

УДК 542.61

РЕЭКСТРАКЦИЯ ВАНИЛИНА ИЗ ОКТАНОЛА БИСУЛЬФИТОМ НАТРИЯ*В.Е. Тарабанько, Ю.В. Челбина, К.Л. Кайгородов, А.А. Ильин, М.А. Смирнова**Институт химии и химической технологии СО РАН**ФИЦ КНЦ СО РАН (г. Красноярск)*© Тарабанько В.Е., Челбина Ю.В.,
Кайгородов К.Л., Ильин А.А.,
Смирнова М.А., 2022

Аннотация. В статье изучено влияние начальных концентраций ванилина и бисульфита натрия, а также ионной силы раствора на равновесие реэкстракции ванилина в виде бисульфитного производного в системе октанол – вода. Установлено, что в области насыщенных концентраций NaHSO_3 ванилин-бисульфитное производное выпадает в осадок и наблюдаемый коэффициент распределения ванилина из органической фазы в водную и твердую достигает значений 200–250.

Ключевые слова: ванилин, экстракция, реэкстракция, ванилин-бисульфитное производное.

DOI: 10.46573/2658-7459-2022-82-90**ВВЕДЕНИЕ**

Окисление лигносульфонатов в щелочной среде в 1940–1970 гг. было основным методом производства ванилина и в масштабе 1 тыс. т/год сохранилось до настоящего времени [1–3]. Активно исследуются возможности использования нативных, ферментативных и других лигнинов для получения ванилина и сиреневого альдегида [4–6].

Продукты окисления лигнинов, помимо ванилина, в значительных концентрациях содержат различные фенолы, карбоновые кислоты и другие гидроксипроизводные [7, 8], что затрудняет выделение ванилина и его очистку. Содержание карбонильных групп в лигнинах и продуктах их окисления, наоборот, невелико. Эта особенность продуктов окисления лигнинов применяется для первичной очистки ванилина бисульфитированием, его реэкстракцией из органической фазы в водный раствор бисульфита натрия [7, 9, 10]:



Применение бисульфитирования для идентификации и очистки альдегидов общеизвестно, однако количественные данные по устойчивости ванилин-бисульфитного производного крайне ограничены ($K_{\text{obs}} = 350 \pm 20$ при концентрации бисульфита натрия в растворе до 1 моль/л [11]). Известные сведения по устойчивости других бисульфитных производных ограничиваются в основном бензальдегидом ($\lg K_{\text{obs}} = 3,8$ при $\text{pH} = 4-6$ [12, 13]). Равновесия других альдегидов и метилкетонов рассмотрены, например, в статье [14].

В патентной литературе, в которой бисульфитирование ванилина указано как способ его очистки [15, 16], не представлены решения, позволяющие улучшить процесс, описанный в источниках [9, 17]. Отметим способ осаждения ванилин-бисульфитного

производного из водных растворов хлоридами натрия или калия [18]. Избыток NaCl осаждает ванилин-бисульфитное производное путем его высаливания, а в присутствии KCl в осадок выпадает малорастворимое калий-ванилин-бисульфитное производное. Осадок отделяют от избытка бисульфита, после чего ванилин выделяют подкислением. За исключением патента [18], дальнейшее выделение ванилина проводят путем подкисления раствора, содержащего избыток бисульфита натрия, серной кислотой и удаления сернистого ангидрида. Избыток NaHSO_3 может быть довольно большим: по данным работы [9], на 1 кг ванилина расходуется 3,2 кг бисульфита натрия, что соответствует четырех-пятикратному избытку от стехиометрии. Удаляемый сернистый ангидрид может быть возвращен в цикл получения ванилин-бисульфитного производного, но избыток бисульфита в процессе требует дополнительных расходов серной кислоты и щелочи на его разрушение и регенерацию.

Цель работы состоит в поиске способов повышения эффективности извлечения ванилина из органической фазы в системе экстрагент – водный раствор бисульфита натрия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В пробирку к раствору с заданной концентрацией ванилина в октанол добавляли водный раствор NaHSO_3 при соотношении объемов $V_{\text{org}} : V_{\text{aq}} = 10 : 1$. Далее содержимое пробирки встряхивали 5 мин, при этом в области высоких концентраций ванилина и NaHSO_3 выпадал осадок. Органическую фазу (октанол) от осадка отделяли фильтрованием через стеклянный фильтр. Для расчета концентрации ванилина в органической фазе определяли оптическую плотность раствора ванилина в октанол до и после экстракции ($\lambda = 325$ нм).

