

УДК 66.094.3.097; 628.168.4

<https://doi.org/10.51523/2708-6011.2023-20-2-14>



Экономическое обоснование применения фотокатализа для определения химического потребления кислорода различных типов вод

Д. О. Цымбал

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Оценить экономическую эффективность фотокаталитического метода окисления органических веществ в рамках лабораторного анализа.

Материалы и методы. Стандартные статистические методы.

Результаты. Продемонстрирована высокая экономическая целесообразность применения фотокатализа для определения химического потребления кислорода (ХПК).

Заключение. Применение фотокаталитического метода определения ХПК представляется экономически обоснованным и перспективным.

Ключевые слова: фотокатализ, минерализация, окисление, TiO_2 , экономическая эффективность метода, санитарный надзор

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Цымбал Д.О. Экономическое обоснование применения фотокатализа для определения химического потребления кислорода различных типов вод. *Проблемы здоровья и экологии*. 2023;20(2):108–114. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2023-20-2-14>

Economic rationale for the use of photocatalysis for the determination of chemical oxygen demand of various types of waters

Denis O. Tsymbal

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To evaluate the economic efficiency of the photocatalytic method of oxidation of organic substances in the framework of laboratory analysis.

Materials and methods. Standard statistical methods

Results. The high economic feasibility of using photocatalysis to determine chemical oxygen demand (COD) has been demonstrated.

Conclusion. The use of the photocatalytic method for determining COD seems economically justified and promising.

Keywords: photocatalysis, mineralization, oxidation, TiO_2 , economic efficiency of the method, sanitary supervision

Conflict of interests. Author declares no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Tsymbal DO. Economic rationale for the use of photocatalysis for the determination of chemical oxygen demand of various types of waters. *Health and Ecology Issues*. 2023;20(2):108–114. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2023-20-2-14>

Введение

Среди показателей, определяющих качество воды, одним из наиболее важных является ХПК, которое обобщенно указывает на наличие органических поллютантов. К таковым могут относиться как низкомолекулярные (ацетон, этиленгликоль, фенол, бензол и др.), так и высокомолекулярные соединения (флокулянты, некоторые пестициды, гербициды, ферменты и другие биологически активные вещества) [1–7]. Существует несколько методик определения ХПК: дихроматная, подробно описанная в [7], и предлагаемая в качестве альтернативы — фотокаталитическая, подробно описанная в [1]. Дихроматный метод по Лурье считается самым эффективным и точным, однако на территории Республики Беларусь он применяется редко и в различных модификациях, прописанных в Методике выполнения измерений (МВИ). Модификации метода в первую очередь связаны с его дороговизной и действительно позволяют осуществить измерение гораздо дешевле. Однако это отражается на точности и воспроизводимости результатов измерений.

Цель исследования

Провести оценку экономической эффективности фотокаталитического метода окисления органических веществ в рамках лабораторного анализа и сравнить ее с эффективностью дихроматного метода.

Материалы и методы

К простым методам оценки экономической эффективности инновационных проектов относятся статистические методы [8–14], применяемые на начальной стадии экспертизы проекта, а также для проектов, имеющих относительно короткий инвестиционный период. К показателям, которые чаще всего применяются при оценке экономической эффективности инновационных проектов, относятся:

— суммарная (или среднегодовая) прибыль, которую получают в результате реализации проекта;

— рентабельность инвестиций (простая норма прибыли);

— период окупаемости инвестиций (срок возврата).

Необходимо отметить, что невозможно полностью и всесторонне отразить в показателях любой результат инновационного проекта — от зарождения идеи до ее реализации.

Следует также учитывать, что любой результат инноваций имеет двойное значение:

— как основа изменений в материальном производстве, а в экономическом смысле — для

достижения целей рентабельности и, следовательно, для повышения прибыли и конкурентоспособности;

— как источник дальнейших научных исследований и разработок, то есть представляет научный и методологический интерес [15–17].

Пока не существует простых, единых и пригодных для всех условий управления показателями эффективности инновационной деятельности. Однако можно выявлять и оценивать взаимосвязь факторов эффективности с целью наилучшего согласования их действия [15–19].

