

УДК 574. 543.5

ЭКОАНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БИОПРОДУКЦИИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА В СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Востоков В.М., Смирнова В.М., Пачурин Г.В.

*ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
Нижний Новгород, e-mail: vmvostokov@mail.ru*

Применение современных методов экоаналитического контроля выпускаемой биопродукции и априорной оценки ее экологического риска по результатам статистических исследований в системе менеджмента качества позволяет решать весьма сложные проблемы количественной оценки экологического риска и техносферной безопасности предприятий биотехнологического профиля. Наряду с определением массовой доли биотоксиканта требуется определять величину его биологической активности, которая в значительной степени зависит от конкретных условий и факторов внешнего воздействия на ту или иную экосистему. Изучены особенности экоаналитического контроля и оценки экологического риска биотехнологических производств, где приоритетны статистические методы исследований и оценок многопараметровых и многофакторных биосистем. Предложена система априорной статистической оценки экологического риска по результатам анализа на содержание истинного белка в кормовых дрожжах, в которой реализованы методики аналитического контроля, адекватные контролируемому процессу.

Ключевые слова: система менеджмента качества биопродукции, достоверная оценка качества кормовых дрожжей, массовая доля протеинов, оценка экологического риска

ECO-ANALYTICAL CONTROL QUALITY BIOPRODUCTION MICROBIOLOGICAL PRODUCTION IN MODERN QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Vostokov V.M., Smirnova V.M., Pachurin G.V.

*Nizhny Novgorod State Technical University R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod,
e-mail: vmvostokov@mail.ru*

The use of modern methods of eco-analytical control output bioproduction and its a priori assessment of ecological risk as a result of statistical research into the quality management system allows us to solve very complex problems of quantifying environmental risk and biotechnology companies technospheric safety profile. Along with the determination of the mass fraction biotoksikanta required to determine the value of its biological activity which is largely dependent on the specific conditions and factors of external influence on a particular ecosystem. The features of eco-analytical control and environmental risk assessment of biotech industries, where priority statistical methods for research and evaluation and multifactorial multiparameter Biosystems. The system of a priori statistical evaluation of ecological risk as a result of analysis on the content of true protein in feed yeast, which implements methods of analytical control, adequate controlled process.

Keywords: quality management system bioproduction, reliable assessment of the quality of feed yeast, the mass fraction of protein, environmental risk assessment

В условиях рыночных экономических отношений качество промышленной биопродукции является важнейшей экономической категорией, а производство недоброкачественной продукции наносит непоправимый ущерб экономике страны [1]. Генетически модифицированная, недоброкачественная продукция предприятий микробиологического синтеза, попадая в разные природно-климатические зоны, всякий раз оказывает двойное токсическое и генетическое воздействие на объекты биосферы. Поэтому ГМ-биопродукция является потенциальным источником возникновения экологической катастрофы [12].

В конце 1980-х гг. века ряд заводов белково-витаминных концентратов (БВК) и гидролизно-дрожжевых заводов (ГДЗ), составлявших тогда основу отечественной микробиологической промышленности,

были остановлены, по соображениям экологической безопасности, вследствие антропогенного воздействия их продукции на объекты окружающей природной среды (ОПС).

В те годы бурного развития биотехнологий Россия уже входила в когорту ведущих биотехнологических держав мира, выпуская более 5 % от мирового объема промышленной биопродукции. Однако ситуация резко изменилась после внезапной остановки крупнейших предприятий Микробиопрома и с/х предприятий агропромышленного комплекса (АПК), вынужденных прекратить свою работу в связи с возникшим дефицитом кормового белка в рационах кормления животных и птицы.

После закрытия крупнотоннажных биопроизводств объем выпуска отечественной биопродукции сократился в 20 раз, до уров-

ня 0,25 % от мирового объема биопроизводства. Для сравнения, в США и Канаде сегодня выпускается более чем 40 % от мирового объема валовой биопродукции, в странах Евросоюза – около 22 %, в Китае – свыше 10 % [1].