Для определения содержания ванилина в осадке высушенный осадок растворяли в воде, подкисляли 30%-й серной кислотой и отдували сернистый ангидрид потоком воздуха в течение 5 ч. Полученную взвесь ванилина экстрагировали хлороформом и анализировали методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ). Содержание ванилина в водной фазе после отделения октанола и осадка ванилин-бисульфитного производного также определяли методом ГЖХ [4].

Коэффициент распределения ванилина рассчитывали как отношение равновесных концентраций ванилина в водной и органической фазах:

$$D = [\text{Van}]_{\text{aq}} / [\text{Van}]_{\text{org}}, \quad (2)$$

где $[\text{Van}]_{\text{aq}}$ и $[\text{Van}]_{\text{org}}$ – равновесные концентрации ванилина в водной и органической фазах соответственно.

В случае трехфазных систем (при образовании осадка ванилин-бисульфитного производного) рассчитывали эффективный коэффициент распределения ванилина из органической фазы D_4 , в котором вместо равновесной концентрации в водной фазе использовали сумму масс ванилина в водной и твердой фазах, отнесенную к объему водной фазы V_{aq} :

$$[\text{Van}]_{\text{aq}} = (m(\text{Van}_{\text{aq}}) + m(\text{Van}_{\text{solid}})) / V_{\text{aq}}; \quad (3)$$

$$D_4 = (m(\text{Van}_{\text{aq}}) + m(\text{Van}_{\text{solid}})) / (V_{\text{aq}} [\text{Van}]_{\text{org}}). \quad (4)$$

Именно отношение (4) характеризует эффективность реэкстракции ванилина из органической фазы раствором бисульфита в трехфазной системе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наиболее просто из представленных ниже зависимостей выглядит кривая, связывающая наблюдаемый коэффициент распределения ванилина в системе октанол – водный раствор NaHSO_3 с ионной силой, т. е. концентрацией вводимого в систему сульфата натрия (рис. 1). Эта зависимость линейна и характеризуется значительной крутизной: коэффициент распределения ванилина падает в три раза при увеличении концентрации Na_2SO_4 от 0 до 1,2 М и практически вдвое в интервале концентраций 0,5–1,0 М. Для сравнения отметим, что увеличение концентрации NaHSO_3 в том же интервале (от 0,5 до 1,0 М) повышает коэффициент распределения ванилина вдвое [11]. В статье [11] раствор бисульфита готовили подкислением сульфита натрия серной кислотой, следовательно, в нем содержалось полмоля сульфата натрия на моль бисульфита, и это следует учитывать при оценке влияния ионной силы на прочность натрий-бисульфитного производного. Результаты, приведенные в статье [11], и рис. 1 показывают, что ионная сила оказывает значительное влияние на равновесие (1).

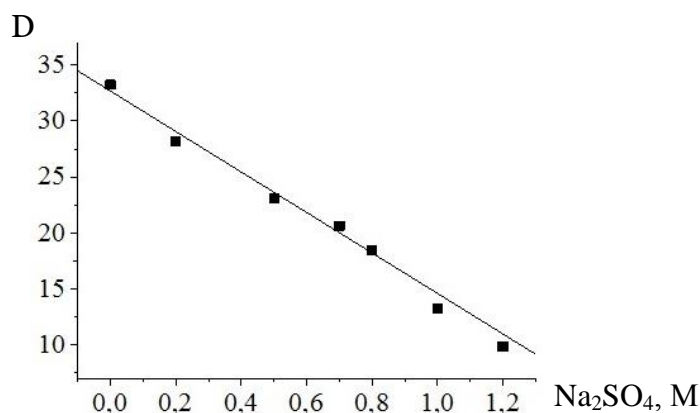


Рис. 1. Зависимость коэффициента распределения ванилина в системе 2,04 М раствор бисульфита натрия – октанол от концентрации сульфата натрия в растворе.

