

**О.В. Федорова, В.Г. Казаков, К.О. Субботина**

**АБСОРБЦИЯ РАСТВОРОМ ГИДРОКСИДА НАТРИЯ СЕРОВОДОРОДА,  
ВЫДЕЛЯЕМОГО ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ  
НА ЧЕРНЫЙ ЩЕЛОК СУЛЬФАТЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Введение.* Основным методом производства сульфатной целлюлозы во всем мире является способ сульфатной варки, который практически вытеснил все другие способы варки. На его основе реализован ряд методов получения сульфатного лигнина как ценного сырья для ряда отраслей промышленности [Чудаков, 1983; Wertz, 2018; Deleu, 2018; Сорее, 2018; Richel, 2018; Аким, 2016; Сарканен, 1975; Людвиг, 1975; Непенин, 1990; Демин, 2013]. Эти методы подробно описаны в монографии М.И. Чудакова и в справочнике «Технология целлюлозно-бумажного производства». В частности, там описан и процесс, разработанный в АЛТИ и реализованный в опытно-промышленном масштабе на Соломбальском ЦБК.

В последние годы увеличился интерес к частичному (10–15%) осаждению лигнина как к одному из направлений биорефининга древесины. Для российских ЦБК это направление имеет самостоятельный интерес, так как позволяет увеличивать объем варки за счет модернизации варочных установок без строительства новых СРК.

Существуют и более радикальные предложения по полному исключению СРК из общей схемы предприятия с использованием в системе и, например, солей калия [Федорова, 2016; Луканин, 2016; Казаков, 2016].

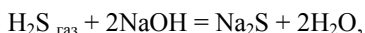
Процесс подкисления черного щелока серной кислотой сопровождается выделением сероводорода, который должен подвергаться абсорбции. Промышленные методы получения сульфатного лигнина, реализация процесса Лигнобуст предусматривают применение абсорбции сероводорода водными растворами гидроксида натрия [Wertz, 2018; Deleu, 2018; Сорее, 2018].

В качестве абсорбентов при поглощении серосодержащих газов применяют растворы щелочи или воду в зависимости от состава сероводородных газов и дальнейшего использования продуктов абсорбции.

Водные растворы едкого натра (NaOH) применяются для абсорбции в тех случаях, когда обработке подвергаются значительные объемы газов,

содержащих преимущественно сероводород. При этом в процессе абсорбции получается раствор сульфида натрия [Conzales, 1992; Alvarez, 1992; Coca, 1992; Cardoso, 2009; Dominigos de Oliveira, 2009; Passos, 2009; Astarita, 1965; Gioia, 1965].

В случае подкисления черного щелока серной кислотой абсорбции подвергается сероводород, который содержит и другие примеси. Для того чтобы абсорбция сероводорода гидроксидом натрия прошла с образованием конечного продукта сульфида натрия, необходимо использовать определенную концентрацию едкой щелочи [Astarita, 1967; Gioia, 1967; Muryantoa, 20015; Triwahyunia, 2015; Hendarsyaha, 2015; Abimanyua, 2015; Bontozoglou, 1995; Anastasios, 1995; Karabelas, 1995]. Если процесс абсорбции сероводорода протекает теоретически, т. е. в соответствии с уравнением



то требуемая для абсорбции концентрация гидроксида натрия может быть вычислена по формуле, установленной из материального баланса абсорбции:

$$C = \frac{C_c}{0,975 - 0,425 \frac{C_c}{100}},$$

где  $C$  – требуемая концентрация едкого натра, %;  $C_c$  – заданная концентрация получающегося раствора сульфида натрия, %.

На практике имеют место незначительные отклонения от приведенной формулы, в результате того что поглощаемые газы содержат пары воды, и, кроме того, при абсорбции получается не только сульфид натрия, но и небольшое количество гидросульфита натрия. Благодаря этому концентрацию гидроксида натрия следует брать на 2–3% больше рассчитанной [Плановский, 1961; Гуревич, 1961].