Результаты и обсуждение

Расчет экономической эффективности дихроматной и фотокаталитической методик определения ХПК и их сравнение

Для достижения цели исследования использовались стандартные статистические методы расчета себестоимости измерения, окупаемости при заданных условиях и долевого сравнения двух статей расходов.

В таблице 1 представлены данные по одному анализу ХПК дихроматным методом по Лурье в лаборатории и стоимости расходуемых ресурсов — реагентов, расходников, посуды, оплаты работы лаборанта и т. д. Для полноты сравнения в таблице выведены затраты на измерение ХПК в одной пробе воды (три измерения плюс затраты на холостую пробу); стартовые затраты — необходимое количество средств для получения возможности проводить измерения; расходы на проведение измерений за один год при условии, что в году 250 рабочих дней и за один день проводится одно измерение.

Стоимость реагентов и посуды взята из коммерческого предложения ООО «АстраХим» (Беларусь), цены указаны по состоянию на 16.01.2023.

Прибыль от анализа за год

Один анализ на ХПК (3 измерения одной пробы + холостая проба) обходится потребителю в среднем в 75 бел. руб. Стоимость измерения взята с сайтов лабораторий Российской Федерации, которые проводят измерение дихроматным методом [20]. За год (250 рабочих дней) доход лаборатории за измерения составляет 18750 руб. Чистая прибыль за год = доход – затраты: $18750 - 15923,73 = 2826,27$ руб./год.

Окупаемость дихроматного метода

Проще всего ее представить в виде графика (рисунок 1). На нем видно, что при ежедневных измерениях метод начнет окупать себя на 43-й неделе.

Таблица 1. Стоимость определения ХПК дихроматным методом (по Лурье)
Table 1. Cost of COD determination by dichromatic method (according to Lurie)

№	Наименование	Цена/Ед. изм.	Кол-во	Сумма с НДС	Количество ресурса на три измерения (+ холостая проба)	Стоимость ресурса на три измерения (+ холостая проба)	Стартовые инвестиции	Расходы за год
1.	$K_2Cr_2O_7$	79,05/кг	0,3	28,46	1,226 г	0,1163	28,46	29,07
2.	Ag_2SO_4 (фас. 0,05 кг)	548,83/шт.	1	658,60	2 г	26,3438	658,60	6585,96
3.	H_2SO_4	10,92/кг	1,8	23,59	300 г	7,0762	23,59	1769,04
4.	$HgSO_4$	2672,2/кг	0,1	320,66	4 г	12,8266	320,66	3206,64
5.	Соль Мора	114,91/кг	0,3	41,37	5,88 г	0,8108	41,37	202,70
6.	Фероин	4347,0/кг	0,01	52,16	0,03 г	0,1565	52,16	39,12
7.	Колба	40,82/шт.	1	48,98	4 шт	195,9360	195,94	195,94
8.	Холодильник	119,48/шт.	1	143,38	4 шт	573,5040	573,50	573,50
9.	Оплата работы лаборанта	час/мес.	176	555,00	3 часа	9,4602	555,00	2365,06
10.	Электроэнергия	0,3355/кВт	4,5	1,81	1,81 кВт	1,8119	79,72	956,69
ИТОГО (на одну пробу)						58,60	—	—
ИТОГО (стартовых инвестиций)							2529,00	—
ИТОГО (за 250 проб/год)								15923,73

