

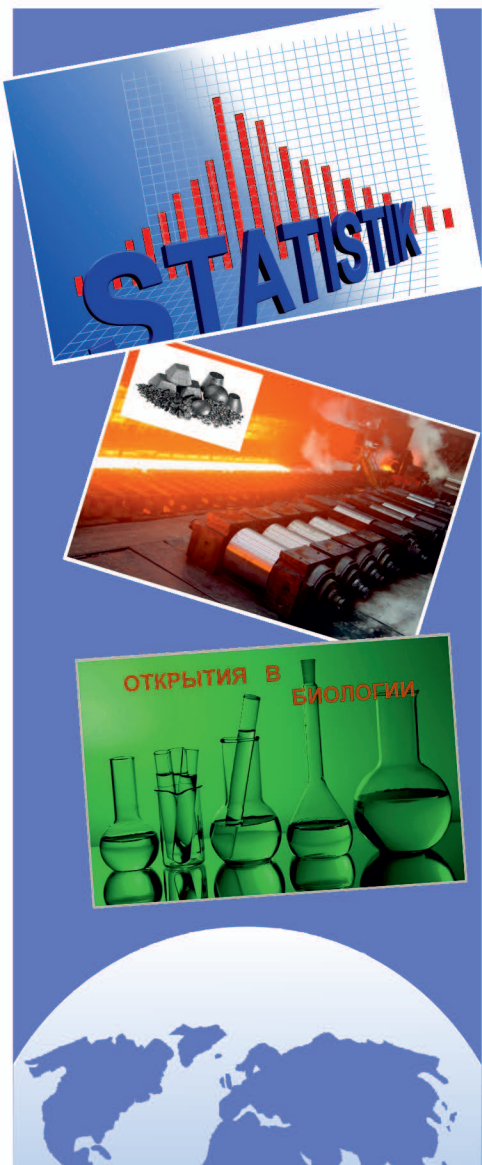


ISSN 1560-5655

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ГОСУДАРСТВЕННОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
ЭКСПЕРТИЗЫ

НОВОСТИ НАУКИ КАЗАХСТАНА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



4
2018

**Национальный центр государственной
научно-технической экспертизы**

**НОВОСТИ НАУКИ
КАЗАХСТАНА**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 4 (138)

Алматы 2018

Научно-технический журнал «**Новости науки Казахстана**» публикует статьи по следующим направлениям исследований: информатика, строительство, машиностроение, сельское и лесное хозяйство, экология, экономика, энергетика, науки о Земле, химия, биология, пищевая и перерабатывающая промышленность, водное и рыбное хозяйство, кибернетика и пр.

Журнал основан в 1989 году и выходит 4 раза в год.

Предназначен для профессорско-преподавательского состава Вузов, докторов PhD, магистрантов, студентов и сотрудников научно-исследовательских институтов, предприятий и организаций, а также работников министерств и ведомств

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

М.К. Бапиева, (главный редактор)
Л.Н. Гребцова (ответственный секретарь)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Р.Г. Бияшев, д.т.н.; **К.А. Исаков**, д.т.н.; **К.Д. Досумов**, д.х.н.;
С.Е. Соколов, акад. МАИН, д.т.н.; **Б.Р. Ракишев**, акад. НАН РК, д.т.н.;
Ж.С. Алимкулов, д.т.н.; **М.Т. Велямов**, акад. НАН РК, д.б.н.,;
З.С. Абишева, проф., член-корр. НАН РК, д.т.н.,;
Ю.А. Юлдашбаев, д.с.- х.н. (Россия);
М.А. Рахматуллаев, д.т.н. (Узбекистан);
М.А. Каменская, д.б.н. (Россия);
А. Сладковски, д.т.н., (Польша);
Д. Пажес (Франция)

Республика Казахстан, 050026, г. Алматы,
ул. Богенбай батыра, 221
Тел./факс: +8 727 378-0517, 378-0539 (вн.125),
e-mail: bapiyeva@inti.kz, grebtsova_l@inti.kz
www.vestnik.nauka.kz

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКА

<i>Беляева Г.Н.</i> Региональные особенности науки в Казахстане	12
---	----

КИБЕРНЕТИКА

<i>Абдуланова А.К.</i> Поиск ложной информации в статьях с помощью искусственного интеллекта.....	23
---	----

БИОЛОГИЯ

<i>Бияшев К.Б., Нургожаева Г.М., Кошкимбаев С.С., Жуманов К.Т., Тыницкая В.Ю., Баймолда С.Р.</i> Физиологическая особенность штамма-продуцента <i>Esherichia coli</i> 64Г	31
---	----

<i>Ибрагимова Н.А., Лю М.Б., Мухтарбекова И.С.</i> Пресноводные микроводоросли как мессенджеры биологически активных веществ в создании новых фармакологических групп лекарственных препаратов	38
--	----

<i>Турмагамбетова А.С., Алексюк П.Г., Алексюк М.С., Зайцева И.А., Омиртаева Э.С., Соколова Н.С., Богоявленский А.П., Березин В.Э.</i> Изучение механизмов стимуляции иммунного ответа при введении вирусных антигенов в сочетании с тритерпеновым сапонином	48
---	----

<i>Бияшев К.Б., Джанабекова Г.К., Киркимбаева Ж.С., Бияшев Б.К., Ермагамбетова С.Е., Сарыбаева Д.А.</i> Препарат «Энтерокол» против кишечных инфекций молодняка сельскохозяйственных животных	59
---	----

ГЕОГРАФИЯ

<i>Мукаев Ж.Т., Озгелдинова Ж.О., Искаков Ж.Н.</i> Покомпонентная интегральная оценка природных туристско-рекреационных ресурсов бассейна оз. Алаколь	72
---	----

ГОРНОЕ ДЕЛО

*Булдаков Ю.М., Досмухамедов Н.К., Егизеков М.Г.,
Куленова Н.А., Парцалиди Н.Г., Скориков С. П.*
Распределение продуктов импульсно-инерционного метода
обогащения товарного угля 84

Исабек Т.К., Зейтинова Ш.Б. Некоторые проблемы
в вопросе перехода к комбинированной геотехнологии
разработки месторождений 100

МЕТАЛЛУРГИЯ

Баюл К.В., Худяков А.Ю., Ващенко С.В. Технологии и
оборудование для брикетирования мелкофракционных
материалов в ферросплавном производстве 108

Кузбаков Ж.И. Энергоэффективная дезинтеграция
ферроматериалов 120

*Машеков С.А., Мауленова М.Р., Машекова А.С.,
Тусупкалиева Э.А.* Исследование эволюции
формирования структуры фольговой заготовки
при прокатке в винтообразных валках и продольно-
клиновом стане 131

*Платонова Е.Н., Сыздыкова А.Ш., Гученко С.А.,
Завацкая О.Н., Касымов С.С., Лауринас В.Ч., Юров В.М.*
Коррозионно-стойкие многоэлементные покрытия 154

СТРОИТЕЛЬСТВО. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Бекбасаров И.И. Об учете формы нижнего конца сваи
при оценке энергоемкости ее забивки
и несущей способности 166

Ибатов М.К., Кадыров А.С., Пак И.А., Барченко Л.М.
Морфологический анализ конструкций каталитического
нейтрализатора автомобиля 179

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Онгарбаева Н., Жиенбаева С., Елеукенова К.А., Батырбаева Н. Влияние технологической особенности зерна риса на качество крупы 190

Хастаева А.Ж., Смагулов А.К., Умирзаков Б.У., Нурғалиева М.Т., Мырзабаева Н.Е. Жирнокислотный состав молока коров голштинской породы на предприятии «Рза – Асыл түлік» в Кызылординской области 198

Чоманов У.Ч., Кененбай Г.С., Жумалиева Т.М. Исследования аминокислотного состава функциональных мясных продуктов 206

ЭКОЛОГИЯ

Шестаков Ф.В. Конденсация водяных паров в атмосферной влаге и конденсационные процессы в трещинно-карстовых коллекторах..... 213

МАЗМҰНЫ ЭКОНОМИКА

<i>Беляева Г.Н.</i> Қазақстандағы ғылымның аймақтық ерекшеліктері	12
---	----

КИБЕРНЕТИКА

<i>Абдулanova А.К.</i> Жасанды интеллект күшімен жалған жаңалықтар іздеу	23
--	----

БИОЛОГИЯ

<i>Бияшев К.Б., Нургожаева Г.М., Кошкимбаев С.С., Жуманов К.Т., Тыницкая В.Ю., Баймолда С.Р.</i> <i>Escherichia coli</i> 64Г продуцент-штаммының физиологиялық ерекшелігі.....	31
--	----

<i>Ибрагимова Н.А., Лю М.Б., Мухтарбекова И.С.</i> Тұщы су микробалдырлары жаңа фармакологиялық топтағы дәрілік препараттарды өндірудегі биологиялық белсенді заттардың тасымалдаушысы (қысқаша хабарлама).....	38
---	----

<i>Турмагамбетова А.С., Алексюк П.Г., Алексюк М.С., Зайцева И.А., Омиртаева Э.С., Соколова Н.С., Богоявленский А.П., Березин В.Э.</i> Тритерпен сапонинмен вирусты антигендерді енгізу кезіндегі иммунды жауаптың ынталандыру механизмдерін зерттеу	48
---	----

<i>Бияшев К.Б., Джанабекова Г.К., Киркимбаева Ж.С., Бияшев Б.К., Ермагамбетова С.Е., Сарыбаева Д.А.</i> Ауыл шаруашылығы жануарларының жас төлдерінің ішек инфекциясына қарсы «Энтерокол» препараты	59
---	----

ГЕОГРАФИЯ

<i>Мукаев Ж.Т., Озгелдинова Ж.О., Искаков Ж.Н.</i> Алакөл көлі бассейні табиғи туристік-рекреациялық ресурстарының құрауыштар бойынша интегралды бағасы.....	72
--	----

ТАУ - КЕН ІСІ

- Булдаков Ю.М., Досмухамедов Н.К., Егизеков М.Г.,
Куленова Н.А., Парцалиди Н.Г., Скориков С. П.* Импульсті-
инерциялық көмір байыту әдісі өнімдерінің түрленуі 84
- Исабек Т.К., Зейтинова Ш.Б.* Кен орнын өндіруде аралас
геотехнологияға ауысу жөніндегі кейбір мәселелер 100

МЕТАЛЛУРГИЯ

- Баюл К.В., Худяков А.Ю., Ващенко С.В.* Ферроқорытпа
өндірісіндегі ұсақфракциялық материалдарды брикеттеуге
арналған жабдықтар мен технологиялары 108
- Кузбаков Ж.И.* Ферроматериалдардың энергиялық тиімді
уатылуы 120
- Машеков С.А., Мауленова М.Р., Машекова А.С.,
Тусупкалиева Э. А.* Бұрандалы пішінбілік пен
бойлық сыналы орнақта фольгаға арналған
дайындаманы жаймалағанда құрылымның
қалыптасу эволюциясын зерттеу 131
- Платонова Е.Н., Сыздыкова А.Ш., Гученко С.А.,
Завацкая О.Н., Касымов С.С., Лауринас В.Ч., Юров В.М.*
Коррозиялық тұрақты көпэлементті жабулар 154

ҚҰРЫЛЫС. МАШИНА ЖАСАУ

- Бекбасаров И.И.* Қаданың төменгі ұшының пішінін оларды
қағудың энергия сыйымдылығын және жүк көтергіш
қабілеттерін бағалау барысында ескеру туралы 166
- Ибатов М.К., Кадыров А.С., Пак И.А., Барченко Л.М.*
Автомобильдің каталитикалық бейтараптандырғышының
құрылымдарына морфологиялық талдау жасау 179

ТАМАҚ ӨНЕРКӘСІБІ

*Онгарбаева Н., Жиенбаева С., ЕлеуKENOVA К.А.,
Батырбаева Н. Жарманың сапасына күріш дәнінің
технологиялық ерекшеліктерінің әсері 190*

*Хастаева А.Ж., Смагулов А.К., Умирзаков Б.У.,
Нурғалиева М.Т., Мырзабаева Н.Е. Қызылорда
облысының «Рза - Асыл түлік» ЖШС-нің голштин
тұқымды сиыры сүтінің май қышқылдық құрамы..... 198*

*Шоманов Ү.Ш., Кененбай Г.С., Жұмалиева Т.М.
Функционалдық ет өнімдерінің аминқышқылдық
құрамын зерттеу 206*

ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ

*Шестаков Ф.В. Жарықшақ-карстық коллекторлардағы
атмосфералық ылғал мен конденсациялық үрдістердегі
су буларының конденсациясы 213*

CONTENT

ECONOMY

<i>Beliaeva G.N.</i> Regional features of science in Kazakhstan....	12
---	----

CYBERNETICS

<i>Abdulanova A.K.</i> Fake news searching with AI	23
--	----

BIOLOGY

<i>Biyashev K.B., Nurgozhaeva G.M., Koshkimbaev S.S., Zhumanov K.T., Tyniskaya V.Y.</i> The physiological characteristics of production-strain <i>Escherichia coli</i> 64G	31
--	----

<i>Ibragimova N.A., Lyu M.B., Mukhtarbekova I.S.</i> Freshwater microalgae as messengers of biologically active substances in creation of new pharmacological groups of medicinal drugs (short message).....	38
--	----

<i>Turmagambetova A.S., Alexyuk P.G., Alexyuk M.S., Zaitseva I.A., Omirtaeva E.S., Sokolova N.S., Bogoyavlenskiy A.P., Berezin V.E.</i> Study of immune response stimulation mechanisms at introduction of viral antigens in combination with triterpen saponin	48
---	----

<i>Biyashev K.B., Dzhanabekova G.K., Kirkimbaeva Zh.S., Biyashev B.K., Ermagambetova S.E., Sarybaeva D.A.</i> «Enterocol» against intestinal infections of young farm animals	59
---	----

GEOGRAPHY

<i>Mukayev Zh., Ozgeldinova Zh., Iskakov Zh.</i> Influence recreational activities on the vegetation cover of territorial recreation systems of Alakol lake	72
---	----

MINING

- Buldakov Y.M., Dosmukhamedov N.K., Egizekov M.G., Kulenova N.A., Partsalidi N.G., Scorikov S.P.* Distribution of products of pulse-inertial method for concentration of commodity coal 84
- Isabek T.K., Zeytinova Sh.B.* Some problems of transition to combined geotechnology in the development of deposits 100

METALLURGY

- Baiul K.V., Khudyakov A. Yu., Vashchenko S.V.* Technologies and equipment for briquetting small-fraction materials in ferroalloy production 108
- Kuzbakov Zh.I.* Energy-efficient disintegration of ferromaterials 120
- Mashekov S.A., Maulenova M.R., Masheкова A.S., Tusupkaliyeva E.A.* The study of the evolution of structure formation during rolling of a foil blank, a screw and a longitudinal wedge mill 131
- Platonova E.N., Syzdykova A.Sh., Guchenko S.A., Zavatskaya O.N., Kasymov S.S., Laurinas V.Ch., Yurov V.M.* Corrosion-resistant multi-element coatings 154

CONSTRUCTION. MECHANICAL ENGINEERING

- Bekbasarov I.I.* Considering the shape of the lower end of the pile when assessing the energy intensity of its driving and bearing capacity 166
- Ibatov M.K., Kadyrov A.S., Pak I.A., Barchenko L.M.* Morphological analysis of car catalytic neutralizer constructions 179

FOOD INDUSTRY

*Ongarbayeva N., Zhiyenbayeva S., Eleukenova K.A.,
Batyrbayeva N.* Influence of technological feature of grain
of rice on quality of grain 190

*Khastaeva A.Zh., Smagulov A.K., Umirzakov B.U.,
Nurgalieva M.T., Myrzabayeva N.Ye.* Milk fatty acid
composition of holstein cows in «Rza-Azyk tulik»of Kyzylorda
region..... 198

Chomanov U.Ch., Kenenbay G.S., Zhumalieva T.M.
Research of amino acid composition of functional
meat products..... 206

ECOLOGY

Shestakov F.V. Steam condensation in the atmospheric
moisture and condensation processes in fractured
and karst reservoir rocks 213

ЭКОНОМИКА

МРНТИ 06.61.33

Г.Н. Беляева¹

¹Национальный центр государственной научно-технической экспертизы,
г. Алматы, Казахстан

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАУКИ В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация. Дана краткая характеристика развития региональной науки в Казахстане. Представлены цифры по государственному финансированию и участию экономических структур в реализации научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработках. Приведены некоторые экономические показатели по каждой области, в частности доли науки в валовом региональном продукте, характеризующем экономическое развитие конкретного региона. Сделанные выводы носят рекомендательный характер для возможной организации контроля над государственными субсидиями в науку, поскольку, часто идёт распыление возможностей научного потенциала на множество мелких и экономически не функциональных работ. Данный контроль необходим для регулирования направлений региональных научных исследований и максимальной отдачи от получаемых результатов при внедрении в производство конкретной области.

Ключевые слова: валовой региональный продукт, научные разработки, наука Казахстана, финансирование науки, региональная экономика

• • •

Түйіндеме. Қазақстандағы аймақтық ғылымның дамуына қысқаша сипаттама берілген. Ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстарды дамытуға экономикалық құрылымдардың қатысуы және мемлекеттік қаржыландыру бойынша сандар берілген. Әрбір облыс бойынша кейбір экономикалық көрсеткіштер, әсіресе белгілі бір аймақтың экономикалық дамуын сипаттайтын аймақтық жалпы өнімдегі ғылымның үлесі келтірілген. Ғылыми елеуеттің мүмкіндіктері көбінесе ұсақ әрі экономикалық жағынан тиімсіз жұмыстарға жұмсалатын болғандықтан, жасалған қорытындыларды мемлекеттің ғылымға салатын қаржысын бақылауды ұйымдастыруға ұсыныс ретінде қарауға болады. Бұндай бақылау аймақтық ғылыми зерттеулер бағытын реттеу үшін және белгілі бір саланың өндірісіне енгізу барысында алынған нәтижелерден барынша көп пайда көру үшін өте қажет.

Түйінді сөздер: аймақтық ішкі өнім, ғылыми зерттемелер, Қазақстан ғылымдары, ғылымды қаржыландыру, аймақтық экономика.

• • •

Abstract. A brief description of the development of regional science in Kazakh-

stan is given. The article presents figures on public funding and the participation of economic structures in the implementation of research and development. Some economic indicators for each region are given, in particular, the share of science in the gross regional product, which characterizes the economic development of a particular region. The findings are advisory in nature for the possible organization of control over government subsidies to science, since often there is a dispersion of the scientific potential into many small and economically non-functional works. This control is necessary to regulate the directions of regional scientific research and to maximize the impact of the results obtained when introducing a specific field into production.

Keywords: gross regional product, scientific research, science in Kazakhstan, financing of science, regional economy

Введение. Неравномерность распределения ресурсов на территории Республики Казахстан невольно способствовала существенной дифференциации экономики регионов страны. Развитие области, как правило, соответствует преобладающему в ней ресурсу и сопутствующим ему сферам хозяйственной деятельности, поэтому все регионы Казахстана можно условно сгруппировать по принципу преобладающей области производства:

1. **Промышленные** – где валовой региональный продукт (ВРП) большей частью формируется за счет добавленной стоимости добывающей и обрабатывающей промышленности. К таким областям относятся: Атырауская, Карагандинская, Мангистауская, Восточно-Казахстанская, Западно-Казахстанская, Актюбинская, Кызылординская и Павлодарская.

2. **Сельскохозяйственные** – где на долю сельского хозяйства приходится более 10% добавленной стоимости (в других областях показатель имеет гораздо меньшее значение). Это: Алматинская, Костанайская, Туркестанская, Северо-Казахстанская, Ақмолинская и Жамбылская.

3. **С преимуществом торговли и услуг**, доля добавленной стоимости от этих видов деятельности в ВРП таких регионах достигает 50%. К ним относятся гг. Алматы и Астана.

Существуют различные экономические индикаторы характеризующие состояние экономики, её различные объекты и протекающие внутри процессы. Одним из них является показатель обобщающего типа - валовой региональный продукт (ВРП), дающий наиболее полную характеристику экономической деятельности конкретного региона в процессе производства товаров и услуг.

Что же характеризует показатель ВРП? Прежде всего, сумму добавленной стоимости от всех видов экономической деятельности, которая образуется в результате технологических преобразований и даёт продукту т.н. дополнительную стоимость.

Интересно, что в 2017 г. более половины ВРП республики формировалось всего в 4-х регионах: это гг. Алматы и Астана, Атырауская и Карагандинская области. Вклад г.Алматы в ВРП республики составлял более 20%, туда входит и добавленная стоимость от затрат на научные исследования и разработки - 0,22%. Этот показатель превысил республиканский показатель, который составлял на тот момент всего 0,13%.

