом берегу реки, 0,75 км, а на правом – 0,35 км. Для складирования ШЛ используются значительные земельные участки, общая площадь которых составляет более 150 га. Сведения о конфигурации, количестве и размерах накопителей приведены в таблице 1.

Климатические условия региона относительно мягкие. Этот участок южного Прибайкалья входит в так называемую зону «холодных тропиков», где в летний период выпадает большое количество дождей, а в зим-

ний период ложится мощный снежный покров. Общий объем атмосферных осадков – 700 мм/м<sup>2</sup> в год, то есть на отстойники (карты) площадью 1362000 м<sup>2</sup> их выпадает около 900 тыс. м<sup>3</sup> [2].



Рисунок 1 – Карты-осадконакопители на берегу озера Байкал

Регион находится в сейсмоактивной области Байкальской рифтовой зоны (юг озера Байкал). Расчетная величина возможных землетрясений – от 10 до 11 баллов по 12-балльной шкале. За последние 20 лет в горо-

де Байкальске было два сильных землетрясения – в феврале 1999 г. и в августе 2008 г.

Таблица 1 – Сведения о картах-осадконакопителях БЦБК

Конфигурация карты	Количество	Линейные размеры, м
прямоугольная	3	250×70
	1	225×85
	1	83×64
круглая	11	радиус 26

Также стоит отметить, что район расположения обсуждаемого объекта относится к селеопасным территориям [3], при этом с 1902 по 1972 годы селевые паводки прошли 15 раз. Периодичность этих событий составляет около 40 лет, соответственно, следующий сход крупного селевого потока возможен в ближайшие годы.

Термин «лигнин» происходит от латинского слова *lignum* (дерево) и относится не к индивидуальному веществу, а к группе родственных веществ, обладающих общностью состава, строения и химических свойств. Лигнин является одним из высокомолекулярных компонентов древесины и занимает второе место (после целлюлозы) по распространению на земном шаре среди органических полимерных веществ природного происхождения [4]. Лигнин в составе древесины (в количестве до 30 %) играет роль инкрустирующего материала [5], сравнимого в этом смысле с цементом в железобетоне [6].

Природные лигнины обладают рядом специфических свойств: они легко окисляются, легко взаимодействуют с хлором (что особенно важно при отбелке целлюлозы), обладают способностью растворяться в щелочах при нагревании. Последнее свойство лежит в основе щелочной делигнификации при сульфатном и натронном способах производства целлюлозы.

Основной частью ШЛ является видоизмененный под воздействием активного ила сульфатный лигнин [7], характеризующийся наиболее высокой химической активностью по сравнению с другими техническими лигнинами.

ШЛ, полученный при обезвоживании на центрифуге, представляет собой пастообразный материал черного цвета с влажностью 84–85 % и удельным весом 1,03–1,05 г/см<sup>3</sup>. Содержание золы 10–20 %, pH = 5,2–6,0.

По данным комбината о содержании микроэлементов и тяжелых металлов в ШЛ после флотации и в золе (продукте его сгорания) составлена таблице 2.

В работе [8] содержатся результаты спектрального анализа структуры ШЛ и его производных. Показано, что ШЛ содержит в своем составе следующие структурные единицы: бензольные кольца, метильные, метиленовые, эфирные и гидроксильные группы. Все эти структурные группы содержатся в природном лигнине [9, 10], что дает основание рассматривать состав ШЛ, в основном, как лигносодержащий.

По результатам исследований, проведенных на комбинате, из ароматических соединений в шламе осадконакопителей преобладают фенол и гваякол. Этот факт может быть объяснен частичной деградацией не только хлорированных соединений, но и самого лигнина при хранении. Промежуточными продуктами метаболизма лигнина могут быть в частности фенолы. Содержание наиболее токсичных хлорароматических соединений (хлорфенолов) снижается по мере хранения ШЛ.

Таблица 2 – Содержание микроэлементов тяжелых металлов в ШЛ и в его золе

Элемент	Концентрация, мг/г	
	ШЛ после флотации	Зола ШЛ
Na	1,2	2
Al (в виде глинозема)	65	220
Fe	3,3	13,2
Mn	0,6	2,2
Hg	0,001	-
As	0,006	0,011
Cd	0,023	0,016
Pb	0,015	0,009
Sb	0,0007	0,001
Se	0,002	-
Cr	0,035	0,17
V	0,023	0,09
Zn	0,065	0,091
Co	0,002	0,005
Mo	0,12	-

Коагулянты и флокулянты изменяют физическую структуру ШЛ [11]. Добавление поликатионитных флокулянтов или сульфата железа вызывает мгновенную коагуляцию, но вследствие малого удельного веса даже

при высоких концентрациях шлам практически не оседает.

Известно, что лигнин относится к химически инертным соединениям, но в процессе трансформации он может служить источником образования веществ, обладающих токсичностью и мутагенной активностью [12]. Влияние лигнинсодержащих соединений – основного компонента ШЛ на окружающую среду связано с их низкой биоразлагаемостью и многонаправленностью химических превращений, вызывающих неоднозначное изменение токсичности и мутагенности [13].

Основную опасность для экосистем представляют высокомолекулярные вещества, обуславливающие цветность, токсичность и мутагенность лигнинсодержащих соединений. Под влиянием ШЛ природная среда, прилегающая к БЦБК, перестраивается в природно-антропогенную. В частности, ежегодно увеличивается пятно органического загрязнения на Байкале, ухудшается качество поверхностных и грунтовых вод.

