

БИОТЕХНОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

DOI: 10.15593/2224-9400/2020.1.01

УДК 579.86:579.842.11:661.715

Г.Е. Ваньков¹, Е.В. Баньковская¹, А.В. Кудинов¹,
И.В. Тонкоева¹, В.В. Новикова², Е.В. Якимова²

¹Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

²Пермская государственная фармацевтическая
академия Минздрава России, Пермь, Россия

ПРОТИВОМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ПРЯМОГОННЫХ БЕНЗИНОВЫХ ФРАКЦИЙ ЗАПАДНОСИБИРСКОЙ НЕФТИ

Исследована активность прямогонных бензиновых фракций в отношении типовых штаммов *S. aureus* и *E. coli*. Объект исследования – прямогонный бензин – был разделен в лабораторных условиях дробной перегонкой на более узкие стандартные фракции: газолиновую (38–60 °C), бензольную (60–95 °C), толуольную (95–122 °C), ксилольную (122–150 °C), цимольную (150–200 °C). В каждой фракции были определены физико-химические параметры: показатель преломления, относительная плотность, средняя температура кипения фракции, молекулярная масса и молекулярная рефракция. Исследование противомикробной активности бензиновых фракций было проведено методом лунок при посеве культуры, содержащей $2\text{--}5 \cdot 10^6$ КОЕ/мл, методом газона. Ксилольная и цимольная фракции проявили наибольшую активность в отношении *S. aureus* и *E. coli*. При анализе зависимости степени проявления противомикробной активности от физических свойств бензиновых фракций обнаружено, что при увеличении значений температуры кипения, показателя преломления, молекулярной массы, молекулярной рефракции и плотности фракций происходит усиление противомикробного действия. Впервые установлена количественная зависимость «физико-химические свойства – противомикробная активность» для нефтепродуктов. Проведен регрессионный анализ, составлены 10 уравнений линейной парной корреляции. Для каждого уравнения были рассчитаны коэффициенты корреляции, коэффициенты детерминации и средняя ошибка аппроксимации. Значение ошибки менее 2 % свидетельствует о хорошо подобранной модели уравнения. Наиболее тесную связь в линейной форме с противомикробной активностью имеют молекулярная рефракция, молекулярная масса и средняя температура кипения фракций. Значимость полученных уравнений линейной регрессии оценивалась с помощью критериев Фишера и Стьюдента. Полученные данные показали, что бензиновые фракции западносибирской нефти обладают слабой противомикробной активностью в отношении *S. aureus* и *E. coli*.

Ключевые слова: золотистый стафилококк, кишечная палочка, прямогонный бензин, западносибирская нефть, корреляционный анализ, показатель преломления, средняя температура кипения фракции, молекулярная масса, молекулярная рефракция, относительная плотность.

**G.E. Vankov¹, E.V. Bankovskaya¹, A.V. Kudinov¹,
I.V. Tonkoeva¹, V.V. Novikova², E.V. Yakimova²**

¹Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russian Federation

²Perm State Pharmaceutical Academy of the Ministry
of Health of Russia, Perm, Russian Federation

ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF STRAIGHT-RUN GASOLINE FRACTIONS OF WEST SIBERIAN OIL

*The activity of straight-run gasoline fractions against to a typical *S. aureus* and *E. coli* strain has been investigated. The object of the study - straight-run gasoline - was divided in the laboratory by fractional distillation into narrower standard fractions: gasoline (38-60 °C), benzene (60-95 °C), toluene (95-122 °C), xylene (122-150 °C), and cymol (150-200 °C). Physical and chemical parameters were determined in each fraction: refractive index, average boiling point of the fraction, molecular weight, molecular refraction, and relative density. The research of antimicrobial activity of petrol fractions was carried out by the method of wells when sowing an *E. coli* culture containing $2 \cdot 5 \cdot 10^6$ CFU/ml by the lawn method. The dependence of antimicrobial activity of gasoline on such physical and chemical properties as refractive index, average boiling point of the fraction, molecular weight, molecular refraction, and relative density was studied. The xylol and cymol fractions were most active against *S. aureus* and *E. coli*. When analyzing the dependence of the degree of antimicrobial activity on the physical properties of gasoline fractions, it was found that when the values of the boiling point, refractive index, molecular weight and molecular refraction, and fraction density are increased, the antimicrobial action is increased. A regression analysis was performed and 5 linear pair correlation equations were compiled. Correlation coefficient, determination coefficient and mean approximation error were calculated. An error value of less than 2% indicates a well-chosen equation model. Molecular refraction, molecular weight and average boiling point of the fraction has the closest linear bond to antimicrobial activity. The significance of the resulting linear regression equations was evaluated using the Fisher and Student criteria. The obtained data showed that gasoline fractions of West Siberian oil have antimicrobial activity against *S. aureus*.*