Однако, это не самый высокий показатель. Выше республиканского уровня доля внутренних затрат на НИОКР в Мангистауской области (0,25%) и Астане (0,29%) (Таблица 1). [1]

Таблица 1 - Доля внутренних затрат в ВРП, %

Регионы	2013	2014	2015	2016	2017
Республика Казахстан	0,17	0,17	0,17	0,14	0,13
Акмолинская	0,08	0,08	0,10	0,06	0,06
Актюбинская	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
Алматинская	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04
Атырауская	0,05	0,04	0,06	0,05	0,06
Восточно-Казахстанская	0,18	0,13	0,14	0,12	0,16
Жамбылская	0,12	0,13	0,07	0,04	0,08
Западно-Казахстанская	0,05	0,03	0,04	0,09	0,01
Карагандинская	0,13	0,14	0,12	0,12	0,08
Костанайская	0,03	0,04	0,04	0,04	0,07
Кызылординская	0,01	0,02	0,02	0,05	0,04
Мангистауская	0,25	0,25	0,36	0,32	0,25
Павлодарская	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
Северо-Казахстанская	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
Южно-Казахстанская	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03
г.Алматы	0,43	0,42	0,35	0,25	0,22
г.Астана	0,28	0,25	0,28	0,29	0,29

В казахстанской науке сформировано 2 научных ядра с различными функциями и задачами. Это фундаментальные исследования и наукоемкие прикладные разработки. Главными интеллектуальными центрами таких направлений стали г.Алматы, где основным направлением являются естественные науки, а также гг. Караганда и Усть-Каменогорск, в которых сформировалось ядро по техническим и инженерным наукам. Во всех остальных областях ведётся выполнение региональных научных исследований.

Региональный характер науки как таковой, призван решать аспекты социально-экономического развития определённых территорий, рассматривая их как сложные системы со множеством внутренних и внешних взаимосвязей. Региональная наука преимущественно направлена на решение тех проблем, которые стоят в центре внимания экономики заданной области. Такими проблемами могут являться:

- экономика отдельного региона и связи между регионами;
- размещение и развитие производительных сил;
- региональные аспекты экономической жизни.

В настоящее время г.Алматы и Астана являются научно-образовательными центрами республики, в которых фундаментальные исследования играют весьма значительную роль. Несмотря на сокращение затрат на науку в 2017 г., Алматы все еще остается самым крупным научным центром республики. На её долю приходится около 40% исследований и разработок. Традиционно в Алматы формируется и центр фундаментальных исследований.

Высокими темпами развивается наука и в Астане. Доля столичной науки в 2017 г. устремилась почти к четверти внутренних затрат на НИОКР по республике (Таблица 2).

Таблица 2 - Динамика затрат на науку по регионам Республики Казахстан,

	млрд. тенге				
	2013	2014	2015	2016	2017
Республика Казахстан	61,7	66,3	69,3	66,6	68,9
Акмолинская	0,7	0,8	1,1	0,8	0,9
Актюбинская	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8
Алматинская	1,1	0,8	1,1	0,9	0,9

Окончание таблицы

Атырауская	1,9	1,9	2,4	2,8	3,6
Западно-Казахстанская	0,9	0,7	0,8	1,8	0,3
Жамбылская	1,1	1,3	0,7	0,5	1,0
	2013	2014	2015	2016	2017
Карагандинская	3,4	4,0	3,6	4,3	3,5
Костанайская	0,4	0,6	0,6	0,6	1,2
Кызылординская	0,2	0,3	0,2	0,6	0,5
Мангистауская	5,1	6,2	7,7	7,8	8,0
Павлодарская	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
Северо-Казахстанская	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Туркестанская	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2
Восточно-Казахстанская	3,8	3,0	3,3	3,5	5,0
г.Астана	9,7	10,2	13,5	14,0	16,3
г.Алматы	31,0	34,0	31,8	26,6	25,4
г. Шымкент	0,9	0,9	1,0	1,0	0,7

Источник: Комитет по статистике МНЭ РК

В целом в этих двух регионах сосредоточено почти 90% фундаментальных исследований Казахстана. Это является одной из причин того, что туда уходит около 80% государственных средств. [1]

Характеристика регионов. Характерным представителем региональной направленности науки является **Мангистауская область**. Но, несмотря на колоссальные природные богатства, здесь практически, существует только один вид деятельности - добыча нефти и газа, доля которого в общем объеме произведенной в области продукции составляет более 85%. Параллельно развиваются аффилированные с горнодобывающей промышленностью отрасли по ремонту, обслуживанию и изготовлению нефтепромыслового и бурового оборудования, отрасль строительных материалов и легкая промышленность, связанная с производством защитной одежды и обуви для работы на месторождениях данного региона. В 2017 г. с затратами в 8 млрд.тг. область вышла на 3-е место по объему научных исследований, которые ежегодно увеличиваются. Важно отметить, что данные объемы формируются в основном из-за высокой себестоимости научных разработок, поэтому внутренние затраты на 1 работника оказались самыми высокими в республике и в 4 раза превысили республиканский уровень, составив 11,1 млн. тг.

Более трёх четвертей всех внутренних затрат на научные исследования и разработки области приходится на опытно-конструкторские работы, основным источником которых является сама организация. Ситуация, когда высокий по себестоимости проект, внедряется, за счет производственных средств и, ориентируется на создание опытно-конструкторских разработок, может говорить о востребованности данных работ и правильности выбранной региональной направленности исследований. Однако, несмотря на высокие затраты на НИР и ориентацию на отраслевую направленность, объем затрат на инновации Мангистауской области находится на последнем месте среди регионов республики. И это вопрос требует серьезного анализа сложившейся ситуации.

Доля внутренних затрат в ВРП в **Восточно-Казахстанской** области превысила среднереспубликанский уровень на 0,03% и составила 0,16%. Во всех остальных регионах доля внутренних затрат на НИОКР в ВРП значительно ниже среднереспубликанской. Самые низкие показатели в Павлодарской, Западно-Казахстанской и Северо-Казахстанской областях (0,01 - 0,02% к ВРП).

Если рассматривать направленность научных исследований в регионах с агропромышленно ориентированной экономикой с наиболее низкими внутренними затратами на НИОКР, то выстраивается ниже следующая картина.

В **Северо-Казахстанской области** одно из главных направлений экономического развития является аграрная специализация, цель которой создание условий для повышения конкурентоспособности субъектов АПК. В первую очередь регион ориентирован на производство зерновых.

В целом внутренние затраты на научные исследования и разработки в 2017 г. составили 185 млн. тенге. Их уровень в расчете на одного работника равен около 2 млн. тг., а это в 1,5 раз ниже, чем в среднем по республике. Подобная ситуация, очевидно, отражает значительную недооценку труда научных работников, которых в 2017 г. было 93 чел., в том числе 64 исследователя из числа которых – 3 доктора наук, 19 – кандидатов наук. Этим составом в 2015-2017 гг. было завершено не менее двух десятков научно-исследовательских работ по всем отраслям наук, в том числе по инженерным разработкам и технологиям, естественным, социальным, сельскохозяй-

ственным, гуманитарным и медицинским наукам. В среднем в одном исследовании было задействовано 4 чел. Безусловно, подобная ситуация не способствует качественному выполнению научных работ. Да и направленность самих разработок сложно увязать с региональными проблемами области. Так, например доля промышленности в областном ВРП составляет 9-10%, структура которой представляет следующую картину:

60% - пищевая промышленность;

23% - машиностроение;

4,0% – производство готовых металлических изделий;

3,0% – производство резиновых и пластмассовых изделий;

10% - другие производства (производство химической продукции, металлургическая промышленность, производство бумаги и бумажной продукции, деревянных, пробковых и текстильных изделий, прочих неметаллических продуктов).

Несмотря на столь низкую долю затрат на НИР в ВРП научные разработки ведутся по таким направлениям, как интеллектуальный потенциал страны, науки о жизни, энергетика и машиностроение, рациональное использование природных ресурсов, переработка сырья и продукции. При этом в основном проводятся прикладные исследования.

Возможно из-за того, что научные исследования никак не коррелируются с региональными социально-экономическими проблемами основным источником финансирования является республиканский бюджет (151 из 185 млн. тг. внутренних затрат за 2017г.), основной задачей которого является формальное сохранение потенциала науки области. Из местного бюджета на выполнение НИОКР поступило всего 11,6 млн. тг. И только 12% затрат было компенсировано собственными средствами организаций. Других источников финансирования областной науки не было. Возможно именно по причине неправильной ориентации научных исследований в Северо-Казахстанской области столь низкий вклад науки в ВРП области.

Кызылординская область ориентирована на горнодобывающую промышленность с фокусом на добычу сырой нефти. Это направление является доминирующим. В области имеются значительные запасы цветных и редкоземельных металлов (V-66%, U-14,7%, Zn-16,4%, Pb-11,1%). Кроме того, область является лидером по выращиванию риса

в Казахстане. Однако, все, что не касается нефти и газа, развито слабо. К слову сказать, в области имеются острые экологические проблемы в зоне Приаралья, касающиеся высыхания Аральского моря, что привело к интенсивному опустыниванию огромных территорий и проблеме надвигающихся песков. Также идёт отравление почвы диоксинами, вследствие окисления и сжигания органических веществ при добычи нефти и благодаря химической, металлургической и целлюлозно-бумажной промышленности [2, 3].

Несмотря на то, что в 2017г. вклад науки области в ВРП составлял всего 0,04%, исследования ведутся по всем областям наук. Безусловно, как и следовало ожидать в промышленной области доля затрат на инженерные разработки и технологии преобладает, составив в 2017 г. 276 млн. тг.

Затраты на сельскохозяйственные исследования были чуть меньше (179 млн. тг.) и, по сравнению с предыдущим годом они снизились. В принципе, в 2017 г. затраты снизились по всем областям наук. Затраты на 1-го работника науки составляли 2,69 млн. тг. Это чуть ниже среднереспубликанского уровня. В 2015-2017 гг. были произведены научные исследования по гуманитарным, социальным и сельскохозяйственным наукам. [1]

Данные показывают, что науке, тем не менее, уделяется достаточно внимания, но иное направление основного финансирования говорит о том, что областные административные структуры не привлекают её для решения *своих экономических задач*. Так, вклад из местного бюджета составил всего 13 млн. тг. Предприниматели области не участвуют в финансировании НИР, не смотря на то, что есть предпосылки плодотворно сотрудничать с такими научно-исследовательскими институтами, как КазНИИ рисоводства им. Ибрая Жахаева и КазНИИ рыбного хозяйства, научные разработки которых могли бы быть успешно внедрены в производство не только в нашей республике, но и за рубежом. Возможно причина кроется в том, что более 90% затрат направлены на прикладные исследования, которые не имеют выхода в производство, а опытно-конструкторские разработки не проводятся вообще.

Павлодарская область обладает диверсифицированным промышленным и сельскохозяйственным производством и богата запасами полезных ископаемых. Она занимает одно из ведущих мест в

минерально-сырьевом ресурсе Казахстана. На территории области сложился многоотраслевой индустриальный комплекс. Промышленный потенциал региона определяют крупные экспортоориентированные промышленные компании. Ими производится электро- и теплоэнергия, глинозем, ферросплавы, добывается уголь,. На долю области приходится около 7% промышленного производства страны, около 70% республиканской добычи угля, 3/4 республиканского производства ферросплавов, около 40% республиканского производства электроэнергии и нефтепродуктов. Здесь имеется достаточный потенциал для развития предприятий химической, машиностроительной и металлообрабатывающей отраслей.

Площадь сельскохозяйственных угодий региона составляет 11,2 млн. га. Основной возделываемой культурой является пшеница – около половины площади всех посевов. Порядка 15-17 % посевов приходится на другие зерновые. Кроме того, в области культивируются картофель, овощные и бахчевые культуры. При таком уровне развития экономического потенциала доля науки в ВРП составляет всего 0,01%, а объем затрат на науку, составлявший в 2016 г. 335,7 млн. тг. занимает предпоследнее место среди регионов Казахстана. Однако, Павлодарская область относится к числу тех немногих регионов республики, где в финансировании науки принимают участие не только республиканский и местные бюджеты, но и иностранные инвесторы и предприниматели и доля их в общем объеме внутренних затрат превышает 10%. Несмотря на это, основным инвестором в науку области остается республиканский бюджет. Также значительная часть затрат компенсируется из бюджета самих организаций. Судя по уровню финансирования научных исследований из местного бюджета, достигавшего в 2017 г. всего 4%, местные власти не заинтересованы в научных результатах.

Это сказалось на таком показателе, характеризующем бюджетную обеспеченность выполнения научных работ, как внутренние затраты на одного работника. В 2017 г. в Павлодарской области он оказался самым низким в республике – 0,5 млн. тг. [1]

В 2015-2016гг. было проведено ряд научно-исследовательских работ по всем отраслям наук, при этом численность персонала составляла 654 чел. Научные исследования, включая фундаментальные, велись по разным типам и областям науки. При низкой фи-

нансовой обеспеченности научных работ как следствие, происходит значительное распыление ресурсов, что наверняка отражается на качестве исследований (Рисунок 1).

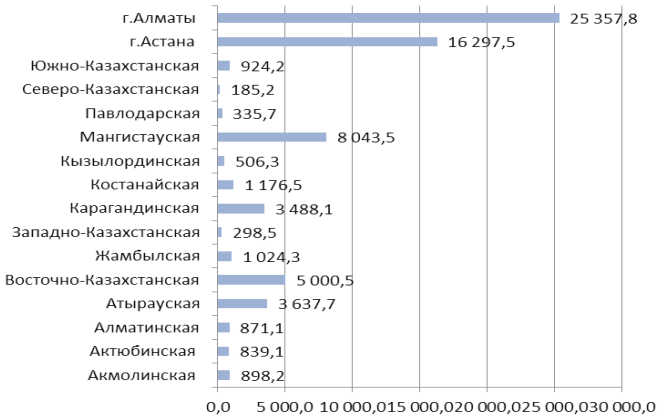


Рисунок 1 – Внутренние затраты на НИОКР по областям, млн. тенге

Выводы. Наука, как вид деятельности является полноправным участником экономических процессов, происходящих в стране и является частью бизнеса, основная цель которого производство товаров и услуг. Подводя итоги анализа научной деятельности по отдельным регионам страны, прежде всего, можно сделать следующие выводы:

- Существующие рыночные отношения, безусловно, касаются и науки. Но стратегию развития науки необходимо разрабатывать не только на государственном уровне, но также на региональном и на уровне организации.

- Региональным властям при планировании своей деятельности необходимо вырабатывать стратегию взаимодействия с промышленными предприятиями и организациями для определения уровня спроса на научные разработки, раз в стране нет посреднических организаций между наукой и производством. Данные показывают, что в целом наука не ставит перед собой задач консолидации с властями и бизнесом. Способствует этому и отстраненность региональных руководителей от научных разработок, которые возможно, желают просто

получать финансирование из государственных источников, при этом больше ориентируя научные организации на фундаментальные и прикладные исследования вместо ОКР.

Таким образом, чаще всего идет распыление возможностей научного потенциала на множество мелких работ и экономически не функциональных направлений. Кроме того, не сохраняется преемственность исследований, когда полученные результаты научных работ должны постоянно совершенствоваться и затем внедряться в производство.

Статистические данные демонстрируют почти полное отсутствие заинтересованности бизнеса в научных исследованиях (возможно из-за административных стратегических ошибок: планирования науки; качества исследований; ориентация на прикладные исследования и т.д.).

Следует напомнить, что многие ведущие исследовательские университеты мира возникали именно для решения региональных экономических и экологических проблем. Затем, благодаря грамотному стратегическому планированию превращались в ведущие исследовательские центры мира. Как пример, можно привести Государственный исследовательский университет штата Огайо (США). Третий по величине университет США. В 1870 г. он был основан, как учебное заведение для подготовки специалистов, связанных с аграрным сектором штата, однако благодаря усилиями губернатора Раутерфорда Хейса заведение стало университетом, который в данное время ведет научно-исследовательскую деятельность не только по различным областям сельского хозяйства, но и по автомобильной промышленности, медицине, стоматологии, оптометрии, ветеринарии, торговли и др.

Список литературы

1 Комитет по статистике МНЭ РК, Электронный ресурс, [Режим доступа]: http://stat.gov.kz/faces/homePage?c404=1&_adf.ctrl-state=13ofz11jw_4&_afrcLoop=1249644164643110

2 Кызылординская область, Портрет региона [Электронный ресурс] /Режим доступа: http://businessnavigator.kz/ru/region-map/?REGION_KATO=430000000&kato=33231

3 *Нажметдинова А.Ш., Бимуратова Г.А., Сарманбетова Г.К.* Контаминация почвы стойкими органическими загрязнителями на территории Кызылординской области// М., Вестник КазНМУ, 2016.-№3.-С. 1-7

Беляева Н. – эксперт, e-mail: statan@inti.kz

А.К. Абдуланова¹

¹Международный университет информационных технологий,
г. Алматы, Казахстан

ПОИСК ЛОЖНОЙ ИНФОРМАЦИИ В СТАТЬЯХ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Аннотация. Проблема «поддельных новостей» возникла в последнее время как потенциальная угроза качественной журналистике, и имеет повод к общественной дискуссии в хорошо информированном обществе. Обработка естественного языка является одной из важнейших технологий информационной эпохи. Понимание сложных языковых высказываний также является важной частью искусственного интеллекта. Приложения NLP (Natural Language Processing - обработка естественного языка) повсюду: веб-поиск, реклама, электронные письма, обслуживание клиентов, перевод на язык, радиологические отчеты и т. д. Существует большое количество базовых задач и моделей машинного обучения для приложений NLP. В последнее время глубокие подходы к обучению получили очень высокую производительность во многих различных задачах обработки естественного языка. Они могут решать задачи с помощью отдельных сквозных моделей и не требуют традиционной, специализированной функции.

Ключевые слова: машинное обучение, natural language processing, искусственный интеллект, классификация текста.

• • •

Түйіндеме. «Жалған жаңалықтар» проблемасы сапалы журналистикаға елеуетті қауіп ретінде соңғы жылдары пайда болды және жақсы хабардар қоғамға пікірталасқа да себеп бар. Табиғи тілді өңдеу – ақпараттық заманның маңызды технологиясының бірі. Сондай-ақ, күрделі пікірді түсіну – жасанды интеллекттің маңызды бір бөлігі. Барлық жерде NLP (Natural Language Processing – табиғи тілді өңдеу) қолданылуда: веб іздеу, жарнама, электрондық хаттар, клиенттерге қызмет көрсету, тілге аудару, радиологиялық есептер және т.б. NLP қосымшалары үшін машиналық оқытудың көптеген базалық есептері мен модельдері бар. Соңғы жылдары оқытуға терең көңіл бөлу табиғи тілді өңдеудің түрлі мәселелерінде үлкен нәтижелерге ие болды. Олар жеке модельдер арқылы мәселелерді шеше алады және мамандандырылған функцияларды талап етпейді.

Түйінді сөздер: машиналық оқыту, табиғи тілдерді өңдеу, жасанды интеллект, мәтінді жіктеу.

Abstract. The problem of “fake news” arose recently as a potential threat to qualitative journalism and a well-informed public debate. The processing of natural language is one of the most important technologies of the information age. Understanding of complex linguistic utterances is also an important part of artificial intelligence. NLP applications (Natural Language Processing) are everywhere: web search, advertising, emails, customer service, translation into language, radiological reports, etc. There are a lot of basic tasks and machine learning models for NLP applications. Recently, deep approaches to learning received very high productivity in many different tasks of natural language processing. They can solve problems using separate end-to-end models and do not require traditional, specialized functions.

Keywords: machine learning, natural language processing, artificial intelligence, text classification.

Введение. В течение последних нескольких месяцев вопрос о «поддельных новостях», определяемый «Нью-Йорк таймс» как «составленные истории, написанные с намерением обмануть» и опубликованные в форматах, подобных тем, что были в традиционных «настоящих» новостях, возникшей как угроза качественной журналистике и хорошо информированного публичного дискурса. В частности, поддельные новости обвинялись в увеличении политической поляризации и партизанского конфликта в Соединенных Штатах во время предвыборной кампании в 2016 г. и в первые дни правления Д.Трампа.

Предположительно, классификатор, который может решить проблему обнаружения положения с высокой точностью, может эффективно использоваться либо как инструмент для людей, работающих для идентификации поддельных новостей (например, получение статей, которые согласны, не согласны и обсуждают заголовки), либо как строительный блок для более сложной системы ИИ, которая попытается определить реальную правдивость новостных сообщений (например, используя достоверные источники для классификации).

За последние несколько лет многие исследовательские усилия в NLP были сосредоточены на применении моделей нейронных сетей с глубокими нейронными сетями для различных задач на основе последовательности. Частым шаблоном для таких задач является принятие двух текстовых последовательностей, их кодирование в какой-то форме, а затем попытка классифицировать их отношения. В

этой задаче был разделен новый состав меченых пар предложений и подходы к их классификации на основе семантических отношений, таких как «влечение» и «противоречие».