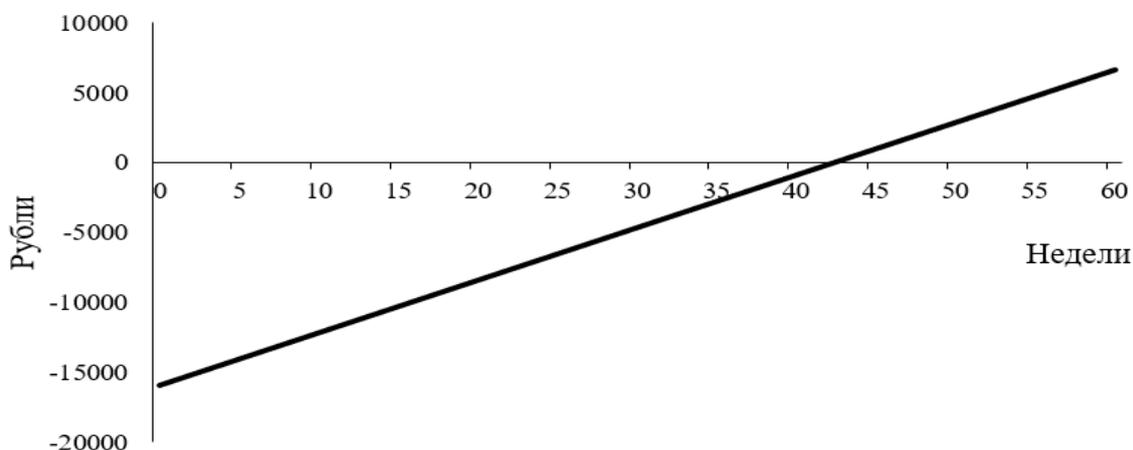


Рисунок 1. Окупаемость дихроматного метода
Figure 1. Payback of the bichromate method

В таблице 2 представлены данные по одному анализу ХПК фотокаталитическим методом в лаборатории и стоимость расходуемых ресурсов — реагентов, расходников, посуды, оплаты работы лаборанта и т. д. Для полноты сравнения в таблице выведены затраты на измерение ХПК в одной пробе воды (три измерения плюс затраты на холостую пробу); стартовые затраты — необходимое количество средств для получения

возможности проводить измерения; расходы на проведение измерений за один год при условии, что в году 250 рабочих дней и за один день проводится одно измерение.

Стоимость реагентов и посуды взята из коммерческого предложения ООО «АстраХим» (Беларусь), цены указаны по состоянию на 16.01.2023.

Таблица 2. Экономическая стоимость фотокаталитического метода определения ХПК
 Table 2. The economic cost of the photocatalytic method for determining COD

№	Наименование	Цена/Ед. изм.	Кол-во	Сумма с НДС	Количество ресурса на три измерения (+ холостая проба)	Стоимость ресурса на три измерения (+ холостая проба)	Стартовые инвестиции	Расходы за год
1.	$K_2Cr_2O_7$	79,05/кг	0,3	28,46	0,147 г	0,0139	28,46	3,49
2.	H_2SO_4	10,92/кг	1,8	23,59	2,00 г	0,0472	23,59	11,79
3.	TiO_2	262/кг	1	314,40	0,80 г	0,8384	314,40	209,6
4.	Флокулянт	13,45/кг	1	16,14	0,01 г	0,0002	16,14	0,04
5.	Колба + блок питания	52,2/шт.	1	62,64	4,00 шт	250,560	250,56	250,56
6.	УФ-лампа (OSRAM, Италия)	54,2/шт.	1	65,04	4,00 шт	260,160	260,16	260,16
7.	Оплата работы лаборанта	час/мес.	176	555,0	1,50 часа	4,7301	555,00	1182,53
8.	Электроэнергия (блок питания)	0,3355/кВт	0,009	0,0036	0,0145 кВт	0,0145	0,0290	0,348
9.	Электроэнергия (магнитная мешалка)	0,3355/кВт	0,75	0,3020	0,302 кВт	0,3020	6,6437	79,72
ИТОГО (на одну пробу)						5,95	—	—
ИТОГО (стартовых инвестиций)							1454,98	—
ИТОГО (за 250 проб/год)								1998,24

Прибыль от анализа за год

Один анализ на ХПК (3 измерения одной пробы + холостая проба) обходится потребителю в среднем в 75 бел. руб. Стоимость измерения взята с сайтов лабораторий Российской Федерации, которые проводят измерение дихроматным методом [20]. За год (250 раб. дней) доход лаборатории за измерения составляет 18750 руб.

Если заменить дихроматный метод (ДМ) фотокаталитическим (ФМ), то чистая прибыль за год = расходы (ДМ) – расходы (ФМ): $18750 - 1998,24 = 16751,76$ руб./год.

Окупаемость фотокаталитического метода

Проще всего ее представить в виде графика (рисунок 2). На нем видно, что при ежедневных измерениях метод начнет окупать себя на 6-й неделе.