Серосодержащие газы оказываются в значительной степени разбавленными воздухом; содержание сероводорода в них колеблется от 2,5 до 270 мг/л, составляя в среднем 40 мг/л. Поглощение серосодержащих газов гидроксидом натрия позволяет вполне удовлетворительно очищать серосодержащие газы от сероводорода, снижая его содержание до 0,35–0,4 г/л.

Аппаратура, предназначенная для абсорбции сероводорода, не специфична, поэтому поглощение сероводорода может быть произведено с помощью большинства абсорберов, применяемых в химической промышленности.

Полученный после нейтрализации раствор упаривали в выпарной установке. На первой стадии происходит упаривание до концентрации насыщения солей натрия и калия. Укрепленный раствор далее подавали на вторую стадию упаривания, где концентрировали раствор до получения суспензии при Ж/Т (вес.), равном 3–5. Величина Ж/Т определяется эксплуатационными требованиями, предъявляемыми к эксплуатации выпарных аппаратов из условия исключения забивки кипяtilьных труб. Полученную суспензию щелочей после второй стадии концентрирования разделяли фильтрацией на два продукта: фильтрат и твердый продукт солей сульфатов калия и натрия. Фильтрат, представляющий собой раствор едкой щелочи, подавали на абсорбер, в который поступал сероводород со стадии подкисления черного щелока серной кислотой, в результате чего приготавливали раствор белого щелока, который используют при варке технологической щепы.

Получаемый сероводород после нейтрализации черного щелока серной кислотой направляется на получение регенерированного сульфида натрия путем обработки его раствором гидроксида натрия. Сероводород абсорбируется гидроксидом натрия с получением вновь сульфида натрия, компонента белого щелока.

По существу, специального способа очистки от серосодержащих газов в этом случае не требуется, так как он совмещается с технологическим переделом приготовления белого щелока на регенерированных растворах сульфидов и оксида натрия.

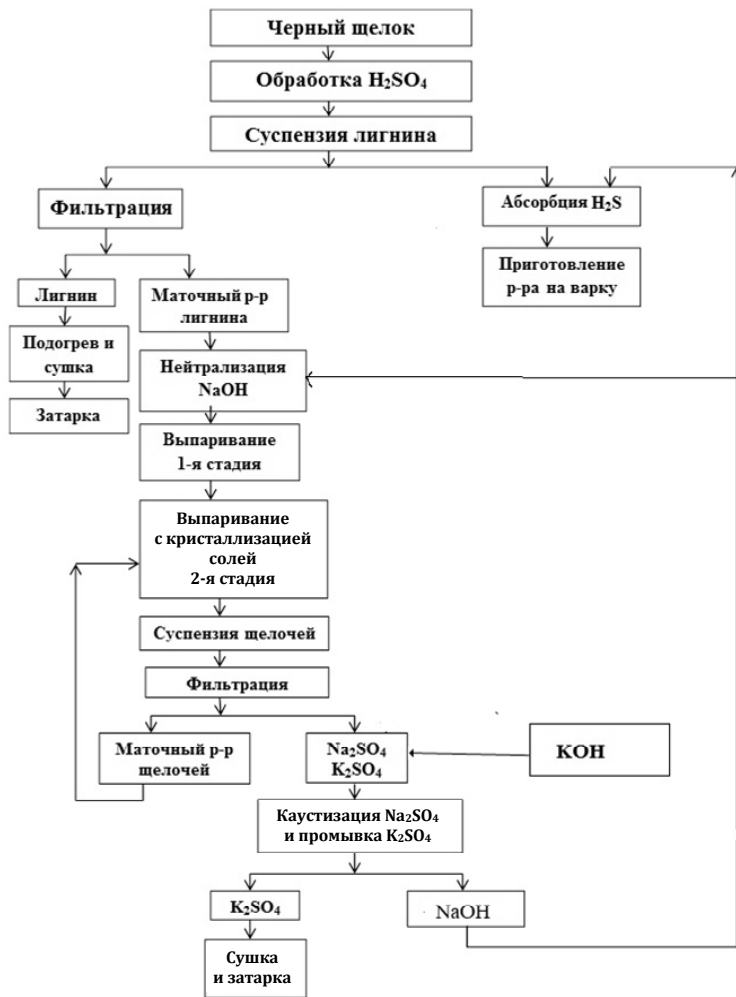
Взаимодействие материальных потоков в предлагаемом способе иллюстрируется здесь схематически.