Другой общей задачей, основанной на последовательности в NLP, является машинный перевод (МП), который, возможно, является каноническим приложением для недавней работы над структурами «последовательно-последовательно» (seq2seq). Эти модели кодируют одну последовательность слов или токенов, а затем пытаются «декодировать» шаг за шагом соответствующую последовательность выходных токенов. Sutskever от Google сделал одно из первых приложений моделей seq2seq для МП всего несколько лет назад. Другие, включая Bahdanau и Luong расширили работу команды Google, представив новые механизмы, такие как «внимание», что позволяет декодеру модели сфокусироваться на определенных участках закодированной входной последовательности на каждом этапе вывода, чтобы сделать наилучшие предсказания. Поскольку рекуррентные нейронные сети часто являются центральным компонентом моделей NLP, основанных на последовательности, большинство из этих усилий также основываются на единицах «памяти», таких как LSTM (длинная кратковременная память, Hochreiter и Schmidhuber, [1] и GRU (стробированная периодическая единица, Chung).

Феррейра и Влахос [2] использовали набор данных «Emergent» для сравнения слухов о претензиях к новостным статьям, которые ранее были отмечены журналистами с оценкой их правдивости, с целью предсказать позицию статьи в отношении слуха. Эта команда суммировала каждую статью в заголовке и использовала модель логистической регрессии с функциями, представляющими статью, и требовала классифицировать комбинацию статьи и претензии как «для», «против» или «наблюдения» с конечным уровнем точности 73%.

Augenstein предпринял аналогичную задачу обнаружения положения, хотя и в другом наборе данных с несколько более короткими текстовыми строками. Они пытались предсказать, был ли твит «позитивным», «негативным» или «нейтральным» по отношению к короткой теме (например, «Легализация абортов»), которую они обозначили как «цель». Они исследовали несколько моделей, в которых использовалась пара LSTM в разных устройствах. В мо-

дели, которую они называли «независимым кодированием», один LSTM кодировал целевую строку, а другой LSTM кодировал твиты, а конечные векторы скрытого состояния двух LSTM затем пропускались через один слой вперед-вперед и softmax, чтобы сделать предсказание. Окончательным вариантом было «двунаправленное условное кодирование», которое расширило предыдущую модель путем кодирования твита в обоих направлениях, а затем с использованием двух окончательных векторов скрытого состояния для прогнозирования. Результаты этой группы показали, что условное кодирование обеспечило значимое повышение производительности по сравнению с независимой моделью кодирования с двунаправленным условным кодированием, обеспечивающим небольшую дополнительную прибыль.

Задача поиска поддельной новостной статьи. Вызов Fake News был организован в начале 2017 г. для поощрения разработки систем классификации на основе машинного обучения, которые выполняют «обнаружение положения» - то есть то, что конкретный заголовок новостей «соглашается» с «не согласен» с «обсуждает» или не связан с конкретной новостной статьей, чтобы позволить журналистам и другим людям легче находить и исследовать возможные случаи «поддельных новостей». Было разработано несколько моделей, основанных на нейронных сетях, для решения проблемы обнаружения положения, начиная от относительно простых сетей передачи данных, чтобы разработать повторяющиеся модели с вниманием и несколькими словарями.

С появлением поддельных новостей, которые используются для влияния на выборы, определение ложной информации стало важной задачей. Правительства, газеты и платформы социальных сетей прилагают все усилия, чтобы отличить достоверные новости от поддельных новостей. Цель работы - автоматизировать процесс выявления поддельных новостей с помощью машинного обучения и обработки естественного языка. Этот процесс можно разбить на несколько этапов. Первым полезным шагом к идентификации поддельных новостей является понимание того, что другие источники новостей говорят о той же теме. Вот почему проблема фальшивых новостей изначально фокусируется на обнаружении положения. Обнаружение положения включает оценку относительных перспектив двух разных текстовых

фрагментов по той же теме. В частности, задача состоит в том, чтобы оценить позицию заголовка новостей относительно содержания новостной статьи, которая может, но не должна затрагивать ту же тему. Таким образом, относительная позиция каждой пары заголовков-статья должна классифицироваться как не связанная, обсуждающая, соглашающая или не соглашающая.

Открытие несогласованной пары заголовков-статья не обязательно соответствует обнаружению поддельной статьи 1, но это автоматический первый шаг, который мог бы сделать рецензенты для людей осведомленными о несоответствии. В этом случае рецензенты или специализированные алгоритмы могут в конечном итоге решить, какие статьи являются поддельными.

Методы для решения задачи поиска «положения». В этом разделе описаны методы, позволяющие решить задачу поиска «положения».

Сверточные нейронные сети для n-граммов. Вдохновленные успехом базовой линии с символами n-граммов и n-граммами слов, сделана попытка ввести в нашу модель слово n-граммы разного размера. Экспериментировали с конкатенацией слов n-граммов поверх словных вложений, прежде чем кормить их через RNN. Аналогично использовали сверточную нейронную сеть с различными размерами фильтра для генерации представлений n-грамм.

Однако n-граммы не улучшили производительность нашей модели. Опять же, результаты показывают, что введение большего количества параметров, на этот раз в виде сверточных фильтров, может негативно повлиять на производительность нашей модели на этом наборе данных обнаружения положения.

Bag of Words. Некоторые из экспериментов были основаны на совершенно другом подходе, основанном на сумке слов (BoW). Здесь описывается наиболее успешная модель такого рода. Для представления слов использовали 50-мерную версию предварительно подготовленных векторов GloVe [3], используемых в других моделях. Для каждой пары заголовков-корпус. Стоп-слова удаляются как из заголовка, так и из тела. Тело делится на предложения, а средний вектор слова вычисляется для каждого предложения. Соответствующий вектор вычисляется для заголовка. Затем вычисляется сходство косинусов вектора заголовка с каждым

вектором предложения тела и выбирается 3 с наивысшим сходством. Эти векторы, а также вектор заголовка затем объединяются для создания входного вектора классификатора. Объединили глобальные функции с входным вектором. Затем входной вектор подавался в нейронную сеть с одним скрытым слоем 100 ед. ReLU и слоем выхода softmax. Модель BoW работает на удивление хорошо, учитывая ее простоту. [4]

Наивная базовая линия (сходство с Jaccard). Чтобы установить простой базовый уровень производительности, сначала внебрили быстрый счетчик сходства с Jaccard, который сравнивал заголовки с отдельными предложениями от их парной статьи. Найдя максимальные и средние оценки по шкале Jaccard по всем предложениям в статье и выбирая соответствующие пороговые значения, была достигнута 90%-ная точность по связанной/несвязанной задаче, поэтому была надежда на очень высокую точность при переходе к глубокому обучению.

Многоуровневая сеть прямой связи. Наша первая модель на основе NN использовала простые преобразования (усреднение, конкатенацию и т.д.) Для предварительно обученных вложений слов для создания независимых наборов функций для заголовков и статей, которые затем отправлялись через многоуровневую сеть, чтобы получить результат предсказания. Этот метод проходил очень быстро и обеспечивал надежные результаты классификации с общим уровнем точности в диапазоне 90-95% в 4 классах, которые пытались предсказать.

LSTM с независимой условной и двунаправленной условной кодировкой. Вдохновляя подход Аугенштейна и др. [5] было изучено использование нескольких повторяющихся сетевых уровней для кодирования заголовков и статей перед классификацией результирующих векторов состояния с преобразованием softmax. Первая попытка включала отдельные (параллельные) кодировки LSTM заголовка и статьи и последующую классификацию с использованием конечных скрытых состояний каждого кодировщика для прогнозирования. (это то, что Аугенштейн обозначил как «независимую кодировку»). Поскольку словарь по данному набору обучения был относительно небольшим - около 3000 различных типов в заголовках и 24000 типов в статьях - использовались

предварительно подготовленные векторы вставки слов из Стэнфорда GloVe, чтобы дать толчок к захвату семантики маркера. Таким образом, ввод каждого LSTM на каждом шаге представлял собой 50-мерное векторное представление текущего токена, основанное на GloVe, но также прошедшее обучение в данной модели, чтобы поймать любые корректировки, которые могут быть специфическими для задачи классификации.

Затем перешли к условному кодированию, которое включает повторяющиеся ячейки, размещенные в последовательности, а не параллельно. Сначала был отправлен текст заголовка через слой LSTM (назовем эту LSTMHeadline), а затем инициализирован другой слой LSTM (назовём эту LSTMА-страницу) конечным скрытым вектором состояния LSTMHeadline.

Затем окончательное предсказание было выполнено с использованием только конечного скрытого состояния LSTMА-статьи, хотя, конечно, концептуальная цель заключалась в том, что это состояние также фиксирует информацию о заголовке и его отношении к статье на основе ее инициализации. Наконец, была попробована двунаправленная условная кодировка, состоящая из 4 разных слоев LSTM.

LSTMHeadline-Forward подключается к LSTMА-Forward-Forward, как и в предыдущей модели, в то время как LSTMHeadline-Backward и LSTMА-Article-Backward имеют одинаковые отношения, но их входы поставляются в обратном порядке. Затем конечные состояния LSTMА-Прямой и LSTMА-Article-Backward затем усредняются и подаются в конечный слой предсказания softmax.

Последовательная повторяющаяся модель с вниманием. Все предыдущие модели были, по существу, созданы на заказ в Python и Tensorflow, хотя использовались некоторые полезные строительные блоки из библиотеки Tensorflow, такие как класс BasicLSTMCell. Для окончательной модели было решено поэкспериментировать с некоторыми из более богатых библиотечных кодов, доступных для Tensorflow.

Выводы. В частности, было адаптировано учебное пособие по переводам нейронных машин (NMT) последовательности к последовательности, чтобы создать внимательную модель seq2seq, используя функцию «embedding_attention_seq2seq» от Tensorflow.

Эта модель позволила легко использовать LSTM или GRU, а также обеспечила преимущество добавления уровня внимания поверх условного кодирования, которое является стандартным в моделях seq2seq.

Список литературы

1 *Pomerleau D. and Rao D.*, "Fake news challenge." 2016., [Электронный ресурс]: <http://www.fakenewschallenge.org>

2 *Ferreira W. and Vlachos A.*, "Emergent: a novel data-set for stance classification," in Proceedings of the 2016 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, ACL, 2016.

3 *Pennington J., Socher R., and Manning C.D.*, "Glove: Global vectors for word representation," in Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP), 2014.- pp. 1532–1543,

4 *Mohammad S.M., Kiritchenko S., Sobhani P., Zhu X., Cherry C.*, "Detecting stance in tweets," Proceedings of SemEval, 2016.- vol. 16.

5 *Augenstein I., Rocktaschel T., Vlachos A., Bontcheva K.*, "Stance detection with bidirectional conditional encoding," 2016.- 1606.05464

Абдуланова А.К., e-mail: abdulanova@gmail.com

БИОЛОГИЯ

МРНТИ 34.27.51,68.41.35

К.Б. Бияшев¹, Г.М. Нургожаева¹, С.С. Кошкимбаев¹,
К.Т. Жуманов¹, В.Ю. Тыницкая¹, С.Р. Баймолда¹

¹Казахский национальный аграрный университет, г.Алматы, Казахстан

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОСОБЕННОСТЬ ШТАММА-ПРОДУЦЕНТА *ESHERICHIA COLI* 64Г

Аннотация. При отборе культур для приготовления пробиотиков следует помнить, что они должны обладать набором свойств, позволяющих им конкурировать с патогенными и условно патогенными микроорганизмами и соответствовать определенным требованиям: являться нормальными обитателями желудочно-кишечного тракта здоровых животных; быть непатогенными и нетоксичными; переносить пассаж через желудок (обладать определенным уровнем устойчивости к желчи и соляной кислоте); обладать способностью к адгезии на эпителии и приживлению в пищеварительном тракте; антагонистической активностью и быть стабильными и способными длительное время оставаться жизнеспособными при хранении в производственных условиях. Изучен спектр антагонистической активности и устойчивости к действию желудочного сока и желчи полученного пробиотического штамма *E.coli* 64Г ставшего основой для изготовления пробиотического препарата «Энтерокол».

Ключевые слова: штамм, антагонистическая активность, устойчивость, желчь, соляная кислота.

• • •

Түйіндеме. Пробиотиктерді дайындау үшін өсінділерді сұрыптауда олар зардапты және шартты-зардапты микроорганизмдермен бөсекеге қабілетті және белгілі талаптарға сәйкес келетін мынадай жинаққа: дені сау жануардың ішек-қарын жолының қалыпты микрофлорасын қалыптастыру, зардапсыз, ұсыз, қарын арқылы пассаж өткізу (тұз және өт қышқылына белгілі бір деңгейде танылатын төзімділік), асқорыту жолында тіршілік ету және эпителияға адгезивті қасиетке ие, антагонисті белсенділік және тұрақтылық, өндірістік жағдайда сақтау кезінде тіршілігін ұзақ сақтау қасиеттеріне ие болуы тиіс. «Энтерокол» пробиотикалық препаратын дайындауға негіз болған *E.coli* 64Г пробиотикалық штаммының асқазан сөлі мен өт жұмысына антагонисті белсенділік және тұрақтылық спектрі зерттелді.

Түйінді сөздер: штамм, антагонисті белсенділік, төзімділік, өт, тұз қышқылы.

Abstract. When selecting crops for the preparation of probiotics, it should be remembered that they must have a set of properties that allow them to compete with pathogenic and opportunistic microorganisms and meet certain requirements: to be normal inhabitants of the gastrointestinal tract of healthy animals; be non-pathogenic and non-toxic; transfer the passage through the stomach (have a certain level of resistance to bile and hydrochloric acid); have the ability to adhere to the epithelium and engraft in the digestive tract; antagonistic activity and to be stable and able to remain viable for a long time during storage in production conditions.

Keywords: strain, antagonistic activity, resistance, bile, hydrochloric acid.

Введение. Основой профилактики инфекций новорожденных животных, вызываемых возбудителями инфекционных болезней, является серо- и вакцинопрофилактика. Однако, в связи со сложившейся в настоящее время экономической ситуацией (вступление в ВТО, создание конкурентоспособной продукции), которая диктует поиск новых методов профилактики болезней животных, возникает ряд затруднений при использовании традиционной иммунизации. Слабые иммуногенные свойства вакцин могут привести к прорывам иммунитета у иммунизированных животных. В этой связи становится целесообразным применение новых методов профилактики болезней животных с использованием свойств некоторых групп бактерий продуцировать бактериоцины.

В настоящее время предложено множество различных видов пробиотиков, продуцирующие бактериоцины, состоящих из монокультур и ассоциаций различных групп бактерий. Вместе с тем низкая эффективность этих препаратов может быть обусловлена тем, что при их разработке не учитываются экологические критерии селекции штаммов. Во многих публикациях акцентируется внимание на том, что штаммы для изготовления ветеринарных пробиотиков должны быть выделены из кишечника животных, что является обоснованным, так как целью применения пробиотиков является восстановление нормального микробиоценоза желудочно-кишечного тракта животных с учетом их физиологических особенностей [1]. Включение пробиотиков в систему выращивания молодняка животных снижает заболеваемость желудочно-кишечными болезнями, сокращает продолжительность выращивания, снижает затраты на корма. Пробиотики улучшают убойные и мясные качества молодняка сельскохозяйственных животных и птиц [2].

Эти препараты не имеют противопоказаний к применению и в комплексе с ветеринарно-санитарными мероприятиями могут положительно влиять на организм животного. При использовании этих препаратов стимулируется иммунный ответ организма животных, возобновляется нормобиоценоз, при этом продукты животноводства остаются экологически чистыми [3].

Механизм действия пробиотиков проявляется в их способности активно заселять желудочно-кишечный тракт, производить биологически активные метаболиты, которые обеспечивают их выживаемость в борьбе с патогенными микроорганизмами, устойчивость к действию желудочного сока и желчи [4].

При подборе полезных микроорганизмов следует учитывать много условий. Подбирать штаммы необходимо из большого количества бактерий, которые обладают высокой скоростью роста и быстро приживляются в среде желудочно-кишечного тракта [3].

Работа выполнялась в соответствии с планом грантового проекта AP05132442 «Разработка технологии изготовления пробиотического препарата «Энтерокол» и создание его опытно-промышленного образца».

Цель работы - Изучить спектр антагонистической активности и устойчивости к действию желудочного сока и желчи пробиотического штамма *E.coli* 64Г.

Методы исследований. Исследования проводились в лаборатории противобактериозной биотехнологии КазНАУ. Объектом исследования явился штамм *E.coli* 64Г, используемый для изготовления пробиотика «Энтерокол».

Основные результаты. Одной из наиболее ценных свойств пробиотических препаратов является их антагонистическая активность по отношению к патогенным условно - патогенным микроорганизмам.

Антагонистическую активность изучали на плотных питательных средах. О степени антагонистической активности изучаемых препаратов к каждому тест-микробу судили по ширине зоны задержки роста последнего: до 10 мм-средняя, более 20 мм - высокая; отсутствие зоны задержки роста - нулевая антагонистическая активность.

Антагонистическую активность препарата определяли в отношении тест-культур: *E.coli*, *Salm.typhimurium*, *Salm.dublin*, *Salm.*

choleraesuis, *Salm.abortusovis*. *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumonia*, *Klebsiella pneumonia*, *Bacillus subtilis*.

В качестве тест-культур были взяты культуры в хозяйствах Алматинской области, изолированные от больных животных и обладающие патогенными свойствами. Антагонистическую активность сухого препарата «Энтерокол» изучали в сравнении с препаратом «Олин» (Россия), содержащий культуры *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis*.

Антагонистическую активность определяли микробиологическим способом – методом диффузии в агар (метод лунок). В чашках Петри, засеянных тест-культурами, сделали лунки. В лунки вносили суспензию из сухих препаратов «Энтерокол» и «Олин» (таблица 1).

Результаты определения антагонистической активности препарата свидетельствуют, что препарат «Энтерокол» и «Олин» подавляют рост всех исследованных тест-культур, причем зоны задержки роста тест - культур составляют 25-32 мм.

Таблица 1 - Антагонистическая активность препарата «Энтерокол»

Препараты	Диаметр зон подавления роста тест-культур (мм)									
	<i>S. dublin</i>	<i>S. abortus ovis</i>	<i>S. typhimurium</i>	<i>S. choleraesuis</i>	<i>E.coli</i>	<i>Proteus vulgaris</i>	<i>Stap. aureus</i>	<i>Strep. pneumoniae</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>B. subtilis</i>
Энтерокол	23	28	27	30	31	26	27	32	31	30
Олин	22	28	26	29	31	25	27	30	31	30

Определение чувствительности препарата «Энтерокол» к желчи, соляной кислоте. Суспензию исследуемого препарата «Энтерокол» культивировали на МПБ (рН 7.0-7.4), содержащей 1, 5, 10, 20, 30 и 40% желчи. В экспериментах использовали препарат желчи медицинский (Cholemedicata), содержащий натуральную пузырную желчь крупного рогатого скота.

Суспензию исследуемого препарата «Энтерокол» культивировали в течение 24 и 48 ч. Устойчивость к желчи определяли по уровню накопления биомассы, изменению числа КОЕ и рН среды. Количество жизнеспособных клеток бактерий в 1 мл суспензии (число колониеобра-

зующих единиц – КОЕ) определяли методом предельных разведений (от 10^2 до 10^9) при высеве на плотные питательные среды (МПА). Показания снимали непосредственно после внесения суспензии культур разных разведений на МПА через 24 культивирования их в термостате при 37°C в течение 18-20 ч. Затем проводился подсчет выросших колоний. Аналогичный опыт был проведен после культивирования суспензии исследуемого препарата «Энтерокол» в течение 48 ч. в МПБ.

Результаты исследования показали, что при высеве суспензии исследуемых культур в разведении - 10^2 на МПА (определение живых клеток), выросших в МПБ с содержанием различных концентраций желчи через 24 и 48 ч. наблюдался рост штаммов *E.coli* 64Г со сред содержащих 1%, 5%, 10% и 20% желчи. Наибольшая биомасса наблюдалась на 1 сут. (через 24 ч.) культивирования, титр бактерий (КОЕ) равнялся при высеве в разведении: 10^2 (100 КОЕ) – штамм *E.coli* 64Г- 85 - 90 КОЕ из 100. Титр бактерий при высеве исследуемых культур через 48 ч. равнялся в среднем 65-74 КОЕ из 100.

Рост штамма *E.coli* 64Г на средах, содержащей 30 и 40% желчи не наблюдался. Безусловно, применение препарата «Энтерокол» на основе штамма *E.coli* 64Г способствует нормализации кишечной микрофлоры и активизации обмена веществ в организме животных.

Определение чувствительности штамма *E.coli* 64Г к соляной кислоте проводили фотокалориметрическим методом по изменению оптической плотности бульонных культур при добавлении различных концентраций соляной кислоты, которая сравнивалась с контролем, где наблюдалось размножение исследуемых культур в средах без наличия соляной кислоты. В качестве эталонной культуры использовали штамм *E.coli* 04 (S – форма).