Keywords: *S. aureus*, *E. coli*, straight-run gasoline, West Siberian oil, correlation analysis, refractive index, average boiling point of the fraction, molecular weight, molecular refraction, relative density.

Бальнеологическая нефть азербайджанского месторождения Наф-
талан использовалась для лечения заболеваний в течение 2500 лет. Наф-

теновые углеводороды, содержащиеся в масляной фракции нефти месторождения Нафталан, обладают болеутоляющим, противовоспалительным, антиоксидантным и гипокоагулятивным эффектом [1]. В результате местного применения нафталановой нефти в лечении гнойной хирургической инфекции значительно сокращаются сроки очищения гнойных ран [2]. Сейчас извлекаемые запасы этого месторождения почти выработаны. Залежи ее не учтены в государственном балансе страны из-за их очень малых запасов. Из более чем 100 тыс. месторождений мира таких нефтей пока не обнаружено, за исключением Уральского федерального округа, где по состоянию на 01.01.2016 г. бальнеологические нефти и конденсаты выявлены и прогнозируются в 100 залежах: в верхнеюрских отложениях Березовского района, в аптских отложениях Гаринского района Свердловской области и в сеноманских отложениях ЯНАО и ХМАО [3]. Особое значение имеют бальнеологические нефти Тюменской области в залежах сеноманских отложений на глубинах 800–1300 м. Эта нефть используется в лечении кожных заболеваний, ножевых и огнестрельных ран, а также болезней периферической нервной системы. На основании проведенных исследований предложена к внедрению программа инновационных технологий использования нефти и конденсата в нефтегазовой медицине или геомедицине на базе созданных при нефтеперерабатывающих заводах самостоятельных цехов с целью производства лекарственных препаратов [4].

В настоящее время используются лекарственные препараты, полученные из нефтепродуктов. Так, например, вазелиновое масло – продукт очищенной нефти – применяется внутрь при запорах [5]. В России и других странах применяется гомеопатический препарат «Петролеум», изготовленный из нефтепродуктов и обладающий широким спектром фармакологического действия [6].

Западносибирская нефть в настоящее время преимущественно используется для производства различных видов топлива или как сырье для промышленного органического синтеза. Прямогонная бензиновая фракция НК-180 °С, полученная из этой нефти, на 90,6 % состоит из парафинов и нафтеносов; содержание ароматических углеводородов составляет 9,4 % [7]. В конце XIX в. основными способами применения бензина были: использование его в качестве антисептического средства, средства для чистки, а также топлива для примусов. Из источников литературы известно, что под воздействием нефти и нефтепродуктов на почву происходит резкое снижение общего микробного

числа почвы и уменьшается количество термофилов [8]. В эксперименте [9] установлено губительное влияние нефтепродуктов в высоких концентрациях на клетки *E. coli* в почве как при свежем загрязнении, так и по истечении некоторого времени. В целом кишечная палочка в воде, почве сохраняет жизнеспособность месяцами [10, 11].

В настоящее время практически отсутствуют работы, в которых исследована противомикробная активность легких фракций западносибирской нефти в отношении золотистого стафилококка и кишечной палочки.

Цель данной работы – определить некоторые физико-химические свойства прямогонных бензиновых фракций западносибирской нефти, исследовать противомикробную активность полученных фракций в отношении скрининговых штаммов грамположительных и грамотрицательных условно патогенных микроорганизмов (*S. aureus* и *E. coli* соответственно), выявить количественную зависимость «физико-химические свойства – активность», дать математическую оценку полученным уравнениям корреляции.