*Методика исследования.* Объект исследования – слабый черный щелок после варки технологической щепы по сульфатному способу. Лабораторный или промышленный черный щелок подкисляли серной кислотой и получали два продукта: суспензию осажденного сульфатного лигнина, или лигниноуглеводного комплекса, и газообразные вещества. Суспензию фильтровали, после фильтрации промывали и высушивали в сушилке.

Цель исследования – выбор технологических параметров и их влияние на концентрацию сульфида натрия в белом щелоке.

Для постановки эксперимента выбран симплекс-метод (табл.1) по целочисленной матрице, где  $X_1$  – объем черного щелока;  $X_2$  – температура черного щелока;  $X_3$  – концентрация NaOH;  $X_4$  – число ступеней сорбции.

За нулевой уровень и шаг приняты следующие величины:  $X_1 = 50 \pm 25$  см<sup>3</sup>;  $X_2 = 20 \pm 10$  °C;  $X_3 = 30 \pm 15$  %;  $X_4 = 2 \pm 1$  ступени.



Принципиальная схема регенерации сульфидной щелочи  
Schematic diagram of the regeneration of sulfidic alkali

Составив матрицу планирования эксперимента по симплекс-методу и проведя в полученных точках эксперименты, получили концентрацию сульфида натрия (табл. 2) [Сидняев, 2001; Вилисова, 2001].

Таблица 1

**Уровни варьирования факторов**

**Levels of factors variation**

Фактор	Кодовое обозначение	Уровень		
		нижний $x_i = -1$	основной $x_i = 0$	верхний $x_i = +1$
Объем черного щелока, см <sup>3</sup>	$X_1$	25	50	75
Температура черного щелока, °С	$X_2$	10	20	30
Концентрация NaOH, %	$X_3$	15	30	45
Число ступеней сорбции, ст.	$X_4$	1	2	3

*Результаты исследования.* Анализ результатов показывает, что наилучшие результаты достигнуты: в опыте 1 – двумя ступенями абсорбции, при температуре черного щелока 30 °С и концентрации раствора NaOH 45%; в опыте 2 – одной ступенью абсорбции, при температуре черного щелока 10 °С и концентрации NaOH 45%.

Таблица 2

**Матрица планирования эксперимента по влиянию варьируемых параметров на концентрацию сульфида натрия по ступеням сорбции**

**Matrix of experiment design on the effect of variable parameters on the concentration of sodium sulfide in sorption steps**

Координаты точек симплекса	Номер опыта	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	Концентрация сульфида натрия (г/л) по ступеням абсорбера
	1	-1/25	+1/30	+1/45	+1/3	42,12
75,25						
46,32						
2	+1/75	-1/10	+1/45	+1/3	58,01	
					42,55	
					41,93	
3	+1/75	+1/30	-1/15	+1/3	43,29	
					41,73	
					44,27	
4	+1/75	+1/30	+1/45	-1/1	43,56	
5	-0,618/34	-0,618/14	-0,618/21	-0,618/1	43,25	

В результате проведенных опытов получен раствор с сульфидностью 85 %, т.е. выше, чем в обычном белом щелоке. Однако этот раствор может использоваться для варки. Повышенная сульфидность варочного раствора является положительной характеристикой процесса варки сульфатной целлюлозы, так как уменьшает продолжительность варки до определенной степени провара, ускоряет процесс делигнификации, а также увеличивает выход целлюлозы и позволяет сделать цикл замкнутым.