Условия процесса: 0,066 М ванилина в органической фазе; $V_{\text{org}} : V_{\text{aq}} = 10 : 1$

Влияние сульфата натрия на равновесие (1) не может быть связано с депротонированием бисульфит-иона сульфат-ионом, так как константы диссоциации бисульфит- и гидросульфат-ионов различаются слишком сильно ($\text{p}K_a = 7,2$ и $1,9$ соответственно). В приближении электростатических взаимодействий полученная зависимость объясняется снижением энергии взаимодействия в системе заряд – диполь (бисульфит-ион и карбонильная группа ванилина соответственно) при увеличении диэлектрической проницаемости среды. Следует иметь в виду и высаливающие эффекты, которые могут в несколько раз менять коэффициенты распределения [19].

Сильное влияние ионной силы на константу равновесия образования ванилин-бисульфитного производного и коэффициент распределения ванилина может проявляться в зависимости последнего от концентрации бисульфита натрия в растворе. Действительно, при малых концентрациях ванилина (0,02 М) в области концентраций NaHSO_3 2–4 М коэффициент распределения первого почти не зависит от концентрации второго, а при переходе в область концентраций NaHSO_3 4,5–6 М падает в два раза (рис. 2). Такую необычную зависимость коэффициента распределения ванилина от концентрации

бисульфита можно объяснить значительным влиянием ионной силы, создаваемой ионами Na^+ и HSO_3^- , на рассматриваемое экстракционное равновесие и равновесие (1).

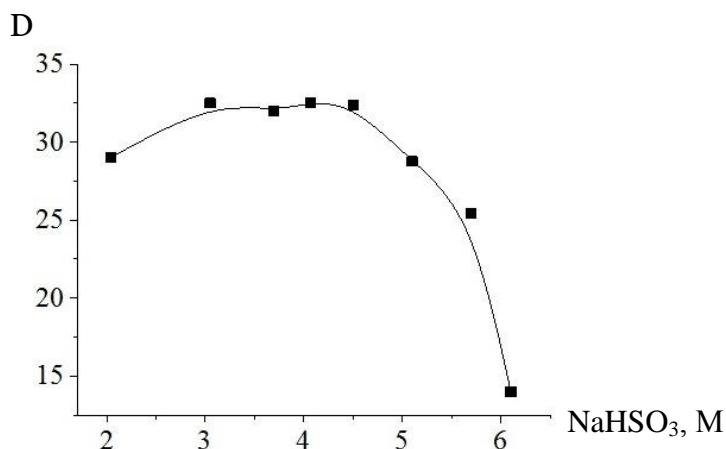


Рис. 2. Зависимость коэффициента распределения ванилина от концентрации бисульфита натрия в системе октанол – вода. Условия процесса: исходная концентрация ванилина в органической фазе 0,02 М; $V_{\text{org}} : V_{\text{aq}} = 10 : 1$

Зависимости наблюдаемого коэффициента распределения (в том числе эффективного, рассчитанного по уравнению (4)) D_4 от концентрации ванилина при различных концентрациях бисульфита натрия представлены на рис. 3.

При концентрации бисульфита натрия 3,6 М зависимость имеет слабовыраженный экстремум со значениями D_{max} около 50. Нисходящая ветвь кривой при исходной концентрации ванилина более 0,3 М, очевидно, обусловлена снижением равновесной концентрации HSO_3^- -иона вследствие его связывания с ванилином (1).

В области насыщенных концентраций бисульфита натрия (6,1 М) зависимость кажущегося коэффициента распределения от концентрации ванилина имеет экстремальный характер со значениями $D_{4\text{max}}$ вплоть до 250 (рис. 3), что на порядок превышает значения коэффициентов распределения, полученных при концентрациях NaHSO_3 до 1,2 М [11]. Положение максимума по оси абсцисс соответствует мольному отношению грузовок ванилина и бисульфита около 1 : 2. Высокие коэффициенты распределения и их экстремальная зависимость обусловлены выпадением осадка ванилин-бисульфитного производного: его масса определена и содержание ванилина в нем близко к исходной загрузке альдегида (рис. 4). Линейность зависимости массы осадка от массы загруженного ванилина сохраняется вплоть до отношения последнего к загрузке бисульфита 1 : 2 моль на моль; тангенс угла наклона этой прямой равен 0,94 мг/мг, т. е. 94 % ванилина переходит из фазы октанола в осадок.