Несмотря на существенное возрастание объема производимой ГМ-биопродукции, пока не получено точных сведений об угрозе надвигающейся экологической катастрофы, обусловленной влиянием ГМ-продукции на объекты биосферы [12]. Поэтому порой возникают сомнения в отношении легитимности принятого ранее решения о закрытии заводов БВК в связи с угрозой возникновения экологической катастрофы.

Вместе с тем следует отметить, что закрытие заводов БВК привело к возникновению проблемы продовольственной безопасности, особенно в зонах рискованного земледелия, где неоднократно, в неурожайные годы, возникал дефицит растительного белка. Но всякий раз он восполнялся белковой продукцией заводов БВК и ГДЗ. Однако в отсутствие кормовых дрожжей – целевой продукции указанных заводов не удается скомпенсировать белковый дефицит в рационах кормления с/х животных и птицы на многочисленных предприятиях АПК. От этого, безусловно, сокращается объем производимой ими с/х продукции, что уже ведет к дефициту продовольствия.

С целью сохранения и поддержки оказавшихся на грани банкротства крупнейших птицефабрик и животноводческих комплексов, испытывающих крайнюю нужду в полноценных кормах, премиксах и белково-минеральных витаминных добавках (БМВД), потребовались срочные закупки указанных кормовых нутриентов в странах Евросоюза.

Сегодня в связи со значительным сокращением импорта продовольствия и кормовых белково-витаминных добавок требуется срочно решать вопросы импортозамещения и реабилитации технологий микробиологического синтеза кормового белка. А проблемы антропогенного токсического или генетического воздействия недоброкачественной ГМ-продукции на объекты ОПС нужно решать не путем закрытия того или иного биопроизводства, выпускающего порой недоброкачественную биопродукцию, а путем создания эффективно действующей системы менеджмента качества целевой продукции.

Таким образом, на каждом биопроизводстве потребуется создать комплексную систему менеджмента качества (СМК) биопродукции, состоящей как минимум из двух подсистем:

– подсистемы контроля качества биоматериалов, включая априорную оценку их экологического риска;

– подсистемы статистического управления биопроцессом по результатам выборочного контроля.

С целью обеспечения эффективной и синхронной работы указанных подсистем СМК следует оснастить их методами и средствами контроля, адекватных биотехнологическому процессу. Адекватной биопроцессу принято считать ту методику выполнения измерений (МВИ), в которой нашли отражение особенности количественной оценки биологически активных веществ (БАВ), участвующих в биотехнологическом процессе. Включение же в СМК биопроизводства хотя бы одной методики выполнения измерений, неадекватной биопроцессу, ведет к сбою всей СМК, так как при этом возникает значимый источник систематической погрешности результатов контроля качества выпускаемой биопродукции.

В данном случае термин «адекватный биопроцессу» приобретает более глубокий научный смысл, что можно пояснить следующим примером.

В работах [2, 4, 6, 9–11] впервые, на ряде примеров анализа биоматериалов, была доказана необходимость одновременной оценки двух важнейших показателей качества биопродукции – массовой доли биологически активного вещества – $m_{\text{БАВ}}$ и некой величины биологической (физиологической) активности – $A_{\text{БАВ}}$, характеризующей качество выпускаемой биопродукции на месте ее дальнейшего потребления. Указано на то, что величина биологической активности – $A_{\text{БАВ}}$ зависит не только от массовой доли БАВ, но и от всего комплекса ингредиентов и факторов влияния на ожидаемый биологический эффект, включая биохимический синергизм, природный метаболизм, а также влияние термодинамических факторов внешнего воздействия на равновесный биотехнологический процесс.