Одновременно, устойчивость к соляной кислоте исследуемых культур эшерихий определяли по уровню накопления биомассы, изменению числа КОЕ и pH среды. Количество жизнеспособных клеток бактерий в 1 см^3 суспензии (число колониеобразующих единиц – КОЕ) определяли методом предельных разведений (от 10^2 до 10^9) при высеве на плотные питательные среды (МПА).

Штамм *E.coli* 64Г выращивали на МПБ (pH 7.0-7.4), содержащей 0,1%, 0,2%, 0,5%, 0,8%, 1,0%, 1,2%, 1,5%, 1,8%, 2,0% и 2,5 % соляной кислоты. Штамм *E.coli* 64Г культивировали в течение 24 и 48 ч. Результаты роста исследуемых культур в питательных средах (МПБ) с

содержанием и без содержания соляной кислоты проводили через 24 и 48 ч. культивирования сред в термостате при 37°C.

Результаты изучения резистентности штамма *E.coli* 64Г к соляной кислоте по фотокolorиметрическому методу свидетельствуют, что рост исследуемой культуры *E.coli* 64Г наблюдался в средах содержащих соляную кислоту в концентрациях 0,1%, 0,2%, 0,5%, 0,8%, 1,0%, 1,2%, (при исследовании выросших штаммов через 24 ч.) и на средах содержащих соляную кислоту в концентрациях 0,1%, 0,2%, 0,5%, 0,8%, (при исследовании выросших штаммов через 48 ч.). В контроле наблюдался рост всех культур на средах, не содержащих соляную кислоту.

Параллельно изучали устойчивость к соляной кислоте культуры *E.coli* 64Г по уровню накопления биомассы, изменению числа КОЕ методом предельных разведений (от 10^2 до 10^9) при высеве выросших культур (через 24 и 48 ч.) на плотные питательные среды (МПА).

Учет результатов опыта проводили после посева суспензии исследуемой культуры разных разведений на МПА, через 24 ч. культивирования его в термостате при 37°C. Затем проводился подсчет выросших колоний.

Результаты исследования показали, что при высеве 24-часовой суспензии штамм *E.coli* 64Г в разведении - 10^2 на МПА (определение живых клеток), выросших в МПБ с содержанием соляной кислоты в концентрациях 0,1%, 0,2%, 0,5%, 0,8%, 1,0%, 1,2%, 1,5%, 1,8%, 2,0% и 2,5 % рост наблюдался штамма *E.coli* 64Г (от 78 до 89 колоний). Аналогичные результаты были получены при высеве 48-часовой суспензии исследуемых культур в тех же концентрациях. Рост выросших КОЕ штаммов эшерихий составлял в среднем от 55 до 64 колоний. Высевы со сред содержащих 1,8%, 2,0% и 2,5 % соляной кислоты не дали роста исследуемой культуры, независимо от экспозиции культивирования.

Выводы. Результаты исследования свидетельствуют, что штамм *E.coli* 64Г обладает набором свойств, позволяющих конкурировать с патогенными и условно патогенными микроорганизмами и удовлетворять следующим требованиям: является нормальным обитателем желудочно-кишечного тракта здоровых животных; непатогенный и нетоксичный; переносит пассаж через желудок (обладать определенным уровнем устойчивости к желчи и соляной кислоте).

Таким образом, проведенные исследования дают основание предполагать, что подход к разработке пробиотиков должен основываться на изучении многих параметров, включающих в первую очередь всестороннюю оценку свойств микроорганизмов – пробиотиков.

Список литературы

1 Смирнов В.В., Коваленко, Н.К., Подгорский, В.С., Сорокулов, И.Б. Пробиотики на основе живых культур микроорганизмов.// Микроб., вирусол., иммунол.- 2002. -Т. 64. - № 4.- С. 64-75.

2 Новик Г.И., Самарцев А.А. Биологическая активность микроорганизмов – пробиотиков //Прикладная биохимия и микробиология - 2006.- №2 – С. 39-42.

3 Данилиевская Н.В. Фармакологические аспекты применения пробиотиков.//Ветеринария. - 2005.- №11.- С.8-11.

4 Стегний Б.Т., Гужвинская, С.А. Перспективы использования пробиотиков в животноводстве. / Б.Т.Стегний// Ветеринария.-2005.-№ 5.-С. 10-12.

Бияшев К.Б., доктор ветеринарных наук, профессор,
e-mail: kadyr39@mail.ru

Нургожаева Г.М., кандидат ветеринарных наук,
e-mail: gulsin.nurgozhaeva@yandex.ru

Кошкимбаев С.С., магистр ветеринарных наук,
e-mail: seryk.koshkymbaev@gmail.com

Жуманов К.Т., PhD, e-mail: kairat_nur85@mail.ru

Тыницкая В.Ю., магистрант, e-mail: tyniskaya@gmail.com

Баймолда С.Р., магистрант, e-mail: sara1994b@mail.ru

Н.А. Ибрагимова¹, М.Б. Лю¹, И.С. Мухтарбекова¹

¹Научный центр противоионфекционных препаратов, г. Алматы, Казахстан

ПРЕСНОВОДНЫЕ МИКРОВОДОРОСЛИ КАК МЕССЕНДЖЕРЫ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В СОЗДАНИИ НОВЫХ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ

Аннотация. В исследовании обосновывается разработка новых фармакологических групп лекарственных препаратов на основе микроводорослей с уникальным комплексом аддуктов йода. Территория Казахстана относится к эндемичным йододефициту, что сопровождается хронической йодной недостаточностью населения и поэтому получение для животных/рыб эффективных, безопасных и малозатратных кормовых добавок, содержащих аддукты йода, и поступающих в организм человека по пищевой цепочке с продуктами питания, является актуальным. С другой стороны, формирование резистентности бактериальных штаммов к антибиотикам приводит к возобновлению разработок лекарств на основе йода с более широкой активностью и меньшей вероятностью индуцирования микробной резистентности. Микроводоросли являются идеальной платформой для синтеза новых форм эффективных препаратов. Они способны при биоаккумуляции из захваченных ионов образовывать нетоксичные соединения в виде белковых комплексов, уменьшая токсичность активной субстанции потенциального биологически активного вещества.

Ключевые слова: йодная недостаточность, бактериальная резистентность, микроводоросли, пресноводные микроводоросли.

• • •

Түйіндеме. Осы зерттеу бірегей аддукты йод кешенімен микробалдырлар негізінде жаңа препараттардың фармакологиялық топтарының дамуын негіздейді. Қазақстан Республикасының аумағы йод тапшылығы үшін эндемикалық болып табылады, ол халықтың созылмалы йод жетіспеушілігімен бірге жүреді, сондықтан жануарларға/балықтарға, адамның денесіне азық-түлік тізбегі бойымен енгізілетін йод қосындылары бар тиімді, қауіпсіз және арзан азық қоспаларын қабылдау маңызды болып табылады. Екінші

жағынан, бактериялық штамдардың антибиотиктерге төзімділігін арттыру йодқа негізделген препараттардың дамуын жандандыруға және микробтық төзімділіктің төмендеу ықтималдығын азайтуға әкеледі. Микробалдырлар – тиімді препараттардың жаңа түрлерін синтездеуге арналған мінсіз алаң болып табылады. Олар потенциалды биологиялық активті заттың белсенді затының уыттылығын төмендеті отырып, ақуыз кешені түрінде улы емес қосылыстар алу үшін тұздалған иондардан биоаккумуляциялауға қабілетті микробалдырлар.

Түйінді сөздер: йод тапшылығы, бактериалды қарсылық, микробалдыр, тұщы су микробалдырлары.

• • •

Abstract. This study substantiates the development of new pharmacological groups of drugs based on microalgae with a unique complex of iodine adducts. The territory of the Republic of Kazakhstan is endemic for iodine deficiency, which is accompanied by chronic iodine insufficiency of the population, and therefore, the receipt of effective, safe and low-cost feed additives containing iodine adducts entering into the human body through the food chain with food is an actual one. On the other hand, the formation of resistance of bacterial strains to antibiotics leads to the resumption of development of iodine-based drugs with a broader activity and a lower probability of inducing microbial resistance. Microalgae are an ideal platform for the synthesis of new forms of effective drugs. Microalgae capable of bioaccumulating from trapped ions to form non-toxic compounds in the form of protein complexes, reducing the toxicity of the active substance of a potential biologically active substance.

Keywords: iodine deficiency, bacterial resistance, microalgae, freshwater microalgae.

Введение. В 1990 г. мировым сообществом признано, что йододефицитные расстройства относятся к наиболее распространенным неинфекционным заболеваниям человека и в 118 странах рассматриваются в качестве проблемы здравоохранения. Около 30% населения испытывают риск последствий йодной недостаточности и наиболее уязвимой группой признаны дети и беременные женщины. Казахстан испытывает недостаток йода в почве и воде, и соответственно в местных продуктах питания, что сопровождается хронической йодной недостаточностью, вызывая широкий спектр заболеваний (зоб, кретинизм, мертворождение, спонтанные аборты, врожденные ано-

малии развития, гипотериоз) и формируя компенсаторные реакции организма. Исследование определения уровня йода у жителей Казахстана, показало, что у более половины женщин репродуктивного возраста отмечается дефицит йода [1]. В ст. 161 Кодекса Республики Казахстан «О здоровье народа и системе здравоохранения» отмечается проблема йододефицитных состояний. В феврале 2010 г. Казахстан был признан международными организациями (CDC, UNICEF, WHO, MI, IGN) и Сетью устойчивого устранения дефицита йода страной, достигшей универсального йодирования соли (УИС).

В настоящее время можно выделить две группы, проводимой йодной профилактики в стране: *индивидуальная* - предполагает использование профилактических лекарственных средств, в том числе и пищевых добавок; *групповая* - йодная профилактика подразумевает прием препаратов, содержащих йод, группами населения с наибольшим риском развития йододефицитных состояний (дети, подростки, беременные и кормящие женщины). Данные методы профилактики являются экономически дорогими способами восполнения недостатка йода. При этом практически не рассматриваются возможности поступления йода в составе пищевого рациона человека через мясо, яйца и рыбу. Как известно, йод в составе белковой молекулы может беспрепятственно проникать через клеточную стенку в организм человека и более эффективно проявлять свои биологические свойства.

Поэтому получение для животных/рыб эффективных, безопасных и малозатратных кормовых добавок, содержащих аддукты йода, и поступающих в организм человека по пищевой цепочке с продуктами питания, может быть актуальным. С другой стороны, увеличение числа бактериальных штаммов, формирование их резистентности к антибиотикам приводит к возрастанию интереса исследователей к медицинским разработкам новых, эффективных и экономически выгодных противомикробных препаратов. В частности, к возобновлению разработок лекарств на основе йода с более широкой активностью и меньшей вероятностью индуцирования микробной резистентности, чем антибиотики. Аддукты йода на основе углеводов представляют собой инновационный комплекс, позволяющий активно или пассивно проникать через клеточную стенку зеленых пресноводных микроводорослей, связываться с белками клетки, тем самым активизируя их метаболическую активность. Это позволяет создать новей-

шую профилактическую кормовую добавку к рациону аквакультур и животных при массовом разведении/содержании, что уменьшит применение синтетических гормональных препаратов и антибиотиков.

Как известно, внедрение инфекционного агента сопровождается физиологическим и иммунным ответом на повреждение тканей. Макрофаги играют важную роль в воспалении, генерируя воспалительные медиаторы, включая NO и PGE₂ [2]. Ингибирование воспалительных медиаторов можно рассматривать одной из эффективных стратегий лечения бактериальных заболеваний.

Применение растений можно рассматривать как быстрый, экологически безопасный и экономически выгодный подход для производства различных форм профилактических препаратов. В процессе биосинтеза функциональные группы растений служат как поставщики активной субстанции внутрь клетки, могут уменьшать токсичность активной субстанции потенциального биологически активного вещества. Микроводоросли являются идеальной платформой для синтеза новых форм эффективных препаратов, так как они быстро растут и производят большую биомассу при более низкой стоимости. Широкое распространение, многообразие микроводорослей, огромная экологическая пластичность, определяют их метаболические свойства, в том числе в отношении фармакологических препаратов. В процессе биосинтеза функциональные группы растительных организмов служат как поставщики активной субстанции во внутрь клетки, так и могут, уменьшат токсичность активной субстанции потенциального лекарственного средства. Микроводоросли, могут являться самой идеальной платформой для синтеза новых форм лекарственных препаратов, так они быстро растут и производят большую биомассу при более низкой стоимости.

В работе [3] показано, что микроводоросли могут улучшить питательную ценность продуктов питания для человека и корма для животных, и могут быть использованы для производства широкого спектра биологически активных соединений: белков, жиров, углеводов, витаминов и органических минералов, эффективно улучшая здоровье людей и животных. Авторы статьи [4] отметили, что микроводоросли представляют собой разнообразную группу одноклеточных фотосинтетических эукариот и их биоразнообразие насчитывает до 70000 видов, принадлежащих к различным типам *Cyanophyta*, *Rhodophyta*,

Chlorophyta, *Pyrophyta*, *Cryptophyta*, *Haptophyta*, *Heterocontophyta* и *Streptophyta*. В работе [5] отмечено, что наиболее биотехнологически значимыми микроводорослями являются зеленые водоросли (*Chlorophyceae*), которые широко коммерциализируются, главным образом, в качестве пищевых добавок для людей и животных.

В своих работах [6, 7] авторы отмечали, что *Chlorella* – род однопочечных зеленых водорослей, который содержит аминокислоты, белки, витамины, пищевые волокна, лютеин, биологически активные вещества и хлорофиллы. В работе [8] показано, что в составе соединений хлореллы можно выделить белковый компонент с высокими потенциальными свойствами – фактор роста хлореллы (CGF). В работе [9] выявили, что представители рода *Chlorella*, как питательная добавка, имеют положительные эффекты, проявляя иммуномодуляторную, антиоксидантную и репарационную активности. Авторы статьи [10] экспериментально обосновали, что наиболее известный представитель рода – *Chlorella vulgaris* – вид, встречающийся в воде открытых водоисточников, лужах, прудах и грязи луж, из-за высокого содержания белка может заменить рыбную и соевую муку на 5-10 % без отрицательного влияния на прирост массы тела и коэффициент конверсии кормов у растущих цыплят. В работе [11] сообщается, что *Chlorella vulgaris* проявляет противоопухолевое и гипогликемическое действие у диабетических мышей.

Микроводоросли являются природными биоремедиаторами, способными при биоаккумуляции из захваченных ионов образовывать нетоксичные соединения в виде белковых комплексов. Во время биоаккумуляции из захваченных ионов, как правило, образуются нетоксичные соединения. *Spirulina sp* (*Oscillatoriaceae*) способна адсорбировать значительное количество свинца и цинка из водных растворов, удаляя 90 % Pb^{2+} и 89 % Zn^{2+} в течение 15 мин. после добавления водоросли. Отчетливая связь между pH водного раствора металла и связывание Pb^{2+} спирулиной наблюдается при pH 2-5, 5-9 и 9-12. Сорбция ионов тяжелых металлов водорослью носит двухступенчатый характер: сначала ион металла физико-химически распределяется на поверхности клетки (пассивный транспорт) и потом проникает через клеточную мембрану (активный транспорт) [12].

Chlamydomonas mexicana уменьшает концентрацию азота на 62%, фосфора на 28% и неорганического углерода на 29% в сточных

водах. Кроме того, микроводоросль характеризуется высоким содержанием липидов $33 \pm 3\%$, среди которых преобладают пальмитиновая, линолевая, α -линоленовая и олеиновая жирные кислоты. Так, *Chlamydomonas mexicana* является перспективной для одновременного удаления биогенных веществ из сточных вод и получения биодизеля [13].

Качество света и его интенсивность являются ключевыми факторами для накопления биологически активных соединений в микроводорослях. Так, были исследованы эффекты различных интенсивностей голубого света и его фотопериодов на рост и содержание липидов в *Chlorella vulgaris* с использованием светоизлучающего диода в периодической культуре. *C. vulgaris* выращивали в течение 13 дн. при трех различных интенсивностях света (100, 200 и 300 Вт/м²) и трех различных световых режимах (12:12, 16:08 и 24:00 ч). Максимальное содержание липидов 23,5 % было получено при синем свете при интенсивности 200 Вт/м² и фотопериоде 12:12 ч. [14].

Установлены профилактические свойства экстракта *Spirogyra neglecta* (Charophyta) при язвенном колите у мышей, вызванном декстраном, за счет активации антиоксидантных ферментов, восстановления нарушенной функции митохондрий, регуляции воспалительных цитокинов, пролиферации и снижения апоптоза. Кроме того, *Spirogyra neglecta* проявляет антиоксидантную и нефропротекторную активность при сахарном диабете 2 типа, увеличивая активность каталазы, глутатионредуктазы, глутатионпероксидазы и снижая активность малонового диальдегида в печени крыс [15].

В условиях влияния антропогенных факторов, возрастающей численности населения обострена проблема повышения пищевой ценности и экологичности продуктов. В условиях массового содержания аквакультур и сельскохозяйственных животных, для повышения их продуктивности, для предупреждения массового падежа вследствие развития заболеваний различной этиологии, широко применяются антибиотики, синтетические ростостимулирующие вещества и гормоны, которые накапливаясь, вызывают возникновение химиорезистентности. При этом важнейшей проблемой становится дальнейшее поступление этих соединений в организм человека.

Микроводоросли, как любая клетка, могут адсорбировать, поглощать и биотрансформировать ионы йода, связывая их с белком и

обеспечивая переход по пищевой цепочке. Микроводоросли способны трансформировать неорганический йод в органический. Органически связанный йод в биомассе микроводорослей менее токсичен для людей и животных, и может использоваться в качестве пищи и корма. Кроме того, йод, связанный с белковым комплексом, более эффективно проявляет свои биологические свойства, внося вклад в проблему йодной недостаточности. Именно введение аддуктов йода в клетку микроводоросли может сопровождаться увеличением биомассы и продуктивности липидов, углеводов и белков, а также активизацией других потенциально-активных свойств микроводорослей, например, противораковых. Кроме того, микроводоросли сами выделяют в воду внеклеточные компоненты, которые могут быть также биологически активными соединениями, например, фитогормоны. Метаболиты микроводорослей имеют большой потенциал для промышленного развития, так как они включают биологически активные соединения, такие как антиоксидантные, противовирусные, антибактериальные, противогрибковые, противовоспалительные, противоопухолевые и противомаларийные эффекторы [16]. Заявляемые исследования представлены в контексте мировых разработок нового поколения фармацевтических препаратов, сочетающих в себе несколько фармакологических свойств. Так, впервые разрабатывается технология создания комплекса йода с белками микроводорослей, что позволит не только сохранить противомикробное действие йода, но и определить новые свойства.

Полученная биологически активная кормовая добавка будет являться первой отечественной разработкой, предназначенной для повышения биопродуктивности рыбы и сельскохозяйственных животных, профилактики заболеваний вирусной и бактериальной природы. Как следствие, будут получены экологически чистые продукты питания, обогащенные целым комплексом необходимых для человека биологически активных веществ, в том числе йодсодержащими белковыми комплексами, что в условиях регионального дефицита йода имеет колоссальное значение для улучшения положения страны по социально-значимым заболеваниям.

Поскольку микроводоросли являются ценными источниками новых биологически активных продуктов и их рост не требует дорогих субстратов, то они могут быть экономичными и эффективными для

получения продуктов с высокой добавленной стоимостью. Микроводоросли, такие как *Spirulina maxima*, *Synechococcus sp.*, *Scenedesmus obliquus*, *Porphyridium cruentum*, *Dunaliella salina*, *Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas reinhardtii* и *Anabaena cylindrical* содержат ценные питательные вещества [17]. Особый интерес представляет использование микроводорослей для корма животных и аквакультур. Например, пресноводные мезофильные виды *Dunaliella*, *Spirulina* и *Galdieria* положительно зарекомендовали себя в качестве кормовой добавки [18].

Важным фактом является то, что продуктам из микроводорослей может быть присвоен статус GRAS (US FDA) – как безопасный для потребления, не вредный и не токсичный при использовании. *Spirulina* и *Chlorella* важны как здоровые пищевые продукты и пищевые добавки с такими преимуществами как: усиление активности иммунной системы, противоопухолевые эффекты и стимуляция роста животных из-за высокого содержания белков, витаминов, активных полисахаридов и других важных соединений [19].

Результатом является не только создание биологически активной добавки – комплекс микроводоросли и аддуктов йода, но и создание основ для получения рекомбинантных белков, спрос на которые растет в мире. Полученные рекомбинантные белки растений имеют структурные, биохимические и функциональные свойства, практически идентичные белкам в организме человека и животных [20].