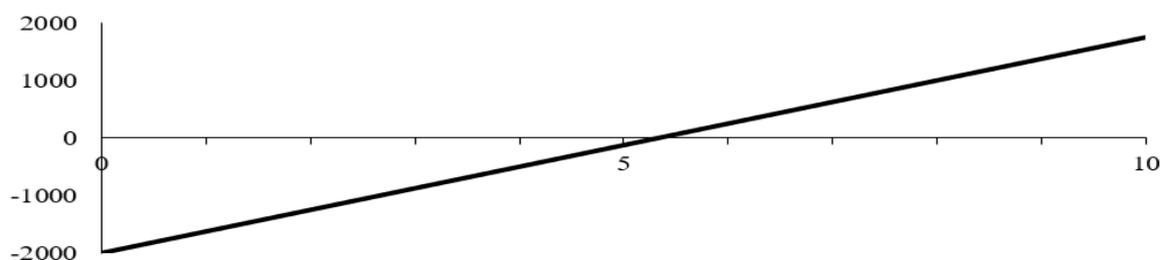


Рисунок 2. Окупаемость фотокаталитического метода
 Figure 2. Payback of the photocatalytic method

Для сравнения приводится комбинированный график (рисунок 3).

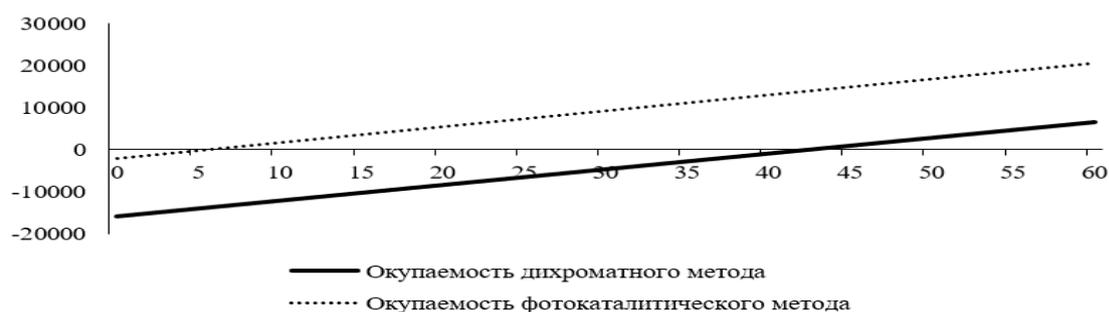


Рисунок 3. Сравнительная характеристика окупаемости дихроматного и фотокаталитического методов определения ХПК

Figure 3. Comparative characteristics of the payback of dichromatic and photocatalytic methods for determining COD

На графике видно, что фотокаталитический метод окупается в 8,5 раза быстрее, так что фотокатализ можно рекомендовать как предпочтительную альтернативу методу Лурье.

Дороговизна дихроматного метода, как уже упоминалось, является одной из основных причин его редкого использования. В Республике Беларусь предпочтение отдается модифицированным методам, требующим дополнительного оборудования. Рынок аналитических приборов наполнен различными анализаторами: от «Экотеста» до «Эксперт-xxx-ХПК» (Россия). Достаточно простой прибор без особых дополнительных возможностей стоит 10494 бел. руб. [21]. Стоимость, конечно же, указана без сопутствующих наборов реагентов и прочих расходов. Но это дает возможность оценить примерную окупаемость оборудования.

Согласно прайсам цен Гомельского областного центра гигиены, эпидемиологии и обществен-

ного здоровья и Речицкого зонального центра гигиены и эпидемиологии стоимость измерения одной пробы сточной воды на ХПК составляет в среднем 10,5 руб. Стоимость измерения ХПК в сточных водах в целом ряде государственных и частных лабораторий в среднем соответствует указанной сумме. Данные учреждения, как и остальные, не используют максимально точный метод Лурье, а пользуются достаточно дорогостоящими приборами, разрешенными МВИ. Объясняется это и себестоимостью, и тем, что метод Лурье, по понятным причинам, не является «гостированным».

Для выяснения экономической целесообразности покупки такого оборудования и использования дешевых, но менее точных методик, сравним окупаемость анализатора «Эксперт-003-ХПК» (Россия) с окупаемостью классического дихроматного и фотокаталитического методов (рисунок 4).