#### *Выводы.*

1. В эксперименте установлена принципиальная возможность абсорбции сероводорода раствором гидроксида с выполнением требований, предъявляемых к белому щелоку.

2. Достигнута высокая концентрация (до 75 г/л  $\text{Na}_2\text{S}$ ) при абсорбции сероводорода щелочным раствором.

#### **Библиографический список**

- Аким Э.Л.* Био-рефайнинг древесины // Химические волокна. 2016. № 3.
- Демин В.А.* Химия и технология сульфатных щелоков. Сыктывкар: СЛИ, 2013. 96 с.
- Непенин Ю.Н.* Производство сульфатной целлюлозы. М.: Лесн. пром-сть, 1990. 600 с.
- Плановский А.Н., Гуревич Д.А.* Аппаратура промышленности органических полупродуктов и красителей. М.: Госхимиздат, 1961. С. 337.
- Сидняев Н.И., Вилисова Н.Т.* Введение в теорию планирования эксперимента. М.: МГТУ им. Баумана, 2001. 32 с.
- Лигнины: структура, свойства и реакции : пер. с англ.; под ред. К.В. Сарканина, К.Х. Людвига. М.: Лесн. пром-сть, 1975. 632 с.
- Федорова О.В., Луканин П.В., Казаков В.Г., Самойленко Д.Е.* Модернизация технологического процесса переработки черных щелоков сульфатной целлюлозы // Журнал прикладной химии. 2016. Т. 89. Вып. 5. С. 654–659.
- Федорова О.В., Луканин П.В., Казаков В.Г., Субботина К.О., Самойленко Д.Е.* Влияние технологических параметров на извлечение органических соединений из растворов черного щелока производства сульфатной целлюлозы // Вестник СПГУТД. 2016. № 4. С. 49–52.
- Чудаков М.И.* Промышленное использование лигнина. 3-е изд., испр. и доп. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 200 с.
- Пат. 2281910 Российская Федерация, МПК С01В17/32. Способ получения гидросульфида натрия / Воронин А.В., Гареев А.Т., Кондратьев В.В., Краснов В.А., Мухаметов А.А., Соболев А.В., Титов В.М., Шатов А.А. Заявитель и правообладатель ГОУВПО УГЛУ № 2004134993/15; заявл. 30.11.2004; опубл. 20.08. 2006. Бюл. № 23.

Пат. 2257437 Российская Федерация, МПК D21C3/02. Способ получения целлюлозосодержащего материала / Вураско А.В., Агеев А.Я. Заявитель и правообладатель ГОУВПО УГЛУ № 2004128853/12; заявл. 09.29.2004; опубл. 27.07.2005. Бюл. № 21.

Пат. 2617569 Российская федерация МПК D21C11/00. Способ кислотно-щелочной переработки черного щелока сульфатного производства целлюлозы / Казаков В.Г., Луканин П.В., Смирнова О.С. Заявитель и правообладатель СПБГТУРП № 2014108629 ; заявл.05.03.2014; опубл. 25.04. 2017. Бюл. № 25.

Технология целлюлозно-бумажного производства. Т. 1 Сырье и производство полуфабрикатов. Ч. 2. Производство полуфабрикатов / ВНИИБ. СПб., 2003. 265 с.

*Astarita G., Gioia F.* Simultaneous absorption of hydrogen sulfide and carbon dioxide in aqueous hydroxide solutions // *Istituto di Chimica Industriale.* 1965. No. 4(3). P. 317–320.

*Conzales C., Alvarez R., Coca J.* Effects of the Use of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in Producing Humic Materials from Kraft Black Liquors // *Bioresource Tecnology.* 1992. No. 40. P. 81–83.