Выводы. Результатом проводимых исследований является разработка рекомендации биологически активной добавки, которая представляет собой микроводоросли с аддуктами йода, и будет использоваться как кормовая добавка для рыб и сельскохозяйственных животных с целью повышения их биопродуктивности и профилактики инфекционных заболеваний. Не исключается сочетание как нутриентных свойств разрабатываемой биологически активной добавки, так и протекторной активности при осложненных обменных заболеваниях. Впервые рассматривается возможность по целенаправленному применению разрабатываемой биологически активной добавки в виде микроводоросли в комплексе с аддуктами йода в корм животным и далее поступлению по пищевой цепочке в организм человека, что в конечном счете внесет вклад в обеспечение йодной безопасности населения Республики.

Список литературы

- 1 *Бейсбекова А.К., Оспанова Ф.Е., Аимбетова Г.Е. и др.* Распространенность йододефицитных состояний у женщин репродуктивного возраста и детей 6-59 месяцев в трех областях Казахстана // Экология человека. – 2015. -№4. – С.14-21.
- 2 *Esposito E., Cuzzocrea S.* The role of nitric oxide synthases in lung inflammation // Curr. Opin. Investig. Drugs. – 2007. – 8. – P.899–909.
- 3 *Becker E.W.* Microalgae. Biotechnology and microbiology. Cambridge: Cambridge University Press; 1994. – 294 p.
- 4 *Gimpel J.A., Henríquez V., Mayfield S.P.* Metabolic Engineering of Eukaryotic Microalgae: Potential and Challenges Come with Great Diversity // Front. Microbiol. – 2015. – №6. – P. 1376.
- 5 *Bhadouria Z.P., Bisen P.S.* Nutritional and therapeutic potential of *Spirulina* // Curr. Pharm. Biotechnol. – 2005. – 6. – P. 373-379.
- 6 *Borowitzka M.A.* Micro-algae as sources of fine chemicals // Microbiol. Sci. – 1986. – 3. – P. 372-375.
- 7 *Buono S., Langellotti A.L., Martello A., Rinna F., Fogliano V.* Functional ingredients from microalgae // Food Funct. – 2014. – 5. – P. 1669-1685.
- 8 *Merchant R.E., Andre C.A.* A review of recent clinical trials of the nutritional supplement *Chlorella pyrenoidosa* in the treatment of fibromyalgia, hypertension, and ulcerative colitis // Altern. Ther. Health. Med. – 2001. – 7. – P. 79-91.
- 9 *Guzmán S., Gato A., Calleja J.M.* Antiinflammatory, analgesic and free radical scavenging activities of the marine microalgae *Chlorella stigmatophora* and *Phaeodactylum tricornutum* // Phytother. Res. – 2001. – V.15. – P. 224-230.
- 10 *Lipstein B., Hurwitz S.* The nutritional value of sewage-grown samples of *Chlorella* and *Micractinium* in broiler chicks // Poult Sci. – 1983. – V. 62. – P. 1254-1260.
- 11 *Chovančíková M., Šimek V.* Effects of high-fat and *Chlorella vulgaris* feeding on changes in lipid metabolism in mice // Biol. Bratisl. – 2001. – V. 56. – P. 661-666.
- 12 *Kumar R., Chaudhary G., Singh Ahluwalia S. and Goyal D.* Bio-sorption of Pb²⁺ and Zn²⁺ by Non-Living Biomass of *Spirulina sp.* // J. Microbiol. – 2010. – № 4. – P. 438-442.
- 13 *Abou-Shanab R.A., Ji M.K., Kim H.C., Paeng K.J., Jeon B.H.* Microalgal species growing on piggery wastewater as a valuable candidate for nutrient removal and biodiesel production // J. Environ. Manage. – 2012. – Vol.115. – P. 257-264.

14 *Michalak I., Chojnacka K.* Algae as production systems of bioactive compounds // *Eng. Life Sci.* – 2015. – 15. – P. 160-176.

15 *Atta M., Idris A, Bukhari A, Wahidin S.* Intensity of blue LED light: a potential stimulus for biomass and lipid content in fresh water microalgae *Chlorella vulgaris* // *Bioresour Technol.* – 2013. – 148. – P. 373-378.

16 *Taya S., Kakehashi A., Wongpoomchai R., Gi M, Ishii N., Wan-ibuchi H.* Preventive Effects of *Spirogyra neglecta* and a Polysaccharide Extract against Dextran Sodium Sulfate Induced Colitis in Mice // *Asian Pac. J. Cancer. Prev.* – 2016. – 17(4). – P. 2235-2245.

17 *Borowitzka M.A.* Commercial production of microalgae: Ponds, tanks, tubes and fermenters // *J. Biotechnol.* – 1999. – 70. – P. 313–321.

18 *Varshney P., Mikulic P., Vonshak A., Beardall J., Wangikar P.P.* Extremophilic micro-algae and their potential contribution in biotechnology // *Bioresour. Technol.* – 2015. – 184. – P. 363-272.

19 *Rosenberg J.N., Oyler G.A., Wilkinson L., Betenbaugh M.J.* A green light for engineered algae: Redirecting metabolism to fuel a biotechnology revolution // *Curr. Opin. Biotechnol.* – 2008. – 19. – P. 430-436.

20 *Cramer C.L., Boothe J.G., Oishi K.K.* *Curr* Transgenic plants for therapeutic proteins: linking upstream and downstream strategies // *Top Microbiol Immunol.* – 1999. – 240. – P. 95-118.

Ибрагимова Н.А., кандидат биологических наук, e-mail nailya.73@mail.ru

Лю М.Б., e-mail mlyu@mail.ru

Мухтарбекова І.С., e-mail ika-super@mail.ru

А.С. Турмагамбетова¹, П.Г. Алексюк¹, М.С. Алексюк¹,
И.А. Зайцева¹, Э.С. Омиртаева¹, Н.С. Соколова¹,
А.П. Богоявленский¹, В.Э. Березин¹

¹Институт микробиологии и вирусологии, г. Алматы, Казахстан

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ СТИМУЛЯЦИИ ИММУННОГО ОТВЕТА ПРИ ВВЕДЕНИИ ВИРУСНЫХ АНТИГЕНОВ В СОЧЕТАНИИ С ТРИТЕРПЕНОВЫМ САПОНИНОМ

Аннотация. Адъюванты – вещества, усиливающие иммунный ответ при введении антигена в организм. Изучение механизмов стимуляции иммунного ответа с использованием адъювантов позволяет не только лучше понять закономерности развития иммунного ответа при попадании в организм антигена, но и имеет большое практическое значение, поскольку является базой для создания более эффективных вакцинных препаратов. В исследовании проведено изучение механизмов стимуляции иммунного ответа очищенным тритерпеновым сапонином из растения *Saponaria officinalis* при введении вирусного антигена. На модели экспрессии отдельных генов, ответственных за развитие воспалительных реакций (IL-1), врожденного (CXCL1, TNF) и адаптивного (IL10) иммунного ответа, показано, что изучаемый тритерпеновый сапонин как адъювант способен стимулировать все три звена иммунного ответа, начиная с воспалительных реакций с последующей стимуляцией, как врожденного, так и адаптивного иммунного ответа.

Ключевые слова: иммунный ответ, экспрессия гена, иммуностимулятор.

• • •

Түйіндеме. Адъюванттар организмге антигенді енгізу кезінде иммундық жауапты күшейтетін заттар болып табылады. Адъюванттарды қолданудағы иммунды жауапты ынталандыру механизмін зерттеу, ағзаға антигеннің енгенінде иммунды жауаптың біркелкі дамуын жақсы түсінуін ғана емес, сонымен қатар жақсы әсерлі вакцинды препараттар жасаудағы негізі болғандықтан үлкен практикалық маңызы зор. Бұл зерттеуде біз вирустық антиген енгізілгенде *Saponaria officinalis* өсімдігінен алынған тазартылған

Работа выполнена в рамках грантового проекта АР05130957 (0118РК00171) финансируемого Министерством образования и науки Республики Казахстан.

тритерпен сапонинмен иммундық жауаптың ынталандыру механизмдері зерттелінді. Қабыну реакцияларын (IL-1), туа біткен (CXCL1, TNF) және адаптивті (IL10) иммундық жауапты дамытуға жеке гендердің экспрессиялық моделіне тритерпен сапонин адьювант ретінде иммундық жауаптың барлық үш бөлігін ынталандыруға қабілетті екенін көрсетті, қабыну реакциясынан бастап кейіннен туа біткен және адаптивті иммундық жауаптың ынталандыруына дейін.

Түйінді сөздер: иммундық жауап, гендердің экспрессиясы, иммунды ынталандырушы.

• • •

Abstract. Adjuvants are substances that stimulate the immune response after introduction of an antigen into the organism. Studying the mechanisms of immune response stimulation with the use of adjuvants allows not only to better understand the patterns of development of the immune response upon ingestion of an antigen, but also has great practical importance, since it is the basis for the creation of more effective vaccine preparations. During the study, it was learned the mechanisms of stimulation of the immune response by purified triterpene saponin from the *Saponaria officinalis* plant with the introduction of a viral antigen. On the model of expression of some genes responsible for the development of inflammatory reactions (IL-1), innate (CXCL1, TNF) and adaptive (IL10) immune response, it was shown that the triterpene saponin as an adjuvant can stimulate all three immune response elements, with inflammatory reactions followed by stimulation, both innate and adaptive immune response.

Ведение. В настоящее время известно более 500 вирусов, патогенных для человека. По оценкам экспертов ВОЗ вирусные инфекции являются одной из основных причин смертности среди людей и животных, вызывая до 80% инфекционной заболеваемости [1]. Экономический ущерб от вирусных инфекций ежегодно составляет миллиарды долларов.

Репродукция вирусов, как правило, сопровождается поражением различных органов и систем, вызывая независимо от типа вирусной инфекции в организме-хозяине иммунодефицитное состояние с подавлением специфического и неспецифического клеточного и гуморального иммунитета. Иммунодепрессивное влияние вирусных инфекций приводит к хронизации процесса и развитию тяжелых осложнений.

Изучение механизмов вирусиндуцированного иммунитета привело к пониманию того, что это – комплекс сложных взаимодействий, включающий:

- активацию врожденного неспецифического антигена с помощью TLR-рецепторов;

- переработку и представление антигена в иммуногенной форме на поверхности фагоцитирующих клеток;

- кооперативное взаимодействие различных клеточных элементов - собственно фагоцитов (нейтрофилов, моноцитов и макрофагов), CD4⁺ Th1-клеток, активирующих фагоциты к внутриклеточному киллингу возбудителя, и CD8⁺ цитотоксических

- T-лимфоцитов, убивающих инфицированные фагоциты и другие клеточные элементы;

- распознавание сформированного иммуногена T- и B-клетками посредством их антигенраспознающих рецепторов;

- внутриклеточный синтез и секреция антител и переключение продукции одного класса иммуноглобулинов (IgM) на другой (IgG, IgA).

Результатом перечисленных событий является нейтрализация и уничтожение чужеродного антигена [3,4]. Разработка новых специфических профилактических препаратов против вирусных инфекций идет в направлении минимизации влияния соединений на организм человека или животных [5-8]. Изучение факторов, оказывающих влияние на различные этапы формирования иммунного ответа и активацию тех или иных звеньев иммунной системы, является основой для развития теорий иммунного ответа при инфекционном процессе. Более того, исследования в этой области создают теоретические предпосылки для создания новых более эффективных иммунотерапевтических препаратов. Изучение механизмов стимуляции специфического и общего противовирусного иммунитета биологически активными соединениями растительного происхождения для разработки новых лекарственных средств, способных повышать резистентность организма к вирусным инфекциям – это важный аспект фундаментальных исследований в области вирусологии и иммунологии, позволяющий в конечном итоге повысить эффективность не только иммунотерапии вирусных инфекций, но и их вакцинопрофилактику [8,9]. Ранее было установлено иммуностимулирующее влияние три-терпеновых сапонинов растительного происхождения на гуморальный и клеточный иммунитет при иммунизации антигенами различной природы

(вирусными, микробными, паразитарными [10-13]. Целью представленных исследований являлось изучение механизмов формирования иммунного ответа при иммунизации животных вирусными антигенами в сочетании с тритерпеновым сапонином растительного происхождения.

Методы исследования. В работе использовали штамм вируса гриппа A/Aichi/2/68 (H3N2). Вирус выращивали в аллантаоисной полости 10-11 дневных куриных эмбрионов. Титр вируса в аллантаоисной жидкости составлял 10^7 - 10^9 ИД₅₀/мл. Инфекционный титр вируса определяли титрованием на куриных эмбрионах [14]. Гемагглютинирующую активность вирусов определяли по стандартной методике [14]. Концентрацию белка определяли по методу Bradford [14]. Концентрацию и очистку вируса проводили ультрацентрифугированием в ступенчатом градиенте сахарозы [15].

Тритерпеновый сапонин выделяли из корневища растения *Saponaria officinalis* методом спиртовой экстракции [16]. Качественные биохимические реакции на наличие основных групп биологических веществ проводили в соответствии с общепринятыми рекомендациями [17]. В экспериментах использовали белых беспородных мышей массой 15-25 г., обоих полов. Получение вирусных гликопротеидных антигенов проводили согласно описанной ранее методике [18].

Иммунизация животных. 1-мес. белых мышей иммунизировали препаратами вирусных антигенов. Доза антигена составляла 10 мкг/мышь. Иммунизацию животных осуществляли путем внутрибрюшинного введения препаратов. Объем вводимого материала соответствовал рекомендациям международных организаций и не превышал 0,2 мл на одно животное [19]. Контрольной группе животных вводили фосфатно-солевой буферный раствор (плацебо). Перитонеальные макрофаги собирали через 3 сут. после иммунизации методом промывания брюшной полости охлажденной средой 199. Клетки дважды отмывали и ресуспендировали в концентрации 2×10^6 клеток/мл в среде культивирования (среда 199).

Суммарную РНК выделяли с помощью набора для экстракции РНК Rneasy Mini Kit («QIAGEN, GmbH», Германия) согласно методическому руководству. Обратную транскрипцию осуществляли с помощью M-MLV («Promega», США) в 5 мкл реакционной смеси (2,7 мкл пробы, 0,725 мкл воды, 1 мкл 5х буфера для обратной транскриптазы («Promega», США), 0,2 мкл 2 мМ смеси dNTPs, 0,25 мкл 20 ОЕ случай-

ного праймера (9 или 18 нуклеотидов) и 0,125 мкл M-MLV). Реакцию проводили при 37°C в течение 60 мин. Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили в 20 мкл реакционной смеси (4 мкл ДНК матрицы, 8 мкл SybrGreen, по 1 мкл 20 ОЕ прямого и обратного праймеров, вода). 45 циклов ПЦР на термоциклере «PicoReal» проводили при следующих режимах: 94°C – 1 мин., 48°C – 1 мин., 72°C – 3 мин. Пары праймеров подбирали в соответствии с последовательностью исследуемых интерлейкинов (IL-1, IL10) и цитокинов (CXCL1, TNF). Нормализацию экспрессии генов осуществляли с помощью гена актина (таблица 1).

Таблица 1 - Праймеры, используемые в исследованиях

Наименование праймеров	Последовательность праймеров (5'-3')	Величина ампликона, п.н.
CXCL1	Gct ggg att cac ctc aag aac (прямой) Agc agt ctgbtct tct ttc tcc (обратный)	196
IL-1	Caа cca аса agt gat att ctc cat g (прямой) Gat cca cac ctc tcc agc tgc a (обратный)	152
IL10	Acc tgg tag aag tga tgc ccc agg ca (прямой) Cta tgc agt tga cta aga tgt caa a (обратный)	448
TNF	Cat ctt ctc aaa att cga gtg аса а (прямой) Tgg gag tag аса agg tac аас cc (обратный)	176
Actin	Aga ggg aaa tcg tgc gtg ac (прямой) Caа tag tga tga cct ggc cgt (обратный)	137

Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета программ «Microsoft Excel 2010».

Основные результаты. Исследования были связаны с изучением влияния препарата тритерпеновой природы на способность стимулировать экспрессию некоторых генов участвующих во всех фазах иммунного ответа.

Первой фазой взаимодействия иммуностимулирующего препарата с иммунной системой является запуск синтеза провоспалительных цитокинов, отвечающих за активацию механизмов ограничения и ликвидации очага повреждения и вызвавших его патогенных факторов, а также репарации повреждённых тканей. Провоспалительные цитокины вызывают воспаление, опосредованное каскадом генных продуктов, которые, как правило, не производятся в здоровом организме. IL-1 является индуктором эндотелиальных молекул адгезии,

которые имеют существенное значение для адгезии лейкоцитов к эндотелиальной поверхности до миграции в ткани и является ярко выраженным провоспалительным цитокином.

Изучена экспрессия гена IL-1 при иммунизации экспериментальных животных очищенными вирусными гликопротеидными антигенами (ГП), очищенным вирусом гриппа и очищенными вирусными ГП в сочетании с тритерпеновым сапонином (рисунок 1). Мышей иммунизировали однократно. Через 3 дня у животных собирали макрофаги и определяли в них уровень экспрессии гена IL-1. Установлено, что уровень экспрессии гена провоспалительного цитокина повышался при использовании в качестве иммуностимулятора растительного тритерпенового сапонина на 70% по сравнению с уровнем экспрессии данного гена изолированными гликопротеидными антигенами (HA+NA) в форме мицелл и на 10% по сравнению с уровнем экспрессии данного гена очищенными вирусными частицами.

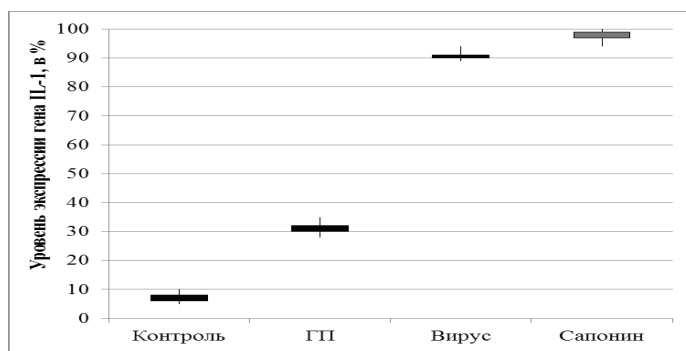


Рисунок 1 - Активность экспрессии гена IL-1, отвечающего за развитие воспалительных реакций в организме

Показано, что активность воспалительного процесса значительно повышается при иммунизации экспериментальных животных тритерпеновыми сапонинами растительного происхождения, тем самым стимулируя следующую фазу иммунного ответа – врожденный иммунитет. В последующих исследованиях было проведено изучение активности экспрессии отдельных генов, отвечающих за развитие врожденного иммунного ответа при иммунизации экспериментальных животных вирусными антигенами в сочетании с тритерпеновым

сапонином в качестве иммуностимулятора. Экспериментальных животных иммунизировали: (1) цельным очищенным вирусом гриппа, (2) мицеллами очищенных гликопротеидных антигенов, (3) очищенными гликопротеидными антигенами в смеси с очищенным сапонином выделенным из растения *S. officinális*. Через 72 ч. после иммунизации у животных собирали макрофаги и определяли в них уровень экспрессии генов отвечающих за развитие врожденного иммунного ответа (TNF и CXCL1). Установлено, что уровень экспрессии генов в значительной мере увеличивался при использовании в качестве иммуностимулятора тритерпенового сапонина растительного происхождения. Уровень экспрессии генов TNF и CXCL1, по сравнению с контролем (плацебо), увеличивался на 74% и 79%, соответственно, при иммунизации экспериментальных животных вирусными антигенами в сочетании с иммуностимулятором сапонином, что было на 20% выше, по сравнению с иммунизацией цельным очищенным вирусом гриппа и на 60% выше, чем при иммунизации изолированными гликопротеидными антигенами (HA+NA) в форме мицелл (рисунок 2).