Объект исследования – прямогонный бензин – был разделен в лабораторных условиях дробной перегонкой [12] на более узкие стандартные фракции: газолиновую (38–60 °С), бензольную (60–95 °С), толуольную (95–122 °С), ксилольную (122–150 °С), цимольную (150–200 °С). В каждой фракции были определены физико-химические параметры: показатель преломления и относительная плотность. Показатель преломления фракций определяли с помощью рефрактометра марки УРЛ-1. Относительную плотность d_4^{20} измеряли с помощью плотномера Mettler Toledo DE40. Результаты определения показателя преломления n_D^{20} и относительной плотности d_4^{20} приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физические свойства прямогонных бензиновых фракций
западносибирской нефти (экспериментальные данные)

Фракция	Интервал кипения, °С	n_D^{20}	d_4^{20}
Газолиновая	38–60	1,3890	0,6568
Бензольная	60–95	1,4010	0,6845
Толуольная	95–122	1,4178	0,7291
Ксилольная	122–150	1,4173	0,7480
Цимольная	150–176	1,4276	0,7672

Прочие физико-химические параметры были получены расчетными методами.

Среднюю температуру кипения ($t_{\text{кип.ср}}$) рассчитывали по уравнению [13]

$$t_{\text{кип.ср}} = (t_{\text{НК}} + t_{\text{КК}})/2, \quad (1)$$

где $t_{\text{НК}}$ и $t_{\text{КК}}$ – температуры начала и конца кипения фракции соответственно, °С.

Молекулярную массу (M) фракций рассчитывали по формуле Войнова [14]:

$$M = 60 + 0,3t + 0,001t^2, \quad (2)$$

где t – средняя температура кипения фракции, °С.

Молекулярную рефракцию (MR) рассчитывали по уравнению [15]

$$MR = (n^2 - 1)/(n^2 + 2) \cdot (M/d_4^{20}), \quad (3)$$

где n – показатель преломления фракции; d_4^{20} – относительная плотность фракции; M – молекулярная масса фракции, г/моль.

Результаты расчета средней температуры кипения, молекулярной массы и молекулярной рефракции приведены в табл. 2.

Таблица 2

Физические свойства прямогонных бензиновых фракций
западносибирской нефти (расчетные данные)

Фракция	$t_{\text{кип.ср}}$, °С	M , г/моль	MR
Газолиновая	49,0	77,1	27,8
Бензольная	77,5	89,2	31,7
Толуольная	108,5	104,3	36,0
Ксилольная	136,0	119,3	40,1
Цимольная	163,0	135,5	45,4

Исследование противомикробной активности бензиновых фракций было проведено в отношении типовых штаммов *S. aureus* ATCC 6538-Р и *E. coli*. ATCC 25922 методом лунок при посеве изучаемой культуры, содержащей $2-5 \cdot 10^6$ КОЕ/мл методом газона; условия инкубирования: 24 ч при температуре 37 ± 1 °С. Диаметр лунки 10 мм. Объем образца, вносимого в лунку, – 0,1 мл. Учет результатов противомикробной активности осуществляли через 22–24 ч выдержки в эксикаторе при температуре 15 ± 2 °С, измеряя диаметр зоны задержки роста (D) [16]. В качестве контроля использовали лунки, не содержащие объекты изучения. Результаты

исследования противомикробной активности и значения $\lg(1/D)$ прямогонных бензиновых фракций приведены в табл. 3.

Таблица 3

Противомикробная активность прямогонных
бензиновых фракций западносибирской нефти

Фракция	<i>S. aureus</i>		<i>E. coli</i>	
	<i>D</i> , мм	$\lg(1/D)$	<i>D</i> , мм	$\lg(1/D)$
Газолиновая	10,0±0,0	–1,00000	10,0±0,0	–1,00000
Бензольная	10,0±0,0	–1,00000	10,0±0,0	–1,00000
Толуольная	10,0±0,0	–1,00000	10,0±0,0	–1,00000
Ксилольная	11,0±1,0	–1,04139	11,0±1,0	–1,04139
Цимольная	12,0±0,0	–1,07918	11,5±0,5	–1,06069
Контроль	10,0±0,0	–	10,0±0,0	–

Как видно из табл. 3, газолиновая, бензольная и толуольная фракции противомикробной активностью не обладают. Ксилольная и цимольная фракции проявили небольшую активность в отношении *S. aureus* и *E. coli*. При анализе зависимости степени проявления противомикробной активности от физических свойств бензиновых фракций обнаружено, что при увеличении значений температуры кипения, показателя преломления и плотности фракций происходит усиление противомикробного действия.