При снижении концентрации бисульфита на 16 % (с 6,1 до 5,1 М) максимальный коэффициент распределения падает вдвое, но экстремальная зависимость сохраняется (рис. 3). Такое резкое падение, очевидно, связано с ослаблением высаливающего эффекта, ростом растворимости ванилин-бисульфитного производного при снижении концентрации NaHSO_3 в растворе.

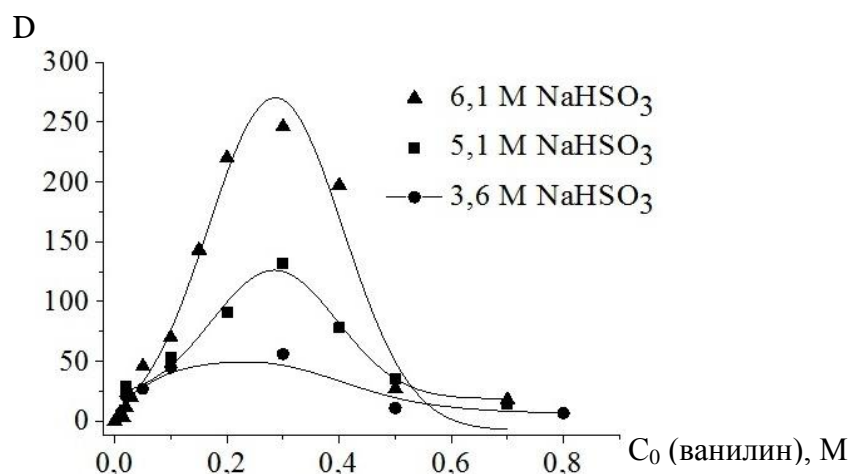


Рис. 3. Зависимость кажущегося коэффициента распределения ванилина от его исходной концентрации в системе октанол – вода.

Условия процесса: исходные концентрации бисульфита натрия 6,1 М (верхняя кривая и ее начальный участок справа), 5,1 М (средняя кривая) и 3,6 М (нижняя кривая); $V_{\text{org}} : V_{\text{aq}} = 10 : 1$

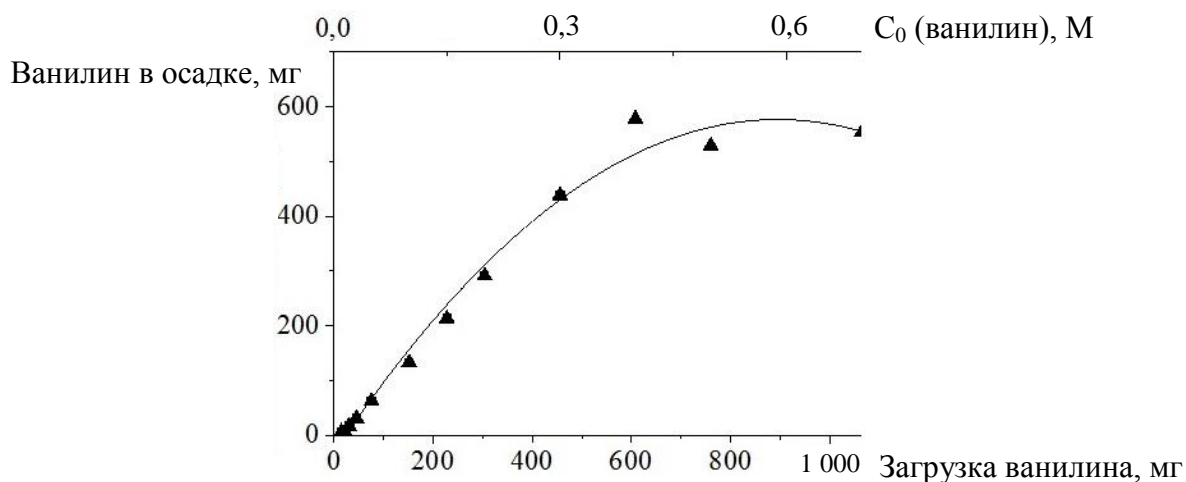


Рис. 4. Зависимость массы ванилина в осадке бисульфитного производного от его загрузки (верхняя абсцисса). Верхняя координата – исходная концентрация ванилина в октанол.