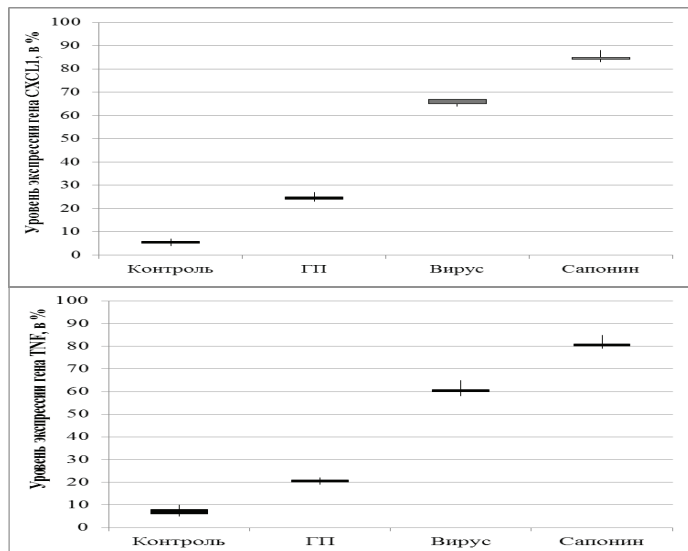


Рисунок 2 - Активность экспрессии генов CXCL1 и TNF, отвечающих за развитие врожденного иммунитета

Таким образом, показано, что активность врожденного иммунного ответа можно значительно повысить путем включения в состав вирусного антигена растительного иммуностимулятора тритерпеновой природы, в данном случае тритерпенового сапонина полученного из растения *Saponaria officinalis*. Стимуляция врожденного иммунитета приводит к активации механизмов следующего этапа иммунного ответа организма, а именно приобретенного иммунитета, который включается только после запуска каскада реакций врожденного иммунитета. После перенесенного инфекционного заболевания или в результате вакцинации возникает приобретенный адаптивный иммунитет, который является наиболее продолжительной иммунной реакцией организма, сохраняющейся иногда на всю жизнь. Таким образом, в иммунитете возникают специфичность ответа на чужеродный антиген и обучаемость, или память – более быстрая и энергичная защитная реакция при повторной встрече с инфекцией. При этом реакции приобретенного иммунитета опираются на предшествующие механизмы врожденного иммунитета.

Для изучения воздействия иммуностимулирующего сапонина на активность адаптивного иммунитета, животных иммунизировали как описано ранее. Через 3 сут. после иммунизации у животных собирали макрофаги и определяли в них уровень экспрессии гена IL10 (рисунок 3).

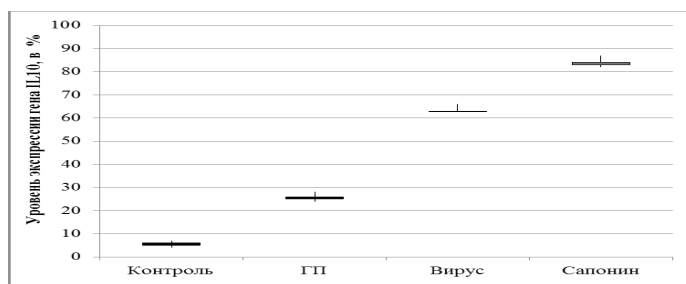


Рисунок 3 - Активность экспрессии гена IL10, отвечающего за развитие адаптивного иммунитета

Показано, что экспрессия гена IL10, отвечающего за реакции адаптивного иммунитета, в значительной степени активируется при введении в организм вирусных антигенов в смеси с растительным

сапонином. Происходит увеличение активности экспрессии гена IL10 на 78% по сравнению с контролем. При иммунизации вирусными антигенами в форме гликопротеидных мицелл зафиксировано увеличение активности экспрессии гена IL10 на 20% по сравнению с контролем. Иммунизация очищенными вирусными частицами приводила к повышению экспрессии данного гена на 58% по сравнению с контролем.

Заключение. По результатам проведенных исследований показано, что тритерпеновый сапонин выделенный из растения *Saponaria officinalis* в качестве иммуностимулятора способен стимулировать все три звена иммунного ответа, начиная с воспалительных реакций и затем активируя, как врожденный, так и адаптивный иммунный ответ. Механизм иммуностимулирующего действия тритерпеновых сапонинов выделенных из разных видов растений различается. Первый шаг к пониманию механизмов стимуляции различных звеньев иммунного ответа биологически активными соединениями и возможности влиять на запуск тех или иных каскадных механизмов иммунного ответа, заключается в исследовании механизма действия данных соединений поодиночке и в виде композиций. Биологически активные растительные соединения в виде композиции могут проявлять синергистический или антагонистический эффект по отношению друг к другу. Изучение иммуностимулирующих эффектов различных композиций, созданных из разных классов растительных соединений (фенолы, сапонины, флавоноиды и т.д.), создают теоретические предпосылки для создания новых более эффективных иммунотерапевтических и адъювантных препаратов, позволяющих в конечном итоге повышать эффективность иммунотерапии и иммунопрофилактики вирусных инфекций.

Список литературы

- 1 Nelson K., Williams C. Infection disease epidemiology: theory and practice. – Burlington: Jones and Bartlett Learning, USA, 2014. - 940 p.
- 2 World Health Organization (WHO), World Health Statistics 2011. [Электронный ресурс]: Режим доступа: Available from: http://www.who.int/whosis/whostat/EN_WHS2011_TOC.pdf.
- 3 Галактионов В.Г. Иммунология. - М.: Изд-во МГУ им. Ломоносова, 1998. - 480 с.

4 Покровский В. И., Гордиенко С. П., Литвинов В. И. Иммунология инфекционного процесса. - М.: Медицина, 1993. - 306 с.

5 Röttingen J.A., Gouglas D., Feinberg M., et al. New Vaccines against Epidemic Infectious Diseases // N Engl J Med. - 2017. - № 376. - P. 610-613.

6 Santosham M., Steele D. Rotavirus Vaccines — A New Hope // N Engl J Med. - 2017. - № 376. - P. 1170-1172.

7 Ji Y., Wang R., Peng Y. et al. Purification, Preliminary characterization, and immunological activity of polysaccharides from crude drugs of Sijunzi Formula // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. - 2017. - Article ID 2170258. - 8 p. - doi:10.1155/2017/2170258.

8 Son Y.O., Kook S.H., Lee J.C. Glycoproteins and Polysaccharides are the Main Class of Active Constituents Required for Lymphocyte Stimulation and Antigen-Specific Immune Response Induction by Traditional Medicinal Herbal Plants // Journal of Medicinal Food. - 2017. - № 20. - P. 1011-1021. - Режим доступа: <https://doi.org/10.1089/jmf.2017.3943>.

9 Wei W., Feng L., Bao W.R. et al. Structure characterization and immunomodulating effects of polysaccharides isolated from *Dendrobium officinale* // Journal of Agricultural and Food Chemistry. - 2016. - № 64. - P. 881-889.

10 Hjertner B., Bengtsson T., Morein B. et al. A novel adjuvant G3 induces both Th1 and Th2 related immune responses in mice after immunization with a trivalent inactivated split-virion influenza vaccine // Vaccine. - 2018. - № 36. - P. 3340-3344. - doi:10.1016/j.vaccine.2018.04.054.

11 Berezin V.E., Bogoyavlenskiy A.P., Khudiakova S.S. et al. Immunostimulatory complexes containing *Eimeria tenella* antigens and low toxicity plant saponins induce antibody response and provide protection from challenge in broiler chickens // Veterinary Parasitology. - 2010. - № 167. - P. 28-35.

12 Turmagambetova A.S., Alexyuk P.G., Bogoyavlenskiy A.P. et al. Adjuvant activity of saponins from Kazakhstani plants on the immune responses to subunit influenza vaccine [Электронный ресурс]: // Archives of virology. - 2017. - № 162. - P. 3817-3826., Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s00705-017-3560-5>.

13 Bengtsson K.L., Morein B., Osterhaus A.D. ISCOM technology-based Matrix M™ adjuvant: success in future vaccines relies on formulation // Expert Rev Vaccines. - 2011. - № 10. - P. 401-403.

14 Klimov A., Balish A., Veguilla V., et al. Influenza virus titration,

antigenic characterization, and serological methods for antibody detection // *Influenza Virus*. – 2012. – № 865. – P. 25–51.

15 Березин В.Э., Зайдес В.М., Артамонов А.Ф., Исаева Е.С. Солюбилизация гликопротеидов оболочечных вирусов детергентами // *Биохимия*.- 1986.- № 5.- С. 808-815.

16 Бердимуратова Г.Д., Музычкина Р.А., Корулькин Д.Ю. и др. Биологически активные вещества растений: Выделение, разделение, анализ. - Алматы: Атамұра, 2006. – 438 с.

17 Музычкина Р.А., Корулькин Д.Ю., Абилов Ж.А. Качественный и количественный анализ основных групп БАВ в лекарственном растительном сырье и фитопрепаратах. - Алматы: Қазақ университеті, 2004. – 288 с.

18 Vitas A.I., Díaz R., Gamazo C. Effect of composition and method of preparation of liposomes on their stability and interaction with murine monocytes infected with *Brucella abortus* // *Antimicrob Agents Chemother*. – 1996. – № 40. – P. 146–151.

19 WHO Global Influenza Surveillance Network. Manual for the laboratory diagnosis and virological surveillance of influenza. World Health Organization. - 2011. – 140 p.

Турмагамбетова А.С., доктор философии (PhD), e-mail: aichyuck@mail.ru

Алексюк П.Г., кандидат биологических наук, e-mail: alpagen@bk.ru

Алексюк М.С., доктор философии (PhD), e-mail: madina.a06@gmail.com

Зайцева И.А., научный сотрудник, e-mail: z_irina67@mail.ru

Омиртаева Э.С., научный сотрудник, e-mail: omirel@mail.ru

Соколова Н.С., научный сотрудник, e-mail: falcon7774@mail.ru

Богоявленский А.П., доктор биологических наук, профессор, e-mail: anprav_63@mail.ru

Березин В.Э., доктор биологических наук, член-корреспондент НАН РК, профессор, e-mail: vberezin359@gmail.com

К.Б. Бияшев¹, Г.К. Джанабекова¹, Ж.С. Куркимбаева¹,
Б.К.Бияшев¹, С.Е.Ермагамбетова¹, Д. А.Сарыбаева¹

¹Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

ПРЕПАРАТ «ЭНТЕРОКОЛ» ПРОТИВ КИШЕЧНЫХ ИНФЕКЦИЙ МОЛОДНЯКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Аннотация. Создан высокоэффективный экологически безопасный пробиотический препарат «Энтерокол», предназначенный для лечения кишечных инфекций молодняка сельскохозяйственных животных. В результате проведенных исследований был получен аттенуированный штамм *Escherichia coli* 64Г, Его основные характеристики - соответствует нормальной микрофлоре желудочно-кишечного тракта здоровых животных; непатогенен и нетоксичен; активен в экосистеме желудочно-кишечного тракта, переносит пассаж через желудок; обладает способностью к адгезии на эпителии и приживанию в пищеварительном тракте; имеет генетические маркеры для отличия его от штаммов естественного происхождения, безопасный для молодняка сельскохозяйственных животных. На штамм *Escherichia coli* 64Г получен патент № 28311. На основе штамма *E.coli* 64Г создан пробиотический препарат «Энтерокол» прошедший широкую апробацию в различных хозяйствах Казахстана для лечения и профилактики желудочно-кишечных заболеваний новорожденного молодняка животных и птиц. На препарат «Энтерокол» получен патент № № 25918. Аналогов в мире нет.

Ключевые слова: эшерихии, пробиотик, аттенуация, штамм, кишечные инфекции.

• • •

Түйіндеме. Ауыл шаруашылығы жануарларының жас төлдерінің ішек инфекциясына қарсы тиімділігі жоғары экологиялық қауіпсіз «Энтерокол» пробиотикалық препараты жасалды. Жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижесінде мынандай биологиялық қасиеттерімен сипатталатын аттенуирленген *Escherichia coli* 64Г штамы алынды: дені сау жануардың

Работа выполнялась в соответствии с планом грантового проекта АР05132442 «Разработка технологии изготовления пробиотического препарата» Энтерокол» и создание его опытно-промышленного образца».

ішек-қарын жолының қалыпты микрофлорасы, зардапты емес, улы емес, жануарлардың ішек-қарын жолдары экожүйесінде белсенді, ас қорыту жолында тіршілік ету және эпителияға адгезивті қасиеттеріне ие, табиғи штамдардан ерекшелігі сол генетикалық маркері бар, ауыл шаруашылығы жануарларының жас төлдері үшін қауіпсіз. *Escherichia coli* 64Г штамына № 28311 патент алынған.

E. coli 64Г штамы негізінде жаңа туған жануарлар мен құстардың ішек-қарын инфекциясын емдеу мен алдын алуға арналған Қазақстан Республикасы шаруашылықтарында кеңінен апробацияланатын «Энтерокол» пробиотикалық препараты дайындалды. «Энтерокол» препаратына № 25918 патенті алынды. Оның әлемде теңдесі жоқ.

Түйінді сөздер: эшерихия, пробиотик, аттенуация, штамм, ішек инфекциясы.

• • •

Abstract. It was created the highly effective environmentally safe probiotic preparation «Enterocol» against intestinal infections of young animals of farm animals. As a result of the studies, it was obtained an attenuated strain of *Escherichia coli* 64G. It is characterized by the following biological properties: corresponds to the normal microflora of the gastrointestinal tract of healthy animals; non-pathogenic and non-toxic; is active in the ecosystem of the gastrointestinal tract of animals, carries the passage through the stomach; has the ability to adhere to the epithelium and live in the digestive tract; has genetic markers to distinguish it from strains of natural origin, safe for young animals of farm animals. Patent No. 28311 is obtained for the strain *Escherichia coli* 64G. On the basis of *E. coli* 64G strain, it was developed probiotic preparation Enterocol, which was widely tested in the farms of the Republic of Kazakhstan for the treatment and prophylaxis of gastrointestinal diseases of newborn young animals and birds. Patent No. 25918 was obtained for the drug "Enterocol". There are no analogues in the world.

Keywords: *Escherichia*, probiotic, attenuation, strain, intestinal infections.

Введение. Мировая общественность уделяет серьезное внимание безопасности продуктов питания. Наиболее ярко это проявилось в отказе от использования антибиотиков-стимуляторов роста в странах Европейского союза. Продукты убоя животных при определенных условиях могут быть источником возникновения не только типичных инфекционных и инвазионных болезней у людей, но и различных пищевых заболеваний, к которым относят пищевые токсикоинфекции и токсикозы. Микробные контаминанты - возбудители пищевых токсикоинфекций, создают особый риск для здоровья человечества. Акту-

альность этой проблемы вытекает из того, что почти миллион диарейных инфекций в год связаны с микробиологическим фактором [1,2].

Накопленный фактический материал и многочисленные научные публикации последних лет свидетельствуют о том, что характерной чертой современной инфекционной патологии молодняка является неукоснительный рост оппортунистических кишечных инфекций, возбудителями которых являются условно-патогенные бактерии. Эти микроорганизмы широко циркулируют в хозяйствах, обладают широким спектром вирулентности (энтеротоксигенности, адгезивности, гемолитической активности, антибиотикоустойчивости). Основным биотопом условно-патогенных бактерий родов *Escherichia*, *Proteus*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Peptococcus*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Bacteroides*, *Yersinia*, *Ervinia*, *Salmonella*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas* является кишечник теплокровных животных. Высокая экологическая пластичность условно-патогенных бактерий позволяет им длительно сохраняться в различных объектах внешней среды [3]. Попытки перевести проблему желудочно-кишечных заболеваний, вызываемых условно-патогенными кишечными микроорганизмами, в плоскость инфекционной патологии не только не разрешили её, а лишь усугубили, усилив роль антибактериальной терапии, благодаря чему при лечении желудочно-кишечных болезней молодняка, а также для стимуляции роста стали широко применять антибиотики. Однако мировой опыт применения препаратов данной группы показал, что они не обладают абсолютной эффективностью, а ставшая повсеместной практика включения в корм моногастричным животным и птице субтерапевтических количеств антибиотиков привела к нежелательным эффектам.

Негативные последствия фармакологического прессинга, усиленные антропогенной и техногенной нагрузкой на среду обитания животных и птицы, выразились в усилении изменчивости у циркулирующих в хозяйствах бактерий и вирусов. Это привело к развитию у них множественной лекарственной резистентности и усилению факторов патогенности у таких представителей микрофлоры кишечника, как бактерии группы кишечной палочки, энтерококки, кампилобактерии, стафилококки и другие, а в ряде хозяйств обнаруживалась чрезмерно повышенная устойчивость бактерий ко всем применяемым антибиотикам. Кроме того, в борьбе за сохранение вида микроорганизмы усиливают своё патогенетическое действие за счёт ассоциации друг с другом.

Наряду с этой проблемой, возросла угроза попадания остаточных количеств антибиотиков с продукцией птицеводства в пищу человека, что может привести к снижению эффективности применения этой группы лекарственных препаратов уже при лечении людей. В связи с этим одними из первых были запрещены к использованию на территории ЕС в кормлении животных именно те классы антибиотиков, которые имеют широкое применение в гуманной медицине [4]. Проблема профилактики и лечения желудочно-кишечных патологий у животных и птицы, возбудителями которых являются условно-патогенные кишечные микроорганизмы, имеет как экономическое, так и социальное значение, которое проявляется в аспекте противоэпидемиологической защиты здоровья людей.

Снижение колонизационной резистентности кишечника, приводит к транслокации кишечных микроорганизмов в органы и ткани животных и птицы. Свидетельством реального существования такой угрозы являются, отмечаемые в отчётах Всемирной организации здравоохранения, участвовавшие вспышки пищевых токсикоинфекций у людей в странах с традиционно высоким потреблением яиц, мяса, молока или с обычаями употреблять в пищу полусырые животные продукты. Причины этих заболеваний связывают с контаминацией продукции животного происхождения условно-патогенными микроорганизмами с повышенными вирулентными свойствами, которые обладают широкой средовой адаптивностью и способностью легко сохраняться и размножаться в процессе переработки и хранения кормов [5]. По данным ВОЗ за последние 10 лет в мире в 6 раз возросла заболеваемость людей сальмонеллезом. В странах СНГ в течение последних 15-ти лет заболеваемость людей и птицы сальмонеллезом увеличилась в 7 раз [6].

Это обстоятельство потребовало пересмотра сложившихся управленческих подходов к профилактике и лечению желудочно-кишечных заболеваний и необходимости разработки и внедрения в производство нового поколения экологически безопасных препаратов, направленных на коррекцию кишечного биоценоза животных и повышение колонизационной резистентности слизистой кишечника к контаминации условно-патогенной микрофлорой.

Мировой опыт свидетельствует, что в профилактике желудочно-кишечных болезней молодняка всё большее применение находят новые стратегии кормления, направленные на ограничение колони-

зации кишечника патогенами. При этом широко используются такие кормовые добавки, как ферменты, органические кислоты, пребиотики, симбиотики. Также возросло значение заместительной терапии, направленной на восстановление кишечного биоценоза путем регуляторного введения живых бактерий - представителей нормальной кишечной микрофлоры. Препараты, в состав которых они входят, известны под названием пробиотики. Их применение приводит к частичному или полному отказу от антибиотиков, а это очень важно при современной направленности производства в сторону получения экологически безопасной продукции при сокращении сроков выращивания животных и птицы. Механизм действия пробиотиков в отличие от антибиотиков направлен не на уничтожение, а на конкурентное исключение условно-патогенных бактерий из состава кишечного микробиотопа, чтобы предотвратить усиление и передачу факторов вирулентности в популяции условно-патогенных бактерий.

Бактерии-пробионты обеспечивают опережающее заселение кишечника новорожденных животных нормальной микрофлорой и создают биологический барьер, преграждающий доступ к ней условно-патогенных бактерий. В процессе жизнедеятельности бактерии-пробионты вырабатывают комплекс биологически активных соединений, избирательно воздействующих на условно-патогенные микробы [7]. В состав пробиотических лекарственных средств входят микроорганизмы, безопасные для здоровья человека и животных, обладающие широким спектром протективных свойств, в частности, бифидобактерий видов *Bif.adolescentis*, *Bif.bifidum*, *Bif.langum*, *Bif.globosum*, *Bif.thermophilus*; молочнокислые бактерии *L.acidophilus*, *L.planlarum*, *L.bulgaricus*, *L.rhamnosus*, *L.fermentum*; стрептококки *Str.faecium*, *Str.lactisdiastaticus*; спорообразующие бактерии *Bacillus subtilis*, *Bacilluslicheniformis*, *Bacillus cereus van Toyi*, *Ruminococcus albus*, *Bacillus pantothenicus* [8].

В настоящее время на ветеринарном лекарственном рынке предлагается много препаратов, которые рекламируют как пробиотики. Они различны по составу, качеству, фармакологической направленности действия, показаниям к применению. Однако мониторинг рынка пробиотиков показывает, что подавляющее большинство разработок не востребованы практикой в силу ряда недостатков: длительность применения, плохая приживаемость

в кишечнике из-за низкой колонизирующей способности (малая адгезивность и скорость роста); препараты действуют только на отдельно взятые виды патогенных микроорганизмов; различные методы отбора пробиотических штаммов; плохое качество препарата (малое или большое количество живых микробных клеток в дозе или контаминация посторонними микробами); неудовлетворительная сохранность препарата в полевых условиях. К тому же в состав большинства выпускаемых пробиотиков входят штаммы, выделенные из кишечника человека или взятые из коллекции штаммов для пищевой промышленности. Во многих публикациях акцентируется внимание на том, что штаммы для изготовления ветеринарных пробиотиков должны быть выделены из кишечника животных, что является обоснованным, так как целью применения пробиотиков является восстановление нормального микробиоценоза желудочно-кишечного тракта животных с учетом их физиологических особенностей.