С целью установления количественной зависимости между физико-химическими свойствами бензиновых фракций и противомикробной активностью был проведен регрессионный анализ с использованием программы Microsoft Excel [17, 18]. В результате исследования корреляционной зависимости значений $\lg(1/D)$ от $t_{\text{кип.ср}}$, n_D^{20} , M , d_4^{20} , MR для обоих штаммов микроорганизмов составлены десять уравнений линейной регрессии (табл. 4, 5). Значимость полученных уравнений линейной регрессии I, III, V, VI, VIII, X доказана с помощью критериев Фишера (F) и Стьюдента (t) [19] при уровне значимости $\alpha = 0,05$ (фактические значения критериев превышают соответствующие критические значения $F_{\text{кр}} = 10,13$ и $t_{\text{кр}} = 3,18$). Значимость уравнений II, IV, VII, IX не доказана ввиду малого количества наблюдений.

Таблица 4

Корреляционная зависимость противомикробной активности
в отношении *S. aureus* прямогонных бензиновых фракций
от их физико-химических свойств

Номер уравнения	Уравнение корреляции	r	R^2	F	t	$\bar{A}$
I	$\lg(1/D) = -0,0006t_{\text{кип.ср}} - 0,9603$	-0,8856	0,7844	10,92	3,30	1,4028
II	$\lg(1/D) = -1,7265n_D^{20} + 1,4113$	-0,7448	0,5547	3,74	1,93	1,7296
III	$\lg(1/D) = -0,001M - 0,9153$	-0,8834	0,7804	10,66	3,27	1,3065
IV	$\lg(1/D) = -0,6312d_4^{20} - 0,5715$	-0,8075	0,6521	5,62	2,37	1,4604
V	$\lg(1/D) = -0,0038MR - 0,8839$	-0,9049	0,8188	13,56	3,63	1,3409

Как видно из табл. 4, наиболее тесную связь в линейной форме с противомикробной активностью в отношении *S. aureus* имеют молекулярная рефракция, молекулярная масса и средняя температура кипения фракций, так как полученные коэффициенты корреляции (r) близки к 1 по абсолютной величине.

Таблица 5

Корреляционная зависимость противомикробной активности
в отношении *E. coli* прямогонных бензиновых фракций
от их физико-химических свойств

Номер уравнения	Уравнение корреляции	r	R^2	F	t	$\bar{A}$
VI	$\lg(1/D) = -0,0006t_{\text{кип.ср}} - 0,9571$	-0,8843	0,7820	10,76	3,28	0,9989
VII	$\lg(1/D) = -1,5047n_D^{20} - 1,1008$	-0,7460	0,5564	3,76	1,94	1,4783
VIII	$\lg(1/D) = -0,0012M - 0,8942$	-0,9099	0,8279	14,44	3,79	0,8747
IX	$\lg(1/D) = -0,5571d_4^{20} - 0,6221$	-0,8191	0,6709	6,12	2,47	1,1841
X	$\lg(1/D) = -0,0041MR - 0,8742$	-0,9075	0,8235	13,99	3,74	0,9178

Как видно из табл. 5, наиболее тесную связь в линейной форме с противомикробной активностью в отношении *E. coli* имеют молекулярная рефракция, молекулярная масса и средняя температура кипения фракций, так как полученные коэффициенты корреляции (r) близки по абсолютной величине к 1.

Коэффициент детерминации (R^2) позволяет оценить качество предложенных уравнений линейной корреляции для обоих штаммов, т.е. 55,47 – 88,35 % вариаций $\lg(1/D)$ объясняются уравнением линейной регрессии.

Для оценки правильности подбора уравнения использовались значением средней ошибки аппроксимации. Среднюю ошибку аппроксимации ($\bar{A}$) рассчитывали по формуле [20]

$$\bar{A} = \frac{\sum \left| \lg\left(\frac{1}{D}\right) - \lg\left(\frac{1}{D}\right)^* \right| : \lg\left(\frac{1}{D}\right)}{n} 100 \%, \quad (4)$$

где $\lg\left(\frac{1}{D}\right)^*$ – расчетное значение по уравнению; n – количество измерений.