Условия процесса: 1 мл 6,1 М бисульфита натрия; 10 мл октанола

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что натриевая соль ванилин-бисульфитного производного осаждается из насыщенных растворов бисульфита натрия, для этого не требуется дополнительных высаливающих агентов, как это сделано в патенте [18]. Доля выпадающего в осадок ванилина достигает 90–94 % и легко отделяется от избыточного бисульфита натрия в растворе. Это позволяет сократить расход серной кислоты на разложение ванилин-бисульфитного производного вплоть до стехиометрического.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Diddams D.G., Krum J.K. Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology. 2nd ed. New York: Interscience. 1970. Vol. 21. P. 183–196.
2. Hocking M.B. Vanillin: synthetic flavoring from spent sulfite liquor // *Journal of Chemical Education*. 1997. Vol. 74. No. 9. P. 1055–1059.
3. Voitl T., Rohr F.R. Reply to comments on demonstration of a process for the conversion of kraft lignin into vanillin // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2010. Vol. 49. P. 3501–3503.
4. Tarabanko V.E., Kaygorodov K.L., Vigul D.O., Tarabanko N., Chelbina Y.V., Smirnova M.A. Influence of acid prehydrolysis on the process of wood oxidation into vanillin and pulp // *Journal of Wood Chemistry and Technology*. 2020. Vol. 40. Iss. 6. P. 421–433. DOI: 10.1080/02773813.2020.1835984.
5. Tarabanko V.E., Tarabanko N. Catalytic oxidation of lignins into the aromatic aldehydes: general process trends and development prospects // *International Journal of Molecular Sciences*. 2017. Vol. 18. P. 2421. DOI: 10.3390/ijms18112421.
6. Rodrigues Pinto P.C., Borges da Silva E.A., Rodrigues A.E. Insights into oxidative conversion of lignin to high-added-value phenolic aldehydes // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2011. Vol. 50. P. 741–748.
7. Чудаков М.И. Промышленное использование лигнина. М.: Лесная промышленность. 1983. 154 с.
8. Грушников О.П., Елкин В.В. Достижения и проблемы химии лигнина. М.: Наука. 1973. 189 с.
9. Камалдина О.Д., Массов Я.А. Получение ванилина из лигносульфонатов. М.: ЦБТИ ЦИНИС. 1959. 38 с.
10. Mota M.I.F., Rodrigues Pinto P.C., Loureiro J.M., Rodrigues A.E. Recovery of vanillin and syringaldehyde from lignin oxidation: a review of separation and purification processes // *Separation & Purification Reviews*. 2016. Vol. 45. Iss. 3. P. 227–259.
11. Тарабанько В.Е., Челбина Ю.В., Кайгородов К.Л. Исследование экстракции ванилина монооктиламином и трибутилфосфатом // *Химия растительного сырья*. 2008. № 4. С. 89–94.
12. Kokesh F.C., Hall R.H. Reexamination of the equilibrium addition of bisulfate and sulfite ions to benzaldehyde // *The Journal of Organic Chemistry*. 1975. Vol. 40. P. 1632–1636.
13. Olson T.M., Boyce S.D., Hoffmann M.R. Kinetics, thermodynamics, and mechanism of the formation of benzaldehyde-sulfur (IV) adducts // *The Journal of Physical Chemistry*. 1986. Vol. 90. P. 2482–2488.
14. Губарева М.А. Бисульфитные соединения альдегидов и кетонов. I. К изучению равновесия реакции присоединения в водных растворах // *Журнал общей химии*. 1947. Т. 17. № 12. С. 2259–2264.
15. Major F.W., Nicolle F.M.A. *Vanillin recovery process*. US Pat. 4021493. 1977.
16. Marshall H.B., Vincent D.L. *Production of syringaldehyde from hardwood waste pulping liquors*. US Pat. 4075248. 1978.
17. Массов Я.А. Факторы, влияющие на бисульфитацию ванилина в процессе экстракции. *Сборник трудов ВНИИГС*. 1959. Т. VII. С. 157–162.
18. Tcherniak J. *Improvements in the separation and purification of vanillin*. GBPat. 268158. 1926.