Оказалось, что величина $A_{\text{БАВ}}$ не всегда коррелирует с численным значением массовой доли БАВ – $m_{\text{БАВ}}$. Это имеет место лишь в том случае, если обе величины установлены в равных условиях количественного определения, с применением методов исследований, адекватных биотехнологическому процессу. Но если МВИ не адекватна биопроцессу, то контролируемая величина – $A_{\text{БАВ}}$ уже не соответствует другой контролируемой величине – $m_{\text{БАВ}}$, а их численное соотношение не будет константой $K_{\text{A/m}}$.

$$K_{\text{A/m}} = A_{\text{БАВ}}/m_{\text{БАВ}}. \quad (1)$$

В работе [4] было предложено использовать численное соотношение величин $A_{\text{БВВ}}$ и $m_{\text{БВВ}}$ в качестве критерия адекватности МВИ биотехнологическому процессу. Показана возможность по критерию адекватности $K_{\text{А/м}}$ сделать оптимальный выбор метода (или средства) экоаналитического контроля биопроизводства, который будет органично вписываться в систему менеджмента качества промышленной биопроизводства, отвечающей как Международным стандартам добровольной сертификации производств, серии *ISO 9000*, в условиях рыночной экономики, так и требованиям Технического регламента Евразийского таможенного Союза.

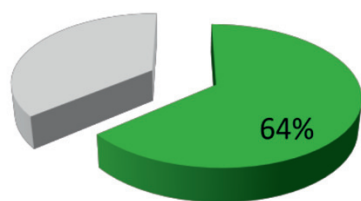
Между тем, несмотря на отмену (в 2003 г.) законодательного действия ГОСТ Р и несмотря на принятое в 2011 г. решение о замене национальной «Системы обязательной сертификации ГОСТ Р» (ГСС) на более гибкую «Систему сертификации ГОСТ Р ИСО 14000», контроль качества и сертификацию биопроизводства до сих пор осуществляют по устаревшей схеме обязательной сертификации на соответствие ГОСТ Р, ФС, СанПиН и др. НД, зачастую не отвечающих международным стандартам добровольной сертификации биотехнологических производств.

Из всего этого следует, что перестройка ГСС в указанной сфере экоаналитическо-

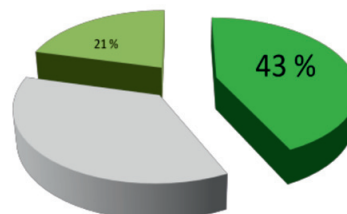
го контроля, сертификации и менеджмента качества биопроизводства осуществляется формально, без учета особенностей количественной оценки биологических объектов. К тому же она затянулась. В связи с необходимостью скорейшего решения острых проблем импортозамещения, требуется срочная замена жесткой национальной «Системы сертификации ГОСТ Р» (ГСС), ставшей уже сдерживающим фактором дальнейшего развития отечественных биотехнологий, на иную, более гибкую систему, отвечающую международным стандартам сертификации и менеджмента качества.

Уместно подчеркнуть, что в нормах ГСС не нашли отражения ни научные принципы и критерии количественной оценки биологических объектов, ранее установленных по результатам фундаментальных исследований [4, 6, 9–11], ни особенности анализа многопараметровых биосистем [2, 5, 8], ни научные принципы и особенности статистического управления качеством выпускаемой биопроизводства [3].

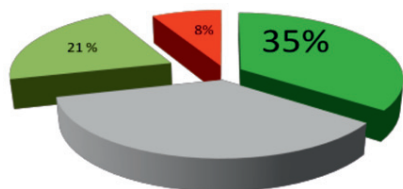
В нормах ГСС даже не предусмотрена численная оценка важнейшего показателя качества биопроизводства – величины биологической активности. Но это не позволяет достоверно определить ни качество биопроизводства, ни экологический риск указанного предприятия биотехнологического профиля.