Средняя ошибка аппроксимации менее 2 % свидетельствует о хорошо подобранной модели для каждого из составленных уравнений.

Таким образом, установлена количественная корреляционная зависимость между противомикробной активностью бензинов в отношении штаммов золотистого стафилококка и кишечной палочки и такими физико-химическими свойствами, как показатель преломления, средняя температура кипения фракции, молекулярная масса, молекулярная рефракция и относительная плотность. Полученные в результате исследований закономерности позволяют предположить, что более тяжелые нефтяные фракции будут превосходить бензиновые фракции по степени проявления противомикробного действия.

Список литературы

1. Пашаев А.Ч. Лечение воспалительных заболеваний пародонта с использованием нового нафталанового масла // Клиническая стоматология. – 2009. – № 3. – С. 44–46.
2. Жунисов Б.К. К вопросу применения нафталановой нефти при лечении гнойных ран в хирургии // Актуальные проблемы общества, науки и образования: современное состояние и перспективы развития: материалы IV междунар. науч.-практ. конф. – Курск, 2017. – С. 240–242.
3. Антипина М.И., Дегтярев Д.С. Нафтенные углеводороды с угловым магнитным моментом Западной Сибири // Геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. (по материалам X междунар. науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых): в 2 т. / отв. ред. Р.Р. Гильмутдинов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – Т.1. – С. 183–184.
4. Нестеров И.И. Инновационные технологии нефтегазовой медицины // Актуальные вопросы курортологии, физиотерапии и медицинской реабилитации: труды ГБУЗ РК «Академический НИИ им. И.М. Сеченова». – Ялта, 2015. – Т. XXVI. – С. 140–145.

5. Машковский М.Д. Лекарственные средства. – 15-е изд., перераб., испр. доп. – М.: Новая волна, 2005. – С. 353–354.
6. Стреляева А.В., Курилов Д.В. Перспективность применения комплексных лекарственных препаратов петролеума и мяты перечной // Традиционная медицина. – 2011. – № 1 (24). – С. 54–61.
7. Харченко П.М., Тимофеев В.П. Результаты экспериментальных исследований бензиновых нефтяных фракций // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: Изд-во Кубан. гос. аграр. ун-та им. И.Т. Трубилина, 2014. – № 98. – С. 528–543.
8. Жарасов М.Ж., Есенгалиева Н.Т., Тураров О.С. Влияние нефти и нефтепродуктов на микрофлору почвы в эксперименте // Медицинский журнал Западного Казахстана. – 2012. – № 3 (35). – С. 47.
9. Рубин В.М., Будкина А.Е. Влияние нефтепродуктов на сохранение и размножение *E. coli* в почве // Здоровье и окружающая среда. – 2013. – № 22. – С. 205–206.
10. Литусов Н.В. Эшерехии: иллюстр. учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГМА, 2016. – 36 с.
11. Галиуллин А.К., Нургалиев Ф.М., Софронов П.В. Микробиология: учеб. пособие / Центр информационных технологий КГАВМ. – Казань, 2018. – 120 с.
12. Уханов С.Е. Методы выделения, очистки и идентификации органических веществ: учеб.-метод. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. – 48 с.
13. Сардашвили А.Г., Львова А.И. Примеры и задачи по технологии переработки нефти и газа. – М.: Химия, 1980. – 256 с.
14. Рябов В.Г., Кудинов А.В., Федотов К.В. Химическая технология топлива и углеродных материалов. Сборник задач для проведения физико-химических свойств нефти и нефтепродуктов графическими методами: учеб.-метод. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 162 с.
15. Физическая химия: метод. указания по выполнению лаб. работ / сост. Л.А. Исайчева; Саратов. гос. аграр. ун-т. – Саратов, 2016. – 40 с.
16. Аржаков В.Н., Ермакович М.М., Аржаков П.В. Оценка резистентности микроорганизмов к дезинфицирующим препаратам // Достижения науки и техники АПК. – 2004. – № 10. – С. 44–45.
17. Пойлов В.З. Основы научных и инженерных исследований. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 344 с.
18. Гланц С. Медико-биологическая статистика. – М.: Практика, 1998. – 459 с.
19. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Теория вероятностей и прикладная статистика. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 656 с.
20. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие. – 12-е изд., перераб. – М.: Юрайт, 2010. – 479 с.