19. Ефремов А.А., Константинов А.П., Кузнецов Б.Н. Экстракция левоулиновой кислоты и левогликозенона из водных растворов некоторыми органическими растворителями // *Журнал аналитической химии*. 1994. Т. 49. № 8. С. 822–824.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ТАРАБАНЫКО Валерий Евгеньевич – д-р хим. наук, профессор, г. н. с. лаборатории физико-химических методов исследования материалов Института химии и химической технологии (обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»), 660036, Красноярск, Академгородок, д. 50, стр. 24. E-mail: veta@icct.ru

ЧЕЛБИНА Юлия Вячеславовна – канд. хим. наук, м. н. с. лаборатории физико-химических методов исследования материалов Института химии и химической технологии (обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»), 660036, Красноярск, Академгородок, д. 50, стр. 24. E-mail: agafon5@mail.ru

КАЙГОРОДОВ Константин Леонидович – м. н. с. лаборатории физико-химических методов исследования материалов Института химии и химической технологии (обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»), 660036, Красноярск, Академгородок, д. 50, стр. 24. E-mail: kulik@icct.ru

ИЛЬИН Александр Анатольевич – аспирант лаборатории физико-химических методов исследования материалов Института химии и химической технологии (обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»), 660036, Красноярск, Академгородок, д. 50, стр. 24. E-mail: aailyun@mail.ru

СМИРНОВА Марина Александровна – канд. хим. наук, н. с. лаборатории физико-химических методов исследования материалов Института химии и химической технологии (обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»), 660036, Красноярск, Академгородок, д. 50, стр. 24. E-mail: smirnova.ma@icct.krasn.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Тарабанько В.Е., Челбина Ю.В., Кайгородов К.Л., Ильин А.А., Смирнова М.А. Реэкстракция ванилина из октанола бисульфитом натрия // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2022. № 1 (13). С. 82–90.

STRIPPING VANILLIN FROM OCTANOL WITH SODIUM BISULFITE SOLUTION

V.E. Tarabanko, Y.V. Chelbina, K.L. Kaygorodov, A.A. Ilyin, M.A. Smirnova
Institute of Chemistry and Chemical Technology SB of RAS (Krasnoyarsk)

Abstract. The influence of initial concentrations of vanillin and sodium bisulfite, and ionic strength of solutions on the stripping equilibrium in a water-octanol system has been studied. Vanillin-bisulfite adduct was found to precipitate from the saturated sodium bisulfite

solutions, and the observed distribution ratio of vanillin from organic into water and solid phases attained values of 200–250.

Keywords: vanillin, extraction, stripping vanillin, bisulfitation.