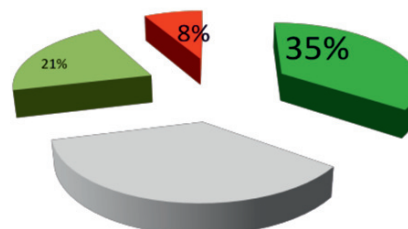
а – «Сырой протеин» по Кельдалью ($m_K = 64\%$)



б – «Истинный белок» по Барништейну ($m_B = 43\%$)



в – Протеины – по фотометрической реакции Лоури ($m_L = 35\%$)



г – Нуклеотиды – по разности m_B и m_L ($43\% - 35\% = 8\%$)

Оценка содержания белка в кормовых дрожжах тремя указанными способами. Диаграммы: а. – «Сырой протеин» по Кельдалью; б. – «Истинный белок» по Барништейну; в. – «Протеины» – фотометрический метод; г. – «Нуклеотиды» – гибридный метод по разности m_B и m_L

В настоящей работе, на характерном примере неправомерной оценки качества и экологического риска кормовых дрожжей по нормам ГСС, выявлены причины и основные источники возникновения систематических ошибок и промахов, ранее допущенных еще в годы становления отечественной микробиологической промышленности в сфере экоаналитического контроля и сертификации промышленных биоматериалов. Так, при анализе кормовых дрожжей на содержание кормового белка на соответствие ГОСТ Р или иному НД, многие годы применяется стандартная МВИ, приемлемая для численной оценки массовой доли белка в кормовых дрожжах, внесенная в ГОСТ Р 51417-99 «Дрожжи кормовые». Последняя характеристика МВИ не позволяет, однако, реализовать ее в современной эффективно действующей СМК биопроизводства.

Согласно ГОСТ Р 51417-99 основным показателем качества кормовых дрожжей является содержание в них (массовая доля) целевого продукта – кормового белка. Под этим подразумевается то, что для достоверной оценки качества кормовых дрожжей достаточно определить лишь массовую долю простых протеинов – хорошо усвояемого аминокислотного белка. Однако в НД представлены две МВИ определения массовой доли белка, не адекватные биопроцессу, – по методу Кьельдаля и по методу Барнштейна. Обе указанные МВИ не отвечают поставленной цели – количественному определению кормового белка хорошо усвояемого с/х животными и птицей.

Из диаграммы *a* на рисунке видно, что массовая доля «сырого протеина» – $m_{\text{сп}}$, найденная по методу Кьельдаля, составляет 64%, а результаты анализа на содержание азота, пересчитанные на белок, всегда являются завышенными, так как «сырой протеин», вычисленный по общему азоту, кроме протеиновой фракции, содержит неусвояемую фракцию нуклеотидов, а также «пустую» фракцию мешающих азотсодержащих веществ – примесей небелковой природы [5, 8].

Таким образом, анализ на содержание белка с применением абсолютно не селективного метода Кьельдаля дает недостоверные и систематически завышенные результаты контроля – $m_{\text{сп}}$. Более того, определение белка по Кьельдалю позволяет фальсифицировать белок путем добавления к кормовым дрожжам мочевины или других богатых азотом соединений небелковой природы. Поэтому, с целью предупреждения уже имевших место случаев фальсификации белка, в ГОСТ Р 51417-99 был внесен еще один дополнительный показатель

качества кормовых дрожжей – «массовая доля «истинного» белка» – $m_{\text{б}}$. Также предложен способ определения белка по Барнштейну [8, 9], который концептуально не отличается от метода Кьельдаля, сохраняя все недостатки своего прототипа, а именно, низкую селективность, длительность и трудоемкость выполнения аналитических операций и т.д. Отличие состоит в дополнительной операции по отделению от фракции белка мешающих азотсодержащих веществ небелковой природы (рисунок, диаграмма *б*).

В данном случае «истинный» белок нельзя считать истинным, так как кроме фракции хорошо усвояемых простых протеинов в нем содержится практически бесполезная фракция нуклеотидного белка, который не участвует в биохимических процессах белково-аминокислотного обмена веществ. Кроме того, при ферментации дрожжей могут образовываться ГМ-нуклеотиды, которые участвуют лишь в процессе нуклеотидного обмена и возникает риск формирования чужеродных нуклеиновых кислот и хромосом. Все это ведет к серьезным последствиям, увеличивающим генетический риск дрожжей.

Истинным белком следует считать лишь аминокислотный белок – протеины, которыми обогащаются рационы кормления с/х животных и птицы. Их массовую долю – $m_{\text{д}}$ было предложено оценивать по фотометрической реакции Лоури [5], специфической на простые протеины (рисунок, диаграмма *в*).