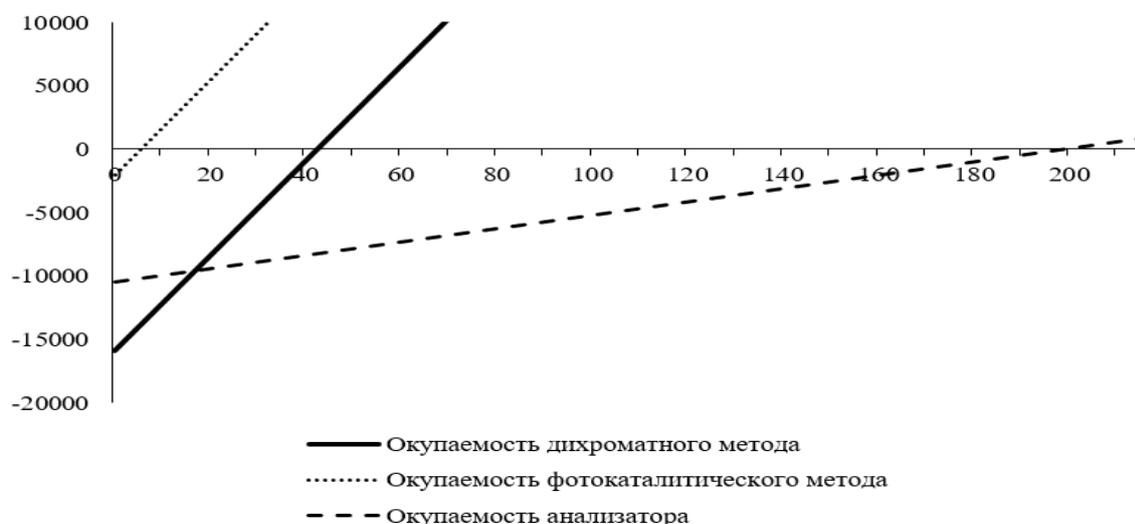


Рисунок 4. Сравнительная характеристика окупаемости дихроматного и фотокаталитического методов определения ХПК

Figure 4. Comparative characteristics of the payback of dichromatic and photocatalytic methods for determining COD

На сводном графике видно, что применение анализаторов может относительно быстро окупиться только при большом числе измерений за день. Такое возможно в очень крупных областных или даже арбитражных государственных лабораториях, но для городских или районных их применение точно является нерентабельным, так как даже при ежедневном использовании оборудование окупит себя только на 200-й неделе.

Это обстоятельство подчеркивает важность и необходимость обратить еще большее внимание на предлагаемую альтернативу — фотокаталитический метод.

Заключение

Проведенная оценка экономической эффективности фотокаталитического метода определения ХПК доказывает целесообразность его применения как альтернативы арбитражному методу и наиболее экономически обоснованного для лабораторий с небольшой частотой выполнения измерения ХПК.