*Bontozoglou V., Anastasios J.* Karabelas Numerical Calculation of Simultaneous // Absorption of H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> in Aqueous Hydroxide Solutions. 1991. No. 30(12). P. 2598–2603.

*Cardoso M., Dominigos de Oliveira E., Passos M.L.* Chemical composition and physical properties of black liquors and their effects on liquor recovery operation in Brazilian pulp mills // *Fuel.* 2009. No. 88. P. 756–763.

*Gioia F., Astarita G.* A general hydrogen solution to the problem of sulfide absorption in alkaline solution // *Ind Eng Chem.* 1967. No. 6. P. 370–375.

*Muryantoa, Triwahyunia E., Hendarsyaha H., Abimanyua H.* Reuse black liquor of alkali pretreatment in bioethanol production // 2nd International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application, 2015. P. 236–243.

*Wertz J.-L., Deleu M., Coppee S., Richel A.* Hemicelluloses and Lignin in Biorefineries. Taylor & Francis Group, 2018.

## References

- Akim E.L.* Bio-refining of wood // *Chemical fibers.* 2016. No. 3.
- Demin V.A.* Chemistry and technology of sulphate liquor. Syktyvkar: SLI, 2013. 96 p.
- Nepenin Yu.N.* Production of sulphate pulp. M.: Forest industry, 1990. 600 p.
- Planovsky A.N., Gurevich D.A.* Equipment for the industry of organic intermediates and dyes. M.: Goskhimizdat, 1961. P. 337.
- Sidnyaev N.I., Vilisova N.T.* Introduction to the theory of experiment planning. M.: Bauman Moscow State Technical University, 2001. 32 p.
- Lignins: structure, properties and reactions / ed. K.V. Sarkanena, K.Kh. Ludwig; translation from engl. M., 1975. 632 p.
- Fedorova O.V., Lukanin P.V., Kazakov V.G., Samoylenko D.E.* Modernization of the technological process of processing black sulphate cellulose liquors. *Zhurnal prikladnoj himii*, vol. 89, no. 5, pp. 654–659.

*Fedorova O.V., Lukanin P.V., Kazakov V.G., Subbotina K.O., Samoilenko D.E.* Influence of technological parameters on the extraction of organic compounds from black liquor solutions of sulphate pulp production. *Vestnik SPGUTD*, 2016, no. 4, pp. 49–52.

*Chudakov M.I.* Industrial use of lignin. 3rd ed., corr. and add. M., 1983. 200 p.

Pat 2281910 Russian Federation, IPC C01B17 / 32. Sodium hydrosulfide production method / Voronin A.V., Gareev A.T., Kondratiev V.V., Krasnov V.A., Mukhamevov A.A., Sobolev A.V., Titov V.M., Shatov A. BUT. applicant and rightholder public educational institution UGLU No. 2004134993/15; declare November 30, 2004; publ. 20.08. 2006. Bull. No. 23

Pat 2257437 Russian Federation, IPC D21C3 / 02. The method of obtaining cellulose-containing material / Vurasko A. V, Ageev A. Ya. The applicant and the copyright holder of the State Educational Institution of Higher Professional Education UGLU No. 2004128853/12; declare 09.29.2004; publ. 27.07. 2005. Bull. No. 21

Pat 2617569 Russian Federation IPC D21C11 / 00. Method for acid-base processing of black liquor sulphate pulp production / Kazakov V.G., Lukanin P.V., Smirnova O.S. Applicant and rightholder SPbGTURP No. 2014108629; announced 05.03.2014; publ. 25.04. 2017. Bull. No. 25

Pulp and paper production technology. T.I. Raw materials and production of semi-finished products. Part 2 Production of semi-finished products / VNIIB. St. Petersburg, 2003. 265 p.