Применение столь чувствительного и избирательного способа фотометрического определения белка позволяет создать и реализовать в СМК микробиологического производства две оригинальных гибридных МВИ раздельного определения протеиновой и нуклеотидной фракции белка, которые обе адекватны биотехнологическому процессу. Поэтому они могут быть реализованы в СМК данного микробиологического производства.

Массовую долю протеинов ($m_{\text{д}}$) в навеске кормовых дрожжей предложено оценивать по следующей схеме, где экстракцию протеинов из навески дрожжей с дальнейшим переводом в анализируемый раствор осуществляют на стадии пробоподготовки, совмещая процедуру выделения белка с процедурой его отделения от мешающих азотсодержащих примесей, путем осаждения белка сульфатом меди в нерастворимый медно-белковый комплекс. Затем – отделения белка от указанных примесей путем фильтрования на бумажном фильтре, с последующей промывкой водой, до полного удаления всех водорастворимых азотных

соединений. Далее медно-белковый комплекс разрушают избытком раствора комплекса III и удаляют мешающие ионы меди методом декантации. Затем, очищенный белок растворяют в воде, помещают в мерную колбу и доводят до метки дистиллированной водой. Проводят фотометрическую реакцию Лоури, получая окрашенный раствор синего цвета, который фотометрируют и определяют массовую долю протеина в дрожжах – $m_{\text{л}}$ по градуировочному графику.

Подробное описание МВИ фотометрического определения белка дано в работе [5], а описание операции отделения белка от мешающих небелковых примесей дано в «ГОСТ Р 51417-99. Дрожжи кормовые». Дополнения. «Способ количественного определения массовой доли истинного белка в кормовых дрожжах. Метод Барнштейна».

Как указано выше, на следующем этапе фотометрического определения массовой доли протеинов проводят аналитическую реакцию Лоури. Это специфическое селективное взаимодействие реактива Фолина с аминокислотным белком. Для этого к аликвотной доле водного раствора белка, очищенного от мешающих небелковых примесей, добавляют по каплям порцию титрованного раствора реактива Фолина [5, 7]. В мерной колбе получают интенсивно окрашенный раствор синего цвета, который доводят до метки дистиллированной водой, тщательно перемешивают и фотометрируют, используя в качестве нулевого окрашенный «холостой» раствор. Массовую долю протеинов в навеске кормовых дрожжей определяют либо по внешнему стандарту, либо из градуировочного графика по формуле

$$m_{\text{л}} = \gamma \cdot 0,025 / a (1 - W / 100), \quad (2)$$

где γ – количество белка, найденное по градуировочному графику, мкг; 0,025 – коэффициент разбавления и соотношения размерностей; a – навеска дрожжей, г; W – массовая доля влаги в кормовых дрожжах, %.

В качестве внешнего стандарта белка использован сертифицированный препарат

«альбумин бычий сывороточный», дающий линейную зависимость оптической плотности окрашенного раствора от массовой доли истинного белка.

В табл. 1 представлены сравнительные результаты анализа на содержание кормового белка в кормовых дрожжах, выпускаемых Астраханским, Волжским и Кировским ГДЗ (гидролизно-дрожжевыми заводами), где применены различные способы количественного определения массовой доли белка: по Кьельдалю, по Барнштейну и фотометрическим методом, с использованием специфической реакции Лоури.

Сопоставляя результаты сертификационных испытаний по нормам ГСС с диаграммами на рисунке, приходим к однозначному выводу о том, что результаты определения массовой доли белка стандартными методами Кьельдаля и Барнштейна (ГОСТ Р 51417-99) всегда завышены за счет нуклеотидного белка, который не может быть истинным и полезным, а скорее является вредным нутриентом в рационах кормления с/х животных и птицы. Обе указанные МВИ не адекватны биопроцессу, поэтому их нельзя включать в эффективно действующую СМК микробиологического производства.