Список литературы / References

1. Цымбал Д.О., Мазаник М.Е. Обоснование применения фотокатализа для очистки природной и питьевой воды от поллютантов биологического происхождения. Проблемы здоровья и экологии. 2021;18(4):143-152. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2021-18-4-19>
Tsymbal DO, Mazanik ME. Justification of the use of photocatalysis for the purification of natural and drinking water from pollutants of biological origin. *Problems of health and ecology*. 2021;18(4):143-152. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2021-18-4-19>
2. Буймова С.А., Бубнов А.Г., Ефимов А.Е. Органические поллютанты в родниковых водах. Актуальные вопросы естествознания. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Иваново, 25 марта 2019 года. 2019;220-225. [дата обращения 2023 январь 30]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42435799>
Buimova SA, Bubnov AG, Yefimov AE. Organic pollutants in spring waters. Topical issues of natural science: materials for the IV All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Ivanovo, March 25, 2019. 2019;220-225. [date of access 2023 January 30]. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42435799>
3. Костина Л.М., Гибадуллина Х.В. Источники и последствия загрязнения природных вод. Тинчуринские чтения. Материалы XIV Международной молодежной научной конференции. 2019;366-371. [дата обращения 2023 январь 30]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43986246>
Kostina LM, Gibadullina XV. Sources and consequences of pollution of natural waters. Tinchurin Readings: materials of the XIV International Youth Scientific Conference. 2019;366-371. [date of access 2023 January 30]. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43986246>
4. Дворникова В.А. Пути восстановления качества речных вод. Научно-исследовательский центр «Technical Innovations». 2022;9-1:432-435. [дата обращения 2023 январь 30]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48617086>
Dvornikova VA. Ways to restore the quality of river waters. *Scientific Research Center "Technical Innovations"*. 2022;9-1:432-435. [date of access 2023 January 30]. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48617086>
5. Самодолова О.А., Ульрих Д.В. Перспективы использования сорбентов растительного происхождения для очистки поверхностных сточных вод. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2022;2(758):102-108. DOI: <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2022-758-2-102-108>
Samodolova OA, Ulrich DV. Prospects for the use of plant-based sorbents for surface wastewater treatment. *News of higher educational institutions. Construction*. 2022;2(758):102-108. DOI: <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2022-758-2-102-108>
6. Удоратина Е.В., Фролова С.В., Кувшинова Л.А. Инновационные разработки в области очистки и экологического контроля сточных и природных вод. Утилизация отходов производства и потребления: инновационные подходы и технологии. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Киров, 17 ноября 2020 года. 2020;68-71. [дата обращения 2023 январь 30]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44388444>
Udoratina EV, Frolova SV, Kuvshinova LA. Innovative developments in the field of purification and environmental control of wastewater and natural waters. Recycling of production and consumption waste: innovative approaches and technologies: materials of the Second All-Russian Scientific and Practical Conference, Kirov, November 17, 2020. 2020;68-71. [date of access 2023 January 30]. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44388444>
7. WHO (2006). Guidelines for Drinking-water Quality, 1st Addendum to the 3rd ed., Volume 1: Recommendations, World Health Organization, Geneva. [дата обращения 2023 январь 30]. Режим доступа: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43285/9789241546768_eng.pdf
8. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия; 1984. С. 73-78.
Lurie YU. Analytical chemistry of industrial wastewater. M.: Chemistry; 1984. P. 73-78.
9. Васин С.М., Гамидуллаева Л.А. Механизмы развития социальных инноваций: адаптация зарубежного опыта в России. Инновации. 2018;5(235):39-48. [дата обращения 2023 январь 30]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizmy-razvitiya-sotsialnyh-innovatsiy-adaptatsiya-zarubezhnogo-opyta-v-rossii>
Vasin SM, Gamidullayeva LA. Mechanisms of social innovation development: adaptation of foreign experience in Russia. *Innovation*. 2018;5(235):39-48. [date of access 2023 January 30]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizmy-razvitiya-sotsialnyh-innovatsiy-adaptatsiya-zarubezhnogo-opyta-v-rossii>
10. Атрощенко А.М., Соколова М.Г., Моисеев Л.Г., Мазур А.С. Обоснование экономической и социальной целесообразности внедрения мобильных клинических биохимических лабораторий (на примере смоленской области). Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2021;20(3):170-178.
Atroschenko AM, Sokolova MG, Moiseenkova LG, Mazur AS. Substantiation of the economic and social feasibility of the introduction of mobile clinical biochemical laboratories (on the example of the Smolensk region). *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy*. 2021;20(3):170-178.
11. Пузырева А.А., Шкарина Т.Ю., Смекалин А.В. Анализ существующих подходов и методов к оценке конкурентоспособности применительно к испытательным лабораториям.

риям. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022;8:27-31.

Puzyreva AA, Shkarina TYU, Smekalin AV. Analysis of existing approaches and methods for assessing competitiveness in relation to testing laboratories. *Proceedings of Tula State University. Technical sciences*. 2022;8:27-31.

12. Миронова А.В. Экономические предпосылки внедрения инновационных технологий масс-спектрометрии в диагностику бактериальных инфекций. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2021;29(4):946-950.

Mironova AV. Economic prerequisites for the introduction of innovative mass spectrometry technologies in the diagnosis of bacterial infections. *Problems of social hygiene, health care and the history of medicine*. 2021;29(4):946-950.

13. Ивойлов О.О., Кочетов А.Г. Метод анализа типовой структуры прямых затрат в себестоимости лабораторного теста. Клиническая лабораторная диагностика. 2021;66(3):187-192.

DOI: <http://dx.doi.org/10.51620/0869-2084-2021-66-3-187-192>

Ivoilov OO, Kochetov AG. A method for analyzing the typical structure of direct costs in the cost of a laboratory test. *Clinical laboratory diagnostics*. 2021;66(3):187-192.