References

1. Pashaev A.Ch. Lechenie vospalitel'nyh zabolevanij parodonta s ispol'zovaniem novogo naftalanovogo masla [Treatment of inflammatory diseases of parodontium with the use of new naphtalan oil]. *Klinicheskaja stomatologija*, 2009, no 3, pp. 44-46.
2. Zhunisov B.K. K voprosu primeneniya naftalanovoj nefi pri lechenii gnojnyh ran v hirurgii [On the use of naphthalan oil in the treatment of purulent wounds in surgery]. *Aktual'nye problemy obshhestva, nauki i obrazovaniya: sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija. Materialy IV-mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii*. Kursk, 2017, pp. 240-242.
3. Antipina M.I., Degtjarev D.S. Naftenovye uglevodorody s uglovym magnitnym momentom Zapadnoj Sibiri [Naphthenic hydrocarbons of West Siberia]. *Geologija v razvivajushhemsja mire. Sbornik nauchnykh trudov po materialam X mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh*. Perm', Perm National Research Polytechnic University, 2017, vol. 1, pp. 183-184.
4. Nesterov I.I. Innovacionnye tehnologii neftegazovoj mediciny [Innovative technologies in oil and gas medicine]. *Aktual'nye voprosy kurortologii, fizioterapii i medicinskoj reabilitacii. Trudy gosudarstvennogo biudzhetnogo uchrezhdeniya zdravookhraneniya Respubliki Krym*. Jalta, Akademicheskii nauchno-issledovatel'skii institut fizicheskikh metodov lecheniya, meditsinskoi klimatologii i reabilitatsii imeni I.M. Sechenova, 2015, vol. XXVI, pp. 140-145.
5. Mashkovskij M.D. Lekarstvennye sredstva [Medicines]. 15 ed. Moscow, Novaja volna, 2005, pp. 353-354.
6. Streljaeva A.V., Kurilov D.V. Perspektivnost' primeneniya kompleksnyh lekarstvennyh preparatov petroleuma i mjaty perechnoj [Application of Petroleum and peppermint complex preparations]. *Tradicionnaja medicina*, 2011, vol. 24, no. 1, pp. 54-61.
7. Harchenko P.M., Timofeev V.P. Rezul'taty jeksperimental'nyh issledovanij benzinovyh neftjanyh frakcij [Results of pilot researches of petrol oil fractions]. *Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. Krasnodar, Kubanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni I.T. Trubilina, 2014, no. 98, pp. 528-543.
8. Zharasov M.Zh., Esengalieva N.T., Turarov O.S. Vlijanie nefi i nefteproduktov na mikrofloru pochvy v jeksperimente [Influence of oil and oil products on soil microflora in the experiment]. *Medicinskij zhurnal Zapadnogo Kazahstana*, 2012, vol. 35, no. 3, p. 47.
9. Rubin V.M., Budkina A.E. Vlijanie nefteproduktov na sohranenie i razmnozhenie *E. coli* v pochve [Effect of oil products on preservation and reproduction of *E. coli* in soil]. *Zdorov'e i okruzhajushhaja sreda*, 2013, no. 22, pp. 205-206.