К тому же при оценке качества и экологического риска биопродукции необходимо учитывать особенности экологического загрязнения окружающей природной среды ГМ-биопродукцией. Так, несомненный интерес представляет априорная оценка генетического воздействия на объекты биосферы кормовых дрожжей, содержащих ГМ-нуклеотиды.

В настоящее время недостаточно научных сведений, дающих однозначный ответ на вопросы вредного воздействия на человека и животных избытка чужеродных нуклеотидов в кормовом белке. Тем не менее нами [6, 8] предложен оригинальный способ априорной оценки эколого-генетического риска по массовой доле нуклеотидного белка непосредственно в заводской лаборатории (ЗЛ) микробиологического производства.

Таблица 1

Оценка массовой доли белка в кормовых дрожжах: методом Кьельдаля, методом Барнштейна и фотометрическим методом по реакции Лоури

Заводы, выпускающие кормовые дрожжи	Интервальное значение массовой доли белка, %		
	по Кьельдалю	по Барнштейну	Фотометрическим методом
Астраханский ГДЗ	54,18 ± 0,64	52,54 ± 0,92	48,94 ± 0,57
Волжский ГДЗ	56,93 ± 0,97	33,36 ± 1,84	30,02 ± 1,01
Кировский БХЗ	46,82 ± 0,92	40,40 ± 1,34	35,94 ± 0,90

Таблица 2

Оценка содержания нуклеотидов из разности результатов определения истинного белка, по Бернштейну и по Лоури

Заводы БВК	Средние значения массовой доли белка по Бернштейну по Лоури, %		Относит. доля нуклеотидов (ОДН), %
Астраханский ГДЗ	52,54	48,94	6,8
Волжский ГДЗ	33,36	30,02	10,1
Кировский БХЗ	40,40	35,94	11,0

В предложенном и запатентованном [7] гибридном способе определения массовой доли нуклеотидов в генетически модифицированных кормовых дрожжах сочетаются два указанных выше способа определения массовой доли истинного белка. Первый – абсолютно неселективный метод Барнштейна, по которому находят массовую долю общего белка – m_B (рисунок, диаграмма б). Второй, наоборот, весьма селективный фотометрический метод, позволяющий избирательно определить массовую долю протеиновой фракции белка – m_L (рисунок, диаграмма в). Как видно из рисунка, диаграмма г, массовую долю нуклеотидов ($m_{\text{нкл}}$) можно оценить по разности результатов определений массовой доли истинного белка неселективным методом Барнштейна и селективным фотометрическим методом, по реакции Лоури:

$$m_{\text{нкл}} = m_B - m_L \quad (3)$$

Подробное описание указанной МВИ дано в ранее опубликованных работах [5, 8], поэтому обсудим лишь результаты выполненных работ по оценке экологического риска трех вышеуказанных ГДЗ.

В табл. 2 представлены сравнительные результаты априорной оценки экологического риска ГМ-продукции трех действующих ГДЗ по условному показателю генетического риска – величине относительной доли нуклеотидов в кормовом белке – ОДН, %, вычисляемой по результатам мониторинга качества кормовых дрожжей Астраханского, Волжского и Кировского ГДЗ в рамках современной методологии *Prevention Pollution*.

В данном случае предельно допустимым значением относительной доли нуклеотидов в кормовом белке пока условно принята величина ОДН = 10%. Эта величина ОДН, возможно, несколько завышена, так как имеющиеся в настоящее время немногочисленные и сомнительные факты отрицательного воздействия ГМ-продукции на объекты биосферы подвергаются резкой критике сторонников широкого использования в биотехнологиях генетически моди-

фицированных микроорганизмов (ГМО). По мере накопления достоверных сведений и научных знаний в указанной сфере предложенная шкала ОДН будет корректироваться. В любом случае, пользуясь шкалой ОДН, можно дать сравнительную оценку качества кормовых дрожжей, выпускаемых различными предприятиями отрасли.

Судя по результатам в табл. 2, наиболее генетически чистыми дрожжами в указанной условной шкале является продукция Астраханского ГДЗ, а продукция Волжского и Кировского ГДЗ находится на грани допустимого экологического риска.