DOI: <http://dx.doi.org/10.51620/0869-2084-2021-66-3-187-192>

14. Речкунова О.В. Особенности регулирования прямых затрат. Экономика и бизнес: теория и практика. 2021;6-2:161-163.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-0450-2021-6-2-161-163>

Rechkunova OV. Features of direct cost regulation. *Economics and Business: theory and practice*. 2021;6-2:161-163.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-0450-2021-6-2-161-163>

15. Орлов А.И. Статистические и экспертные методы в задачах экономики и управления наукой. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021;166(02):1-35.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-166-001>

Orlov AI. Statistical and expert methods in the problems of economics and management of science. *Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. 2021;166(02):1-35.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-166-001>

16. Орлов А.И. О развитии теории принятия решений и экспертных оценок. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021;167(03):177-198.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-167-012>

Orlov AI. On the development of the theory of decision-making and expert assessments. *Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. 2021;167(03):177-198.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-167-012>

17. Горбатенко В.С. Внедрения менеджмента качества в научно-исследовательских организациях: проблемы и их ре-

шения. Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. 2021;(6):34-38. [дата обращения 2023 январь 30]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48458770>

Gorbatenko VS. Implementation of quality management in research organizations: problems and their solutions. *Innovative economy: information, analytics, forecasts*. 2021;6:34-38. [date of access 2023 January 30]. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48458770>

18. Муравьева В.С., Орлов А.И. Основные составляющие организационно-экономического моделирования. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021;172(08):182-207.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-172-011>

Muravyova VS, Orlov AI. The main components of organizational and economic modeling. *Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. 2021;172(08):182-207.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-172-011>

19. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Динамическая модель управления затратами на создание высокотехнологичной продукции. Компетентность. 2022;(5):8-16.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/1993-8780-2022-5-08-16>

Leonov AV, Pronin AYU. Dynamic cost management model for the creation of high-tech products. *Competence*. 2022;(5):8-16.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/1993-8780-2022-5-08-16>

20. Испытательный центр Московского государственного университета. Аттестат аккредитации RA.RU.210M11. Общество с ограниченной ответственностью «МГУЛАБ». Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице 25.11.2021 г. [дата обращения 2023 январь 30]. Режим доступа: <https://www.msulab.ru/analysis/water/>

Testing Center of Moscow State University. Certificate of accreditation RA.RU.210M11. Limited Liability Company "MGULAB". Date of entry into the register of information about the accredited person 25.11.2021. [date of access 2023 January 30]. Available from: <https://www.msulab.ru/analysis/water/>

21. ООО «Энергомаркет Бай», УНП 193561055 Свидетельство о государственной регистрации № 193561055 от 18.06.2021 выдано Минским горисполкомом. Внесен в торговый реестр от 13.07.2021 №514448. Юр. адрес: 220124 г. Минск, ул. Вязьинская 8, пом 21. [дата обращения 2023 январь 30]. Режим доступа: https://energomarket.by/catalog/ozonatory_vody_i_vozdukh/pribory_kontrolya_ozona/ekspert_003_khpk/

Energomarket Buy LLC, UNP 193561055 Certificate of state registration No. 193561055 dated 06/18/2021 issued by the Minsk City Executive Committee. Entered in the trade register dated 13.07.2021 No.514448. Legal address: 220124 Minsk, ul. Vyazynskaya 8, pom 21. [date of access 2023 January 30]. Available from: https://energomarket.by/catalog/ozonatory_vody_i_vozdukh/pribory_kontrolya_ozona/ekspert_003_khpk/

Информация об авторе / Information about author

Цымбал Денис Олегович, преподаватель кафедры биологической химии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6420-3884>

e-mail: Gvidyan@gmail.com

Denis O. Tsymbal, Lecturer of the Department of Biological Chemistry, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6420-3884>
e-mail: Gvidyan@gmail.com

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Цымбал Денис Олегович
e-mail: Gvidyan@gmail.com

Denis O. Tsymbal
e-mail: Gvidyan@gmail.com

Поступила в редакцию / Received 20.01.2023

Поступила после рецензирования / Accepted 14.03.2023

Принята к публикации / Revised 05.06.2023