REFERENCES

1. Diddams D.G., Krum J.K. Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology. 2nd ed. New York: Interscience. 1970. Vol. 21. P. 183–196.
2. Hocking M.B. Vanillin: synthetic flavoring from spent sulfite liquor. *Journal of Chemical Education*. 1997. Vol. 74. No. 9. P. 1055–1059.
3. Voithl T., Rohr F.R. Reply to comments on demonstration of a process for the conversion of kraft lignin into vanillin. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2010. Vol. 49. P. 3501–3503.
4. Tarabanko V.E., Kaygorodov K.L., Vigul D.O., Tarabanko N., Chelbina Y.V., Smirnova M.A. Influence of acid prehydrolysis on the process of wood oxidation into vanillin and pulp. *Journal of Wood Chemistry and Technology*. 2020. Vol. 40. Iss. 6. P. 421–433. DOI: 10.1080/02773813.2020.1835984.
5. Tarabanko V.E., Tarabanko N. Catalytic oxidation of lignins into the aromatic aldehydes: general process trends and development prospects. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017. Vol. 18. P. 2421. DOI: 10.3390/ijms18112421.
6. Rodrigues Pinto P.C., Borges da Silva E.A., Rodrigues A.E. Insights into oxidative conversion of lignin to high-added-value phenolic aldehydes. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2011. Vol. 50. P. 741–748.
7. Chudakov M.I. Promyshlennoe ispol'zovanie lignina [Industrial uses of lignin]. M.: Lesnaya promyshlennost'. 1983. 154 p. (In Russian).
8. Grushnikov O.P., Yolkin V.V. Dostigneniya i problemy himii lignina [Achievements and problems of lignin chemistry]. M.: Nauka. 1973. 189 p. (In Russian).
9. Kamaldina O.D., Massov Ya.A. Poluchenie vanilina iz lignosul'fonatov [Obtaining vanillin from lignosulfonates]. M.: CBTI CINIS. 1959. 38 p. (In Russian).
10. Mota M.I.F., Rodrigues Pinto P.C., Loureiro J.M., Rodrigues A.E. Recovery of vanillin and syringaldehyde from lignin oxidation: a review of separation and purification processes. *Separation & Purification Reviews*. 2016. Vol. 45. Iss. 3. P. 227–259.
11. Tarabanko V.E., Chelbina Yu.V., Kaydorodov K.L. Study of the vanillin extraction by monoethylamine and tributyl phosphate. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2008. № 4, pp. 89–94. (In Russian).
12. Kokesh F.C., Hall R.H. Reexamination of the equilibrium addition of bisulfate and sulfite ions to benzaldehyde. *The Journal of Organic Chemistry*. 1975. Vol. 40. P. 1632–1636.
13. Olson T.M., Boyce S.D., Hoffmann M.R. Kinetics, thermodynamics, and mechanism of the formation of benzaldehyde-sulfur (IV) adducts. *The Journal of Physical Chemistry*. 1986. Vol. 90. P. 2482–2488.
14. Gubareva M.A. Bisulfite compounds of aldehydes and ketones. I. To the study of the addition reaction equilibrium in aqueous solutions. *Zhurnal obshchey khimii*. 1947. Vol. 17. No. 12, pp. 2259–2264. (In Russian).
15. Major F.W., Nicolle F.M.A. *Vanillin recovery process*. US Pat. 4021493. 1977.
16. Marshall H.B., Vincent D.L. *Production of syringaldehyde from hardwood waste pulping liquors*. US Pat. 4075248. 1978.

17. Massov Ya.A. Factor saffecting vanillin bisulfitation during extraction. *Collection of works of VNIIGS*. 1959. Vol. 7, pp. 157–162. (In Russian).
18. Tcherniak J. *Improvements in the separation and purification of vanillin*. GBPat. 268158. 1926.
19. Efremov A.A., Konstantinov A.P., Kyznetsov B.N. Extraction of levulinic acid and levoglucosenone from aqueous solutions by some organic solvents. *Zhurnal analiticheskoy himii*. 1994. Vol. 49. No. 8, pp. 822–824. (In Russian).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

TARABANKO Valery Evgen'evich – Doctor of Chemical Science, Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Physico-Chemical Methods of Materials Research of the Institute of Chemistry and Chemical Technology (a separate subdivision of the Federal Research Center «Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences»), p. 24, 50, Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036. E-mail: *veta@icct.ru*

CHELBINA Yulia Vyacheslavovna – Candidate of Chemical Science, Junior Researcher of the Laboratory of Physico-Chemical Methods of Materials Research of the Institute of Chemistry and Chemical Technology (a separate subdivision of the Federal Research Center «Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences»), p. 24, 50, Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036. E-mail: *agafon5@mail.ru*

KAYGORODOV Konstantin Leonidovich – Junior Researcher of the Laboratory of Physico-Chemical Methods of Materials Research of the Institute of Chemistry and Chemical Technology (a separate subdivision of the Federal Research Center «Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences»), p. 24, 50, Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036. E-mail: *kulik@icct.ru*

ILYIN Alexander Anatolievich – Postgraduate Student of the Laboratory of Physico-Chemical Methods of Materials Research of the Institute of Chemistry and Chemical Technology (a separate subdivision of the Federal Research Center «Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences»), p. 24, 50, Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036. E-mail: *aailyin@mail.ru*

SMIRNOVA Marina Aleksandrovna – Candidate of Chemical Science, Researcher of the Laboratory of Physico-Chemical Methods of Materials Research of the Institute of Chemistry and Chemical Technology (a separate subdivision of the Federal Research Center «Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences»), p. 24, 50, Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036. E-mail: *smirnova.ma@icct.krasn.ru*

CITATION FOR AN ARTICLE

Tarabanko V.E., Chelbina Y.V., Kaygorodov K.L., Ilyin A.A., Smirnova M.A. Stripping vanillin from octanol with sodium bisulfite solution // *Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology»*. 2022. No. 1 (13), pp. 82–90.