Одним из наиболее опасных видов техногенных нагрузок, негативно влияющих на состояние окружающей природной среды и создающих серьезную угрозу здоровью населения, являются токсичные отходы. Особую опасность представляют диоксинсодержащие отходы предприятий химической и целлюлозно-бумажной промышленности [14].

Установлено, что при производстве сульфатной целлюлозы основная масса полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов образуется на стадии ще-

лочного облагораживания в процессе ее отбеливания хлором. Большая часть стоков, поступающих из технологических цехов на очистные сооружения, освобождается от диоксинов в системе нейтрализации, отстоя и биологической очистки, и, в конечном счете, сосредотачивается в картах-осадконакопителях. Поэтому, карты-накопители ШЛ являются стационарными очагами диоксинов и концентрируют их наибольшее количество.

В более глубоких слоях шлама диоксинов содержится в 2,5 раза больше, чем на поверхности [14]. Это можно объяснить тем, что под действием прямых ультрафиолетовых лучей солнца в верхних слоях лишь небольшая часть диоксинов разрушается, остальная их масса с атмосферными осадками и сложной смесью органических компонентов проникает в глубинные слои, а в случае недостаточно надежной гидроизоляции – и в грунтовые воды.

Карты-накопители ШЛ вызывают деградацию земель, выражающуюся в ухудшении экологического состояния природных комплексов с постоянным отрицательным воздействием на грунтовые воды и атмосферный воздух, снижении их хозяйственного и эстетического потенциала.

Академик Б.Н. Ласкорин подчеркивал: «... миллиарды рублей, затраченные на охрану водоемов от загрязнений путем очистки сточных вод, не дают должной эффективности, так как сами очистные станции без системы утилизации осадков являются источником вторичных загрязнений биосферы».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Щербин, С.А.** Буровые растворы на основе модифицированного шлам-лигнина. / С.А. Щербин, О.А. Брагина, Б.А. Ульянов. – Текст: непосредственный // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2003. – Т. 46, № 3. – С. 113–115.
2. **Вахромеев, А.Г.** Способы утилизации и применения содержимого шламовых накопителей Байкальского целлюлозно-бумажного комбината для нужд нефтегазового комплекса Восточной Сибири. / А.Г. Вахромеев и др. – Текст: непосредственный // Химия в интересах устойчивого развития. – 2022. – Т. 30, № 4. – С. 354–363.
3. **Бабурин, В.Л.** Селевой риск в Прибайкалье и Забайкалье. / В.Л. Бабурин. – Текст: непосредственный // Материалы IV Международ. конф. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. – 2016. – С. 9–13.
4. **Богомолов, Б.Д.** Химия древесины и основы химии высокомолекулярных соединений. / Б.Д. Богомолов. – М.: Лесная промышленность, 1973. – 400 с. – Текст: непосредственный.
5. **Шорыгина, Н.Н.** Реакционная способность лигнина. / Н.Н. Шорыгина, В.М.

Резников, В.В. Елкин. – М.: Наука, 1976. – 368 с. – Текст: непосредственный.

6. **Любешкина, Е.Г.** Лигнины как компонент полимерных композиционных материалов. / Е.Г. Любешкина. – Текст: непосредственный // Успехи химии. – 1983. – Т. 52, № 7. – С. 1196-1224.

7. **Свительский, В.П.** Современные исследования в химии лигнина. / В.П. Свительский и др. – Текст: непосредственный // Материалы Всесоюз. хим. семинара. – Архангельск. – 1970. – С. 48.

8. **Казанский, В.В.** Буровые растворы на основе лигносульфонатов. / В.В. Казанский и др. – Текст: непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 199. – № 4. – С. 36-39.

9. **Богомолов, Б.Д.** Химия древесины и основы химии высокомолекулярных соединений. / Б.Д. Богомолов. – М.: Лесная промышленность, 1973. – 400 с. – Текст: непосредственный.

10. **Roger, D.M.** Fractionation-purification, YR, HNMR, CNMR spectral and property studies of industrial based sludge lignin. / D.M. Roger, L. Ку. – Текст: непосредственный // J. Wood. Chem. and Tech. – 1988. – № 8 (3). – P. 361–378.

11. Заключительный отчет о поисках путей рекультивации карт-накопителей шлам-лигнина БЦБК. – Байкальск: БЦБК, 1997. – 13 с. – Текст: непосредственный.

12. **Островская, Р.М.** Лигнин и продукты его модификации как мутагенные и биостимулирующие соединения. / Р.М. Островская и др. – Текст: непосредственный // Материалы юбилейной конф. – Иркутск: Гос. комитет по охране окружающей среды Иркутской обл., 1998. – С. 67–69.

13. **Новикова, Л.Н.** Проблемы экологической химии лигнинсодержащих соединений. / Л.Н. Новикова и др. – Текст: непосредственный // Материалы юбилейной конф. – Иркутск: Гос. комитет по охране окружающей среды Иркутской обл., 1998. – С. 58–59.

14. **Николаева, Л.А.** Твердые отходы химических предприятий – как один из источников загрязнения окружающей среды диоксинами. / Л.А. Николаева – Текст: непосредственный // Материалы юбилейной конф. – Иркутск: Гос. комитет по охране окружающей среды Иркутской обл., 1998. – С. 57.