В СССР для разработки пробиотика применили штамм *E.coli* M-17, который является производным штамма *E. coli*, используемого для получения препарата «Mutaflor». Однако, в отличие от исходного штамма, коммерческий штамм *E.coli* M17 утратил способность к синтезу антибиотических веществ и, следовательно, снизил свою антагонистическую активность в отношении бактерий кишечной группы. Поэтому мероприятия по разработке новых пробиотических штаммов *E.coli* или восстановлению антагонистической активности уже существующих штаммов является актуальной задачей.

Цель работы - создание высокоэффективного экологически безопасного пробиотического препарата «Энтерокол» для борьбы с кишечными инфекциями молодняка сельскохозяйственных животных.

Методы исследований. Объектом исследования явился аттенуированный штамм *E.coli*, с целью использования его для изготовления препарата «Энтерокол».

Основные результаты. В задачу исследований входило получение бактеринопродуцирующего штамма *E.coli*, обладающего высокоантагонистическими свойствами по отношению к возбудителям кишечных инфекций молодняка. Для выполнения поставленных задач было проведено изучение морфологических, физиолого-биохимических

мических, антигенных, патогенных свойств эшерихии, выделенных от здорового молодняка сельскохозяйственных животных. В результате был отобран производственный штамм *Escherichia coli* 64, организма здорового теленка.

Из исходного производственного штамма *Escherichia coli* 64 генетическим методом получен аттенуированный штамм *Escherichia coli* 64Г. Метод получения штамма *Escherichia coli* 64Г заключался в следующем: исходный штамм *Escherichia coli* 64 высеивали на чашки с агаром Хоттингера, содержавшие определенную концентрацию двух мутагенов (Nea, Rif). Полученные мутанты с желаемым фенотипом 3 раза рассеивали на селективной среде смутагенами (Nea, Rif). Вирулентность выделенных клонов изучали опытным путем на мышах при их внутрибрюшинном заражении. В результате мутанты с фенотипом Nea^R 100 и Rif^R100 характеризовались снижением вирулентности на 5-6 порядков. Отобрали аттенуированный клон 64 NR (LD₅₀ = 10¹⁰), который являлся донорским штаммом в опытах трансдукции с использованием бактериофага P22. Доказано, что передача каждой из мутаций, обуславливающих фенотип мутанта 64 NR, в исходный производственный штамм *E.coli* 64 приводит к снижению его вирулентности. Среди трансдуктантов, приобретших одновременно две мутации, сообщающие резистентность к Nea, Rif отобран штамм *Escherichia coli* 64Г. Штамм *E.coli* 64Г характеризуется различными признаками и свойствами.

Морфологические признаки. Клетки штамма короткие палочки, подвижные, грамотрицательные, спор и капсул не образуют.

Культуральные свойства. Бактерии штамма при росте на мясо-пептонном агаре через 24 ч. образуют гладкие, выпуклые, круглые, блестящие, полупрозрачные колонии серого цвета с ровными краями, на среде Эндо через 24 ч. – круглые колонии темно-красного цвета с металлическим блеском. При культивировании в жидких средах – бактерии штамма через 18 ч. образуют равномерное помутнение.

Физиолого-биохимические признаки. Диапазон температур роста 37-39°C. Оптимальная температура 37°C. Оптимум pH 6,8-7,5. В качестве источника углерода используют глюкозу, лактозу, мальтозу, арабинозу, сорбит, сахарозу, дульцит, салицин. Образует индол и не образует сероводород. Обладает лизин – и орнитиндекарбоксилазной

активностью, не обладает уреазной активностью. Не разжижает желатин.

Антигенная структура. Имеет типичную для *E.coli* структуру: 0-группа 111, с адгезинами F41 и K99.

Стабильность аттенуации и маркеров резистентности к мутагенам у штамма 64Г определяли путем обработки штамма мутагеном нитрозогуанидином. Изучение указанных свойств у 10 клонов штамма, отобранных после такой обработки, выявило их сохранение на том же уровне, что и у необработанной культуры ($LD_{50} = 9,0 \pm 0,20$);

Генетический анализ безопасности штамма 64Г, как штамма продуцента препарата пробиотика, проведенный с использованием трансдуцирующего бактериофага P22, показал, что его фенотип определяется наличием 2-х независимых мутаций в генах, детерминирующем резистентность к Nea и Rif, ведущая к повреждению рибосомальных белков S_{17} и S_{12} , влияющая на правильность считывания генетической информации, т.е. происходит аттенуация. Таким образом, аттенуация связана с нарушением трансляции генов, кодирующих синтез важных факторов патогенности бактерии или генов, продукты которых имеют важное значение в жизнедеятельности бактерии. Изучение вирулентности полученных трансдуктантов при внутрибрюшинном заражении белых мышей выявило снижение ее клонов, которые приобрели как 2 мутации, сообщающие резистентность к Nea и Rif, так и каждую в отдельности;

Дифференциация штамма-продуцента *E.coli* 64Г. Штамм *E.coli* 64Г дифференцируется от культур естественного происхождения по резистентности к 2 мутагенам – Nea и Rif. Наличие генетических маркеров резистентности к мутагенам позволяет дифференцировать штамм 64Г в лабораторных условиях на простых питательных средах в течение 16-20 ч. от культур эпизоотического прототипа при подозрении на эшерихиоз или при выделении эшерихии в продуктах животного происхождения.

Присутствие в штамме *E.coli* 64Г двух мутаций с известными механизмами действия, каждая из которых может снижать вирулентные свойства, служит убедительным доказательством стабильности и безопасности штамма-продуцента *E.coli* 64Г. Теоретическая частота обратной мутации одновременно по своим маркерам составляет примерно 10^{-14} , хотя практически это невозможно.

При изучении биологических свойств в опыте на лабораторных животных и на телятах, ягнятах, поросятах и цыплятах определено, что штамм *E. coli* 64Г характеризуется следующими биологическими свойствами:

- является представителем нормальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта здоровых животных;
- непатогенен и нетоксичен;
- активен в экосистеме желудочно-кишечного тракта животных, переносит пассаж через желудок и метаболизируется в кишечнике увеличивая рост и резистентность к заболеванию;
- обладает способностью к адгезии на эпителии и приживанию в пищеварительном тракте (подтверждено гистологическими исследованиями);
- является стабильным и способен оставаться жизнеспособным в производственных условиях.

Важнейшим требованием по изготовлению и контролю биопрепаратов является схема технологического процесса производства препарата из штамма *E. coli* 64Г, включающая: приготовление посевного материала; культивирование штамма 64Г для получения бактериальной массы; концентрирование бактериальной массы; разведение бактериальной культуры средой высушивания; расфасовка препарата; высушивание препарата и маркировка флаконов с препаратом и упаковка.

Приготовление питательной среды. Для изготовления препарата из штамма *E. coli* 64Г использовали основной перевар Хоттингера, содержащий 10% печеночного экстракта, 0,4% пептона, затем добавляли дистиллированную воду с таким расчетом, чтобы содержание аминного азота было не менее 200-250 мг/%. Смесь доводили до кипения. Кипячение продолжали 30 мин. Затем устанавливали pH среды до 7,7-7,8 путем добавления 20%-ного едкого натра, 0,3% химически чистого хлорида натрия. Среду после кипения отстаивали в течение 1-1,5 ч., фильтровали через ватно-марлевый фильтр и перекачивали в реактор.

Для контроля стерильности среды брали пробы и делали посевы на среды: МПА, МПБ, МППБ, под вазелиновым маслом, Эндо.

Приготовление посевного материала. Для приготовления препарата из штамма *E. coli* 64Г использовали отдельную ампулу с ли-

офилизированной культурой. Ампулу с сухим штаммом 64Г вскрывали и добавляли в неё 2мл стерильного физиологического раствора. Полученную взвесь высевали во флаконы с бульоном Хоттингера (емкость флакона - 100мл). Выращивали штамм 64Г в течение 14-16 ч. при температуре -37-38⁰С (культура первой генерации).

Культуру первой генерации штамма E.coli 64Г (после проверки на чистоту) засевали в бутылку, содержащую 10л бульона Хоттингера (культура второй генерации). Культивирование проводили в течение 18-20 ч. при T - 37-38⁰ С.

Культивирование производственного штамма для получения бактериальной массы. Культуру второй генерации штамма E.coli 64Г (после проверки на чистоту) засевали в АКМ-Шили в реактор (аппараты для культивирования микроорганизмов) со стерильной питательной средой. Культуру выращивали в течение 14-16 ч. при T - 37-38⁰С при постоянном перемешивании и непрерывной аэрации. После указанного срока выращивания штамма E.coli 64Г в аппарат вводили стерильную смываемую жидкость (среда высушивания) и производили смыв путем вращения аппарата и его лепестков. Среда высушивания содержит 1,5-2% желатина, 10% сахарозы, pH среды - 7,8-8,0.

После смыва микробную массу хранили при T - 2-10⁰С в течение 2-3 сут. Полученную микробную массу проверяли на чистоту и типичность роста путем посева в пробирки с МПА, МПБ, МППБ, Эндо.

Концентрирование бактериальной массы. Полученную микробную массу доводили до концентрации 10¹⁰ КОЕ в 1см³ по оптическому стандарту мутности ГИСК им. Тарасевича, путем добавления среды высушивания. Культуру перед расфасовкой проверяли на чистоту и отсутствие посторонней контаминации микроскопией мазков, окрашенных по Граму и делали посева на МПА, МПБ, МППБ, Эндо. Посевы выдерживали при T - 37-38⁰С в течение 10 сут.

Технологический процесс лиофилизации препарата из штамма E.coli 64 включает следующие стадии: расфасовка препарата во флаконы; высушивание препарата, продолжительность всего процесса сушки – 70-72 ч., день окончания лиофилизации считают датой изготовления препарата.

Метод контроля препарата из штамма E.coli 64 включает следующие стадии:

Определение чистоты и типичности роста. Для испытания

использовали 5 флаконов с препаратом. Содержимое каждого флакона разводили в 5 см³ стерильного физиологического раствора. Проводили посев по 0,2 см³ из каждого флакона на МПА, МПБ, МППБ под вазелиновым маслом, среду Эндо. Через 24 ч. в чашках Петри с МПА наблюдали характерный рост: круглые с гладкой, выпуклой поверхностью, ровными краями колонии, на среде Эндо – колонии красно-малинового цвета. На жидких средах гомогенный рост в виде помутнения. В мазках культуры представлены в виде коротких палочек. По Грамму окрашиваются отрицательно, спор не образуют. Питательные среды с посевом выдерживали в течение 10 сут. при температуре 37-38^oC. Препарат из штамма 64Г не содержал посторонней микрофлоры.

Определение безвредности. Безвредность содержимого каждого флакона препарата проверяли на 10-ти белых мышах массой 14-16 г, которым препарат вводили перорально, в дозе 10⁶ КОЕ в объеме 0,5 мл. Препарат считали безвредным, если в течение 10 сут. наблюдения все подопытные белые мыши оставались живыми.

Определение активности. Активность препарата проверяли на 20 белых мышах массой 14-16 г, из них 10-ти препарат вводили перорально в дозе 10⁷ КОЕ в объеме 0,5 см³. Спустя 24ч. все 10 подопытных и 10 контрольных белых мышей заражали перорально вирулентной культурой *E. coli* в смертельных дозах. В течение 10 сут. наблюдения все подопытные мыши выжили, при падеже всех контрольных мышей. Препарат изготовленный из штамма *E. coli* 64Г считали активным. После цехового контроля о возможности выпуска препарата к практическому применению флаконы этикировали с указанием наименования препарата, номера серии и даты изготовления.

Серией препарата считали определенное количество препарата, полученного в результате одноразового смешивания в одной емкости и имеющего одинаковую концентрацию живых микробных тел, одновременно расфасованного во флаконы, высушенного при одинаковом режиме и получившего свой номер, номер государственного контроля, оформленного одним документом о качестве (паспортом) с указанием в нем: наименования предприятия-изготовителя, наименование препарата, номера серии, номера госконтроля, даты изготовления (месяц, год), результатов испытания по показателям качества, срока годности, условия хранения, обозначения ТУ, номера и даты выдачи документа о качестве, заключения и подписи лица, выдавшего

документ. Препарат «Энтерокол» представляет собой сухую мелкопористую массу белого или серовато-желтого цвета, содержащую 60-70% живых микробных клеток, легко растворимую в физиологическом растворе, дистиллированной или кипяченной воде.

Результаты производственной апробации показали, что использование препарата «Энтерокол» из штамма *E. coli* 64Г значительно снижает заболеваемость телят, ягнят и поросят, улучшает их общее состояние организма, обеспечивает 95-100% сохранность молодняка животных, при 30-40% гибели контрольных животных. На препарат «Энтерокол»» получен патент за № 25918.

Выводы. Таким образом, на основании исследований получен штамм *E. coli* 64Г, отвечающий всем требованиям, предъявляемым к штаммам-пробиотикам, который:

- является нормальным обитателем желудочно-кишечного тракта здорового животного, непатогенный, не токсичный;
- метаболически активный в экосистеме желудочно-кишечного тракта;
- переносит пассаж через желудок;
- обладает способностью к адгезии на эпителии и приживанию в кишечном тракте;
- стабильный и способный длительное время оставаться жизнеспособными при хранении в производственных условиях;
- безопасный для молодняка сельскохозяйственных животных;
- имеет генетические маркеры для отличия его от штаммов естественного происхождения;

На основе аттенуированного штамма *E. coli* 64Г создан пробиотический препарат «Энтерокол» который может получить широкое применение для лечения и профилактики желудочно-кишечных заболеваний новорожденного молодняка животных и птиц.

Список литературы

1 Тутьян В.А., С.А. Шевелева, Н.Р. Ефимочкина. 8-й доклад Программы ВОЗ по контролю за пищевыми инфекциями и интоксикациями в Европе за 1999-2000 гг. Раздел: Российская Федерация. / FAO/WHO. - Берлин, 2003. – С. 45.

2 Шевелева С.А., Ефимочкина Н.Р. Анализ микробиологического риска как основа для совершенствования системы оценки безо-

пасности и контроля пищевых продуктов //Мат. X Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей. - М., 2007. - С.21-24.

3 Бондаренко В.М. Общий анализ представлений о патогенных и условно-патогенных бактериях. // Журн. микробиол.,1997. - № 4. - С. 20-26.

4 Алямкин Ю. Пробиотики вместо антибиотиков это реально // Птицеводство. – 2005. – № 2. - С. 17-18

5 Государственный доклад «О санитарно-эпидемиологической ситуации в Республике Казахстан в 2003 году». - Алматы, 2003. - С. 115-117.

6 Pokhilenko, V.D. Probiotics based on spore forming bacteria and their safety [Text] / E. Pokhilenko, V.V. Perelygin // Chemical and biological safety. 2007. - № 2.–P.32-34.

7 Ushakova, N.A. Generation of probiotic preparations fodder purposes [Text] / N.A. Ushakova, R.F. Nekrasov, V.G. Pravdin // Basic research. 2012. - № 1. - – P.41-44.

8 Панин А.Н., Малик Н.И. Пробиотики- неотъемлемый компонент рационального кормления животных //Ветеринария, 2006. - № 7. - С. 24-26.

Бияшев К.Б., доктор ветеринарных наук, профессор, e-mail: kadyr39@mail.ru

Киркимбаева Ж.С., доктор ветеринарных наук, профессор

Бияшев Б.К., доктор ветеринарных наук, профессор

Ермагамбетова С.Е., кандидат ветеринарных наук, профессор

Сарыбаева Д.А. доктор Ph., г.Алматы.

ГЕОГРАФИЯ

МРНТИ 39.19.31, 87.29.91

Ж.Т. Мукаев¹, Ж.О. Озгелдинова², Ж.Н. Искаков¹

¹Государственный университет им. Шакарима, г. Семей, Казахстан

²Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
г. Астана, Казахстан

ПОКОМПОНЕНТАЯ ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ БАСЕЙНА ОЗЕРА АЛАКОЛЬ

Аннотация. В статье предложены критерии покомпонентной интегральной оценки рекреационного потенциала ландшафтов бассейна оз. Алаколь. В основе данной методики лежит покомпонентная оценка ландшафтов, которая складывается из суммы средних значений основных показателей составляющих ландшафт: рельеф, климат, водные объекты и почвенно–растительный покров с применением трехбалльной системы. В качестве параметров функциональной оценки рельефа использовались такие показатели, как абсолютная высота и его расчленённость. Шкала оценки климатического компонента, учитывала такие параметры, как длительность благоприятного летнего рекреационного периода в днях, высота снежного покрова, сумма температур воздуха выше +10°C. При оценке рекреационной ценности водных учитывались разнообразие и масштабность водных объектов, средняя величина годового стока. Почвенно–растительный покров оценивался с учетом природной зоны, лесистости и заболоченности территории. На основе полученных значений ландшафтного потенциала составлена карта и проведено районирование территории по степени привлекательности природных ландшафтов для развития отдыха и туризма.

Ключевые слова: природно–ресурсный потенциал, туризм, рекреация, рекреационный потенциал, рельеф, климат, водные объекты, почвенно–растительный покров.

• • •

Түйіндеме. Келтірілген мақалада Алакөл көлі алабы ландшафтарының рекреациялық әлеуетін компоненттік интегралды тұрғыдан бағалау критерилері ұсынылған. Бұл әдістеме негізінде ландшафтарды компоненттік тұрғыдан бағалау жатыр, ол ландшафтты құрайтын көрсеткіштер сомасынан тұрады: жер бедері, климат, су нысандары мен топырақ-өсімдік жамылғысы, бұл бағалауда үш балды жүйе қолданылды. Жер бедерін функционалды бағалау параметрлері ретінде абсолюттік биіктік пен жер бедерінің тілімделуі пайдаланылды.

Климаттық компонентті бағалау шкаласы күндер есебіндегі қолайлы жазғы рекреациялық кезеңнің ұзақтығын, қысқы демалысты ұйымдастыру үшін қар жамылғысының биіктігін, +10°C жоғары ауа температурасының жиынтығын ескерді. Су объектілерінің рекреациялық құндылығы су объектілерінің көлемі мен түрлілігін, жылдық ағынның орташа шамасын ескере отырып, бағаланды. Топырақ-өсімдік жамылғысы табиғат зонасын, аумақтың ормандылығын және батпақтылығын ескере отырып, бағаланды. Алынған мәндер негізінде карта құрастырылып, туризм мен демалыс үшін табиғи ландшафтардың тартымдылығы бойынша аудандастырылу жүргізілді.

Түйінді сөздер: табиғи-ресурстық потенциал, туризм, рекреация, рекреациялық потенциал, жер бедері, климат, су нысандары, топырақ-өсімдік жамылғысы.

• • •

Abstract. This article propose criteria for the component integral estimation of the recreational potential of landscapes of Alakol lake basin. This method is based on the component-based estimation of landscapes, which consists of the sum of the average values of the main indices of the constituent landscape: relief, climate, water objects and soil and vegetation cover using a three-point system. Such indicators as absolute altitude and its dissection were used as parameters of the functional estimation of the relief. The climatic component assessment scale took into account such parameters as the duration of a favorable summer recreational period in days, the height of the snow cover, the sum of air temperatures above +10°C. The diversity and scale of water bodies, the average annual flow was taken into account when assessing the recreational value of water. Soil and vegetation cover was assessed taking into account the natural zone, forest cover and waterlogging of the territory. Based on the obtained values of the landscape potential, a map was compiled and zoning of the territory was carried out according to the degree of attractiveness of natural landscapes for the development of recreation and tourism.

Keywords: natural resource potential, tourism, recreation, recreational potential, relief, climate, water bodies, soil and vegetation cover.

Введение. Проблемы оценки природно-ресурсного потенциала территориальных рекреационных систем, а также выявления экологического состояния и устойчивости рекреационной территории являются актуальными вопросами современной рекреационной географии. Сущность оценки и картографирования природно-ресурсного потенциала территории для рекреации и туризма состоит в определении степени ее пригодности и благоприятности для их развития. Туризм и рекреация имеют ярко выраженную ориентацию на использование природных ресурсов, причем в туристско-рекреацион-

ную деятельность включаются не отдельные компоненты природы, а весь природный комплекс (ландшафт) в целом. В статье проведён анализ состояния и дифференциальная рекреационная оценка компонентов ландшафтов бассейна оз. Алаколь.

Цель работы – дать покомпонентную интегральную оценку природных туристско-рекреационных ресурсов бассейна оз. Алаколь

Методы исследований. На основе методик предложенных С.А. Севастьяновой, Е.В. Колотовой [1,2] предложены критерии покомпонентной интегральной оценки рекреационного потенциала ландшафтов. В основе данной методики лежит покомпонентная оценка ландшафтов, которая складывается из суммы средних значений основных показателей составляющих ландшафт: рельеф, климат, водные объекты и почвенно–растительный покров с применением трехбалльной системы.