*Astarita G., Gioia F.* Simultaneous absorption of hydrogen sulfide and carbon dioxide in aqueous hydroxide solutions. *Istituto di Chimica Industriale*, 1965, no. 4(3), pp. 317–320.

*Conzales C., Alvarez R., Coca J.* Effects of the Use of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in Producing Humic Materials from Kraft Black Liquors. *Bioresource Tecnology*, 1992, no. 40, pp. 81–83.

*Bontozoglou V., Anastasios J.* Karabelas Numerical Calculation of Simultaneous, Absorption of H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> in Aqueous Hydroxide Solutions, 1991, no. 30(12), pp. 2598–2603.

*Cardoso M., Dominigos de Oliveira E., Passos M.L.* Chemical composition and physical properties of black liquors and their effects on liquor recovery operation in Brazilian pulp mills. *Fuel*, 2009, no. 88, pp. 756–763.

*Gioia F., Astarita G.* A general hydrogen solution to the problem of sulfide absorption in alkaline solution. *Ind Eng Chem.*, 1967, no. 6, pp. 370–375.

*Muryantoa, Triwahyunia E., Hemdarsyaha H., Abimanyua H.* Reuse black liquor of alkali pretreatment in bioethanol production. *2nd International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application*, 2015, pp. 236–243.

*Wertz J.-L., Deleu M., Coppee S., Richel A.* Hemicelluloses and Lignin in Biorefineries. Taylor & Francis Group, 2018.

*Материал поступил в редакцию 13.01.2019 г.*



**Федорова О.В., Казаков В.Г., Субботина К.О.** Абсорбция раствором гидроксида натрия сероводорода, выделяемого при воздействии серной кислотой на черный щелок сульфатцеллюлозного производства // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2019. Вып. 226. С. 197–207. DOI: 10.21266/2079-4304.2019.226.197-207

При обработке черного щелока сульфат-целлюлозного производства серной кислотой (с целью частичного или полного высаждения сульфатного лигнина) происходит выделение сероводорода и других серосодержащих газов. Рассмотрен процесс поглощения этих газов путем абсорбции водным раствором гидроксида натрия. Процесс подкисления черного щелока серной кислотой сопровождается выделением сероводорода, который должен подвергаться абсорбции. Промышленные методы получения сульфатного лигнина предусматривают применение абсорбции сероводорода водными растворами гидроксида натрия. В качестве абсорбентов при поглощении серосодержащих газов применяют растворы щелочи или воду в зависимости от состава сероводородных газов и дальнейшего использования продуктов абсорбции. Водные растворы гидроксида натрия применяются для абсорбции в тех случаях, когда обработке подвергаются значительные объемы газов, содержащих преимущественно сероводород. При этом в процессе абсорбции получается раствор сульфида натрия. В случае подкисления черного щелока серной кислотой абсорбция подвергается сероводород, который содержит и другие примеси. Для того чтобы абсорбция сероводорода гидроксидом натрия прошла с образованием конечного продукта сульфида натрия, необходимо использовать определенную концентрацию щелочи. Для достижения необходимого результата использовался симплекс-метод по целочисленной матрице, который позволил выбрать оптимальные параметры проведения процесса абсорбции сероводорода гидроксидом натрия. В результате получен раствор белого щелока с высокой сульфидностью, что является положительной характеристикой процесса варки сульфатной целлюлозы, так как уменьшает продолжительность варки до определенной степени провара, облегчает процесс делигнификации, а также увеличивает выход целлюлозы. Это позволяет уменьшить расход реагентов при приготовлении белого щелока, подаваемого на варку технологической щепы. По предложенному методу осаждение лигноуглеводного комплекса из черного щелока проводят без применения сорорегенерационных котлов, где процесс получения белого щелока связан с получением плава щелочей и последующим получением из него зеленого щелока, с дальнейшей регенерацией белого щелока, используемого для варки сульфатной целлюлозы. В результате установлена принципиальная возможность абсорбции сероводорода раствором гидроксида с выполнением требований, предъявляемых к белому щелоку.