10. Litusov N.V. Jesherehii [Escherichias]. Ekaterinburg, Ural'skaia gosudarstvennaia meditsinskaia akademiia, 2016, 36 p.
11. Galiullin A.K., Nurgaliev F.M., Sofronov P.V. Mikrobiologija [Microbiology]. Kazan', Centr informacionnyh tehnologij Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny imeni N.E. Bauman, 2018, 120 p.
12. Uhanov S.E. Metody vydelenija, ochistki i identifikacii organicheskikh veshhestv [Methods for the isolation, purification and identification of organic substances]. Perm', Perm National Research Polytechnic University, 2016, 48 p.
13. Sardanashvili A.G., L'vova A.I. Primery i zadachi po tehnologii pererabotki nefiti i gaza [Examples and tasks of oil and gas processing technology]. Moscow, Himija, 1980, 256 p.
14. Rjabov V.G., Kudinov A.V., Fedotov K.V. Himicheskaja tehnologija topliva i uglerodnyh materialov. Sbornik zadach dlja provedenija fiziko-himicheskikh svojstv nefiti i nefteproduktov graficheskimi metodami [Chemical technology of fuel and carbon materials. Collection of tasks for carrying out physical and chemical properties of oil and petroleum products by graphical methods]. Perm', Permskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2007, 162 p.
15. Isajcheva L.A. Fizicheskaja himija: metod. ukazanija po vypolneniju laboratornyh rabot. Biotehnologija [Physical chemistry: guidelines for laboratory work]. Saratov, Saratovskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni N.I. Vavilova, 2016, 40 p.
16. Arzhakov V.N., Ermakovich M.M., Arzhakov P.V. Ocenka rezistentnosti mikroorganizmov k dezinficirujushhim preparatam [Evaluation of microbial resistance to disinfectants]. *Dostizhenija nauki i tehniki agropromyshlennogo kompleksa*, 2004, no. 10, pp. 44-45.
17. Pojlov V.Z. Osnovy nauchnyh i inzhenernyh issledovanij [Fundamentals of scientific and engineering research]. Perm', Permskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2008, 344 p.
18. Glanc S. Mediko-biologicheskaja statistika [Medical and biological statistics]. Moscow, Praktika, 1998, 459 p.
19. Ajvazjan S.A., Mhitarjan V.S. Teorija verojatnostej i prikladnaja statistika. [Probability theory and applied statistics]. Moscow, JuNITI-DANA, 2001, 656 p.
20. Gmurman V.E. Teorija verojatnostej i matematicheskaja statistika [Probability theory and mathematical statistics]. 12 ed. Moscow, ID Jurajt, 2010, 479 p.

Получено 01.02.2020

Об авторах

Ваньков Григорий Евгеньевич (Пермь, Россия) – магистрант кафедры химических технологий Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: grinya-cska@mail.ru).

Баньковская Екатерина Владимировна (Пермь, Россия) – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры химических технологий Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: albit2302@mail.ru).

Кудинов Андрей Викторович (Пермь, Россия) – старший преподаватель кафедры химических технологий Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: kav_ttum@mail.ru).

Тонкоева Ирина Валерьевна (Пермь, Россия) – старший преподаватель кафедры высшей математики Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: irinatonkoeva@yandex.ru).

Новикова Валентина Васильевна (Пермь, Россия) – кандидат фармацевтических наук, доцент, заведующий кафедрой микробиологии Пермской государственной фармацевтической академии Минздрава России (614990, г. Пермь, ул. Екатерининская, 101; e-mail: vvnperm@yandex.ru).

Якимова Елена Валерьевна – лаборант кафедры микробиологии Пермской государственной фармацевтической академии Минздрава России (614990, г. Пермь, ул. Екатерининская, 101; e-mail: lena_yakimo@mail.ru).

About the authors

Grigoriy E. Vankov (Perm, Russian Federation) – Undergraduate Student, Department of Chemical Technologies, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, e-mail: grinya-cska@mail.ru).

Ekaterina V. Bankovskaya (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Farmceutical Sciences, Associate Professor, Department of Chemical Technologies, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, e-mail: albit2302@mail.ru).

Andrey V. Kudinov (Perm, Russian Federation) – Associate Professor, Department of Chemical Technologies, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, e-mail: KUDINOV@pstu.ru).

Irina V. Tonkoeva (Perm, Russian Federation) – Senior Lecturer, Department of Mathematics, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, e-mail: irinatonkoeva@yandex.ru).

Valentina V. Novikova (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Farmceutical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Microbiology, Perm State Pharmaceutical Academy (101, Ekaterininskaya str., Perm, 614990, e-mail: vvnperm@yandex.ru).

Elena V. Yakimova (Perm, Russian Federation) – Laboratory Assistant of the Department of Microbiology, Perm State Pharmaceutical Academy (101, Ekaterininskaya str., Perm, 614990, e-mail: lena_yakimo@mail.ru).