Выводы

1. Путем обобщения результатов ранее выполненных работ сформулированы научные принципы и критерии количественной оценки биологических объектов, которые могут быть реализованы в современных комплексных системах менеджмента качества (СМК), отвечающих международным нормам добровольной сертификации, серии *ISO 9000*, и техническому регламенту Таможенного союза.

2. Изучены специфические особенности экоаналитического контроля и оценки экологического риска биотехнологических производств, в рамках современной методологии *Prevention Pollution*, где приоритетны статистические методы исследований и оценок многопараметровых и многофакторных биосистем.

3. В продолжение ранее выполненных работ, касательно статистического управления качеством биопродукции, разработана методология априорной оценки экологического риска и техносферной безопасности предприятий биотехнологического профиля по статистическим критериям C_p и C_{pk} .

Список литературы

1. Васильев Р.Г. Биоэкономика как следующий шаг развития – шанс для России / Р.Г. Васильев / Вестник биотехнологии и физико-химич. биологии им. Ю.А. Овчинникова. – 2010. – № 4. – С. 28–32.
2. Востоков В.М. Хроматографический контроль биохимической активности жирорастворимых витаминов (А, D, E) в пищевой и кормовой продукции / В.М. Востоков,

В.Р. Карташов // Известия ВУЗОВ. Химия и хим. технология. – 2006. – Т. 49, № 4. – С. 115–118.

3. Востоков В.М. Статистическое управление биопроизводством. / В.М. Востоков, Е.Г. Ивашкин // Стандарты и качество. – 2006. – № 5. – С. 42–44.

4. Востоков В.М. Научные принципы выбора физико-химических методов анализа и их реализация при разработке систем контроля биотехнологических производств / В.М. Востоков, С.А. Плохов // Н. Новгород, Деп. в ВИНТИ 29.12.2006. – № 1640-В. – 2006. – 6 с.

5. Востоков В.М. Аналитический контроль содержания протеинов в продукции предприятий микробиологического синтеза кормового белка / В.М. Востоков, Е.Г. Ивашкин, В.Р. Карташов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2007. – Т. 73, № 3. – С. 21–24.

6. Востоков В.М. Особенности экоаналитического контроля биотехнологий / В.М. Востоков, В.М. Смирнова, А.Н. Глебов // Журнал экологии и промышленной безопасности. – 2010. – № 4.

7. Востоков В.М., Смирнова В.М., Дегтяренко Г.Л. Способ анализа кормовых дрожжей на содержание нуклеотидной фракции белка. – ПАТЕНТ РФ, RU 2 413 942 С1. Заявка 2009131772/15, 21.08.2009, Опубл. в Бюл. Изобретений № 7 – 10.03.2011.

8. Востоков В.М. Оценка экологического риска биопроизводства / В.М. Востоков, В.М. Смирнова, Г.Л. Дегтяренко // Тр. НГТУ им. Р.Е. Алексеева, – 2011. – № 1(86). – С. 243–251.

9. Востоков В.М. Особенности экоаналитического контроля промышленной биопродукции / В.М. Востоков, С.В. Плохов, В.Р. Карташов // Тр. НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2012. – Т. 78, № 3 (96). Химия, химические и биотехнологии. – С. 245–256.

10. Востоков В.М., Смирнова В.М., Пачурин Г.В. Особенности экоаналитического контроля качества промышленной биопродукции и оценки экологического риска биопроизводства // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. – 2014. – № 6. – С. 19–19.

11. Востоков В.М., Смирнова В.М., Пачурин Г.В. Особенности экоаналитического контроля качества промышленной биопродукции и оценки экологического риска биопроизводства // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9–12. – С. 2616–2625.

12. Тарасов М.Ю. Генетически модифицированные организмы «за» и «против». Существует ли угроза безопасности России? / М.Ю. Тарасов, В.П. Бондарев, В.А. Максимов, Д.Л. Полонский // Химическая и биологическая безопасность. – 2004. – № 3–4. – С. 3–7.