**Ключевые слова:** абсорбция сероводорода, щелочные растворы, черный щелок, сульфатная целлюлоза.

**Fedorova O.V., Kazakov V.G., Subbotina K.O.**, Absorption of H<sub>2</sub>S with sodium hydroxide from the black liquor of sulfate pulp production. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2019, is. 226, pp. 197–207 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2019.226.197-207

While black liquor from sulfate pulp process treatment with sulfuric acid (for partial or full sulfate lignin precipitation) emission of hydrosulfide and other sulfur containing gasses happens. It is reviewed process of the gasses absorption by sodium hydroxide solution. The process of acidification of black liquor with sulfuric acid is accompanied by the release of hydrogen sulfide, which must undergo absorption. Industrial methods for producing sulphate lignin involve the use of hydrogen sulfide absorption by aqueous solutions of sodium hydroxide. Alkali solutions or water are used as absorbents for absorption of sulfur-containing gases, depending on the composition of hydrogen sulfide gases and the further use of absorption products. Aqueous solutions of sodium hydroxide are used for absorption in cases where significant volumes of gases containing predominantly hydrogen sulfide are processed. In the process of absorption is obtained a solution of sodium sulfide. In the case of acidification of black liquor with sulfuric acid, hydrogen sulfide is subjected to absorption, which contains other impurities. In order for the absorption of hydrogen sulfide by sodium hydroxide to form the final product of sodium sulfide, it is necessary to use a certain concentration of alkali. To achieve the required results, a simplex method was used for the integer matrix, which allows choosing the optimal parameters for the process of hydrogen sulfide absorption by sodium hydroxide. As a result of the experiment, a solution of white liquor with high sulfidity is obtained, which is a positive characteristic of the sulphate pulp boiling process, as it reduces the cooking time to a certain degree of penetration, facilitates the delignification process, and also increases the cellulose yield. This allows reducing the consumption of reagents in the preparation of white liquor fed to the cooking chips. According to the proposed method, the precipitation of the black liquor lignohydrocarbon complex is carried out without the use of soda recovery boilers, where the process of obtaining white liquor is associated with obtaining alkaline water and subsequent production of green liquor from it, with further regeneration of white liquor used for cooking sulphate pulp. As a result of the experiment, the principal possibility of hydrogen sulfide absorption by a hydroxide solution was established with the fulfillment of the requirements for white liquor.

**Key words:** hydrogen sulfide absorption, alkaline solutions, black liquor, sulphate pulp.

---

**ФЕДОРОВА Олеся Вячеславовна** – старший преподаватель кафедры общей и неорганической химии Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД.

198095, ул. Ивана Черных, д. 4, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: odo.gturp@mail.ru

**FEDOROVA Olesya V.** – Senior Lecturer of the Department of General and Inorganic Chemistry . Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, High School of Technology and Energetics, SPbSUITD.

198095, Ivana Chernykh str. 4. St. Petersburg. Russia. E-mail: odo.gturp@mail.ru

**КАЗАКОВ Владимир Григорьевич** – профессор кафедры промышленной энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, доктор технических наук.

198095, ул. Ивана Черных, д. 4, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: k64089@yandex.ru

**KAZAKOV Vladimir G.** – DSc (Technical), Professor, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, High School of Technology and Energetics, SPbSUITD.

198095, Ivana Chernykh str. 4. St. Petersburg. Russia. E-mail: k64089@yandex.ru

**СУББОТИНА Катерина Олеговна** – магистр Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД.

198095, ул. Ивана Черных, д. 4, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: katrinsubbotina@yandex.ru

**SUBBOTINA Katerina O.** – magister, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, High School of Technology and Energetics, SPbSUITD,

198095, Ivana Chernykh str. 4. St. Petersburg. Russia. E-mail: katrinsubbotina@yandex.ru