Оценка благоприятности рельефа для рекреации проводилась в соответствии со шкалой рекреационной оценки рельефа составленной по материалам В.Б. Нефедовой, Е.Д. Смирновой [3] и А.В. Бредихина [4] (таблица 1). А.В. Бредихин рассматривает рельеф (в аспекте рекреационной геоморфологии) как рекреационный ресурс, обеспечивающий отдых, т.е. средство поддержания и восстановления трудоспособности, здоровья людей, удовлетворения их культурных и эстетических потребностей. Традиционно в качестве параметров функциональной оценки рельефа используют такие показатели, как абсолютная высота и его расчленённость.

Таблица 1 - Шкала оценки благоприятности по геоморфологическим показателям [3,4]

Характеристика рельефа	Абсолютная высота	Угол наклона поверхности	Балл	Категория рельефа
Горный, предгорный; пересеченный: холмисто–грядовый, увалисто–холмистый и эрозионно–расчлененный	>1000	>12	3-2,5	наиболее благоприятный
Увалистый, ступенчато пересеченный, эрозионно–расчлененный, волнистый, слабо пересеченный	500–1000	6–12	2,4-1,5	благоприятный
Плоско–волнистый, плоский и горный (труднодоступные поверхности)	0–500	0–6	1,4-1,0	относительно благоприятный

Основные результаты. Взаимосвязь между видами рекреации и геоморфологическими показателями проявляется по-разному. Например, наличие разновысотных горных систем с достаточно высокими углами наклона поверхности позволяет проводить туристские маршруты различных категорий, а для организации лечебно-оздоровительного отдыха наиболее пригодна местность с незначительными повышениями. Однако для тех и других видов рекреации эстетически наиболее благоприятна пересеченная местность [5].

При оценке туристско-рекреационного потенциала климатических ресурсов бассейна оз. Алаколь использовался комплекс показателей, который отражает практически все особенности климата территории. В ходе рекреационного оценивания климатического компонента территории бассейна оз. Алаколь была использована шкала оценки климатического компонента, учитывающая три основных параметра: длительность благоприятного летнего рекреационного периода в днях, высоту снежного покрова, сумму температур воздуха выше +10°C. (таблица 2).

Таблица 2 - Шкала оценки климатического компонента территории [6]

Длительность благоприятного летнего рекреационного периода	Оценка, балл	Качественная оценка
Менее 70 дн.	1,4-1,0	относительно благоприятная
70-80 дн.	2,4-1,5	благоприятная
Более 80 дн.	3-2,5	наиболее благоприятная
Высота снежного покрова:		
10 см	1,4-1,0	относительно благоприятная
25 см	2,4-1,5	благоприятная
Более 25 см	3-2,5	наиболее благоприятная
Сумма температур выше 10°C		
Менее 2400	1,4-1,0	Относительно благоприятная
2400-2500	2,4-1,5	Благоприятная
Более 2500	3-2,5	Наиболее благоприятная

При оценке гидрографии исходили из обилия и разнообразия водоемов, определяющих возможность организации рекреационной деятельности. Территории с умеренно и слабо развитой речной сетью

имеют ограниченные возможности для организации рекреационной деятельности. Районы с малой густотой рек и безводные имеют еще большие ограничения. Также водоемы, используемые для рыбной ловли, могут быть непригодными для водной рекреации. Лимитирующее значение имеют критические размеры водоема: небольшие водоемы непригодны для всех видов водного туризма.

Оценка рекреационной ценности водных ресурсов бассейна оз. Алаколь проводилась по следующим характеристикам: разнообразие и масштабность водных объектов, средняя величина годового стока. Шкала оценки водного компонента территории проводилась по методике, предложенной А.В. Дроздовым (таблица 3) [7].

Таблица 3 – Критерий оценки водоемов [7]

Характеристика водных объектов	Оценка, балл
Отсутствуют, либо мелкие реки, либо мелкие озера (1 компонент)	1,4-1,0
Реки и небольшие пруды, реки и небольшие озера и т.д. (2 компонента)	2,4-1,5
Реки, водохранилища, озера и т.д. (3 компонента и более)	3-2,5
Масштабность водных объектов	
Отсутствуют, либо мелкие реки, пересыхающие водотоки верхние течения рек	1,4-1,0
Средние в пределах области реки, пруды, небольшие естественные озера	2,4-1,5
Крупные в пределах области реки, водохранилища, крупные озера	3-2,5
Величина среднего годового стока, мм	
Менее 100	1,4-1,0
100–140	2,4-1,5
Более 140	3-2,5

Оценку почвенно–растительного покрова территорий бассейна оз. Алаколь предлагается проводить по ниже следующим параметрам: природная зона, лесистость, заболоченность, распаханность территории. Шкала оценки почвенно-растительного покрова составлена исходя из оценок предложенных Ю.А. Ведениным, Н.Н. Мирошниченко и А.В. Дроздовым.

Равнинная часть территории бассейна оз. Алаколь занята преимущественно пустынной и полупустынной природной зоной, в горных

районах развита высотная поясность. С учетом скудного пейзажного разнообразия полупустынные и пустынные природные зоны оценивались как относительно благоприятные, степная зона как благоприятная и лесная, лесостепная природные зоны, как наиболее благоприятные для рекреационного использования (таблица 4) [7, 8].

Таблица 4 – Шкала оценки почвенно–растительного покрова [7,8].

Параметр	Почвенно–растительный покров		
	наиболее благоприятный	благоприятный	относительно благоприятный
Природная зона	лесная и лесостепная зона	степная зона	пустынная и полупустынная зона
Лесистость, %	более 15	10–15	менее 10
Заболоченность, %	1–3	3–5	5
Распаханность, %	20	20–30	30

Итоговая оценка компонента представляет собой сумму баллов тех показателей, которые были использованы для ее оценки. По этой сумме проводилось ранжирование, и выявлялась итоговая оценка компонента.

1. *Покомпонентный* - оценка основных показателей и параметров, составляющих ландшафт;

2. *Интегральный* - расчет среднеарифметического балла.

Природные рекреационные ресурсы оценивались по трехбалльной системе, для их характеристики использовались следующие критерии оценки: 3-2,5 балла – наиболее благоприятный ресурс; 2,4-1,5 балла – благоприятный ресурс; 1,4-1,0 балл – относительно благоприятный ресурс.

Основой для составления ландшафтной карты бассейна оз. Алаколь послужили материалы полевых исследований с привлечением существующих покомпонентных карт и литературных источников. [9, 10].

В ходе исследования, прежде всего, были определены итоговые оценки по каждому компоненту ландшафта: рельеф, климат, водные объекты, почвенно–растительный покров. Итоговая оценка компонентов ландшафта представляет собой сумму баллов тех показателей, которые были использованы для ее оценки. Для каждого параметра была составлена оценочная шкала (таблицы 2-4), а результаты оценки были занесены в специальную общую таблицу 5.

Таблица 5 – Фрагмент таблицы результатов покомпонентно–интегральной оценки природно–рекреационного потенциала бассейна оз. Алаколь, баллов

Ландшафты	Рельеф	Водные объекты	Климат	Почвенно–растительный покров	Средний балл
1	1	1,3	2,3	2,1	1,6
2	1	1,3	2,3	1,8	1,6
3	1	1,3	2,3	2,1	1,6
4	1	1,3	2,3	2,1	1,6
5	1	1,3	2,3	2,1	1,6
6	1	1	2	1,9	1,5
7	1	1	2	1,9	1,5

Рельеф бассейна оз. Алаколь характеризуется большим разнообразием и пригоден для развития как лечебно–оздоровительных, так и спортивных видов рекреационной деятельности. Орография и большая амплитуда высотных отметок (300–4107м) обуславливают разнообразие и резкое различие природно–климатических особенностей, что может способствовать развитию различных видов туризма. Горная часть бассейна озера относится к двум крупным орографическим провинциям Тарбагатайской и Западно–Жетысуской, а равнинная часть Прибалхаш–Иле–Алакольской провинции. Равнинную часть по геологическому строению и морфологии можно разделить на три основных района: предгорные наклонные равнины, бугристо–грядовые песчаные равнины и плоские озерно–аллювиальные равнины.

Наиболее благоприятными для всех видов спортивного и природно–ориентированного туризма являются горные хребты Тарбагатай и Жетысу Алатау. Хребет Западный Тарбагатай имеет крутые, сильно расчлененные южные склоны. Относительная глубина вреза рек колеблется в широких пределах. Восточная часть Жетысуского Алатау расчленена немногочисленными глубокими речными долинами. Долины рек крутосклонные, ущелеобразные, труднопроходимые. На разных абсолютных высотах Жетысуского Алатау прилегающих к Алакольской впадине встречаются межгорные увалисто–холмистые впадины. Наличие разновысотных горных систем с достаточно высокими углами наклона поверхности позволяет проводить туристские маршруты различных категорий сложности.

На предгорных наклонных равнинах бассейна озера формы рельефа дают возможность организовывать и развивать лечебно–оздоровительный отдых, а также пешеходный, конный, лыжный туризм. Развитие этих видов рекреационной деятельности возможно и на остальной территории, но она менее благоприятна из-за более слабой расчлененности поверхности. Однако более ровный рельеф озерно–аллювиальной равнины способствует развитию вело–, мото– и автотуризма. Оценочный балл равнинных территории снижается из-за меньших возможностей для организации отдельных видов рекреационной деятельности. Наиболее низкую оценку получили предгорные и золотые равнины. Прилегающие озерно–аллювиальные равнины, получили достаточно высокую оценку, что связано с возможностями их комплексного рекреационного использования.

Климатический компонент для исследуемой территории оценивался (таблица 2) с учетом трех параметров: длительность благоприятного летнего рекреационного периода в днях, высота снежного покрова, сумму температур воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$.

На территории бассейна насчитывается более 500 озер, на долю четырех больших озер – Алаколь, Сасыкколь, Кошкарколь, Жаланашколь – занимающих центральную, наиболее пониженную зону межгорной впадины, приходится 95% общей площади водного зеркала и более 99% запасов воды всех озер. Основными притоками Алакольских озер являются реки Тентек, Уржар, Катынсу, Емель, Ыргайты и Жаманты. Но наибольшие благоприятные условия для развития пляжно–курортного отдыха характерны именно для Алаколя. Другие выше перечисленные водные объекты бассейна в определенной степени пригодны для развития пляжно–купального и спортивных видов рекреации.

Почвенно–растительный покров для исследуемой территории оценивался с учетом четырех параметров (таблица 4). Лесистость исследуемой территории преимущественно связана с горными хребтами Жетысуский Алатау и Тарбагатай, а также древесно–кустарниковой растительностью пойм рек и озер. На северном склоне Жетысуского Алатау в высотной зоне от 1500 до 2400 м распространена лугово–лесная растительность, развито редколесье из тяньшанской ели, встречаются участки густых ельников с примесью сибирской пихты. Ниже ельников местами встречаются небольшие леса из

яблонь и осины, распространены заросли кустарников. На южном склоне Жетысуского Алатау участки ельников встречаются в виде вкраплений среди горностепной растительности [11]. На Тарбагатайской горностепной территории в основном преобладает кустарниковая растительность. В оврагах растут яблони Сиверса, осина, серебристый тополь.

Болота неблагоприятны для рекреационной деятельности за исключением тех случаев, когда преобладает научно-познавательная функция рекреации, популярный на сегодня вид научного туризма «bird watching» связан с наблюдениями за птицами преимущественно в различных болотистых экосистемах. Болотные массивы, пригодны в ограниченной степени для сбора грибов и ягод, а также для охоты. При оценке ландшафтов бассейна Алаколя болота оцениваются как непригодные для рекреационного освоения. Они распространены в северо-восточной части оз. Сасыкколь, севернее Алаколя в дельтах рек Урджар и Катынсу. В южной части болота связаны с дельтой р. Тентек, оз. Кошкарколь и западным побережьем оз. Алаколь.

Сельскохозяйственные угодья на территории исследования представлены пашнями и сенокосами. Распаханная территория не представляет большого интереса для рекреационного освоения. Бассейн озера расположен на территории двух районов Урджарского, Восточно-Казахстанской области и Алакольского района Алматинской области. В Алакольском районе имеются, 868,6 тыс.га земли сельскохозяйственного назначения из них пашни занимают, 76,3 тыс.га земли. В Урджарском районе общая посевная площадь составила 180 058,2 тыс.га [12,13].

В соответствии с принятой градацией на основе значений ландшафтного потенциала было произведено районирование территории по степени привлекательности природных ландшафтов для развития отдыха и туризма (рисунок 1).

По результатам покомпонентной интегральной оценки территории (таблица 5), в исследуемом регионе выделено три типа территорий с разной степенью туристской аттрактивности: наиболее благоприятные, благоприятные территории, относительно благоприятные.

Анализ карты показал, что наиболее привлекательные рекреационные ресурсы сосредоточены на северном склоне Жетысуского Алатау и южном склоне хребта Западный Тарбагатай.

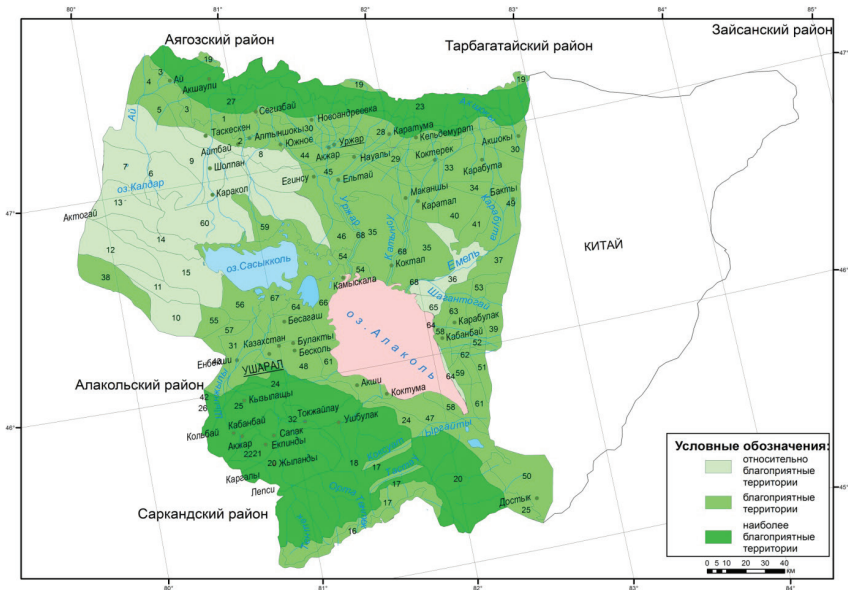


Рисунок 1 – Карта районирования территории бассейна оз. Алаколь по степени привлекательности природных ландшафтов для развития отдыха и туризма

Предгорные наклонные равнины Тарбагатайского хребта и Жетысуского Алатау заняты пашнями, а территории между озерами Алаколь и Сасыкколь заняты болотами. Оба типа территорий невозможно использовать в рекреационной деятельности.

Для пешего туризма лимитирующие факторы – степень заселенности, заболоченности и сельскохозяйственной освоенности; для массового отдыха – степень антропогенной нарушенности ландшафтов, заселенность, условия доступности участков для рекреантов, заболоченность и др. Заросшие мелководья удобны для охоты, но малопривлекательны для купания.

Северный склон Жетысуского хребта характеризуется достаточной расчлененностью рельефа и преобладанием еловых лесов и в достаточной степени обеспечен водными объектами. Поэтому эти территории являются наиболее благоприятными для всех форм природно-ориентированного и активного видов туризма. Наиболее

благоприятные территории в Жетысуском Алатау расположены преимущественно в пределах среднегорий, а также частично в низкогорной и высокогорных зонах и занимают 30,6% территории. Наиболее привлекательные ландшафты находятся в долинах р. Тентек, Тастау, Коксуат и покрытых лесом склонах Жетысуского Алатау.

К благоприятным территориям относятся южный склон хребта Тарбагатай, холмисто–увалистые лёссовые предгорья Тарбагатай и Барлыка, аллювиально–пролювиальные предгорные наклонные равнины Жетысуского Алатау, хребтов Барлык, Майли и Тарбагатай, аллювиальные и озерно–аллювиальные плоские равнины. Барлык–Арасанский предгорный район – занимает полупустынную и пустынную природные зоны. Район благоприятен для развития всех видов лечебно–оздоровительного туризма. Характер рельефа прилегающей территории к санаторию Барлык–Арасан благоприятен для прокладки всех видов терренкуров. Межгорные озерно–аллювиальные равнины, прилегающие к акватории озера характеризуются высоким уровнем рекреационного потенциала и благоприятны для развития различных видов отдыха и туризма. Туристско–рекреационный потенциал благоприятен для пляжной рекреации, развиты многие виды водного туризма. В низкогорных природных зонах расположены преимущественно малопривлекательные ландшафты. Наименьшей эстетической ценностью обладают полупустынные ландшафты равнин.

К относительно благоприятным территориям относятся – пустынные и полупустынные ландшафты, находящиеся в западной части бассейна Алаколя, а также территории распространения грядово–бугристых песков, которые занимают 26% от общей площади.

Заключение. В результате проведенного исследования установлено, что в целом бассейн оз. Алаколь обладает высоким рекреационным потенциалом и значительными рекреационными возможностями, что создает условия для развития различных видов рекреационной деятельности – купально–пляжного, лечебно–оздоровительного, спортивного, экологического, водного и позволяет разнообразить циклы рекреационных занятий.

Список литературы

1 *Севастьянова С.А.* Эколого–экономическая оценка рекреационных ресурсов. – СПб.: СПбГИЭУ, 2008. – 190 с.

2 Колотова Е.В. Рекреационное ресурсоведение. – М.: РМАТ, 1999. – 135 с.

3 Нефедова В.Б., Смирнова Е.Д., Швидченко Л.Г. Методы рекреационной оценки // Вестник МГУ. Серия География. – 1973. – №5. – С. 25-29.

4 Бредихин А.В. Рельеф как рекреационное условие и ресурс туризма // Вестник Моск. универ. Серия География. – 2004. – №4. – С. 23-28.

5 Гармс Е.О., Хромых В.В., Сухова М.Г. Использование ГИС в оценке геоморфологических ресурсов для целей рекреации (на примере трансграничного Горного Алтая) // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №6. – С. 1-7.

6 Бредихин А.В. Рекреационно-геоморфологические системы. – М.; Смоленск: Ойкумена, 2010. – 328 с.

7 Дроздов А.В. Эколого-туристский потенциал российских регионов // Матер. II междунар. науч. конф. «Актуальные проблемы геоэкологии. Проблемы и перспективы развития туризма и рекреации в Волжском регионе». – Тверь, 2002. – Ч. 2. – С. 220-221.

8 Боголюбова С.А. Эколого-экономическая оценка рекреационных ресурсов. – М.: Академия, 2009. – 256 с.

9 Национальный атлас Республики Казахстан: в 3 т. / под ред. А.Р. Медеу. – Алматы, 2010. – Т. 1. – С. 100-121.; Т. 2. – С. 56-57.

10 Гельдыева Г.В., Веселова Л.К. Ландшафты Казахстана. – Алма-Ата: Ғылым, 1992. – 176 с.

11 Голоскоков В.П. Флора Джунгарского Алатау. – Алма-Ата, 1984. – 220 с.

12 Сайт Акима Алакольского района Алматинской области // <http://alakol.zhetysu.gov.kz/>.

13 Сайт Акима Урджарского района Восточно-Казахстанской области [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.urzhar.vko.gov.kz>.

Мукаев Ж.Т., PhD доктор, e-mail: zhandos.mukaev@mail.ru

Озгелдинова Ж.О., PhD доктор, e-mail: ozgeldinova@mail.ru

Искаков Ж.Н., магистр педагогических наук, e-mail: 91jalga@mail.ru

ГОРНОЕ ДЕЛО

МРНТИ 52.35, 87.53.24

Ю.М. Булдаков¹, Н.К. Досмухамедов¹, М.Г. Егизеков¹, Н.А. Куленова¹,
Н.Г. Парцалиди¹, С.П. Скориков¹

¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет,
технопарк «Алтай», г. Усть-Каменогорск, Казахстан

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДУКТОВ ИМПУЛЬСНО-ИНЕРЦИОННОГО МЕТОДА ОБОГАЩЕНИЯ ТОВАРНОГО УГЛЯ

Аннотация. Проведены исследования по повышению качества товарного угля на полупромышленной импульсно-инерционной установке. Полученные результаты подтверждают высокую эффективность предложенной методики: снижена зольность товарного угля до 9%, повышена его теплотворная способность на 8% и предложенная технология безотходна. Использование результатов работы может значительно улучшить технико-экономические показатели производства.

Ключевые слова: товарный уголь, обогащение, распределение, снижение зольности.

• • •

Түйіндеме. Импульсті-инерциялық байыту құрылғысын қолданудың арқасында тауарлық көмір сапасын жақсарту бойынша зерттеулер жүргізілді. Алынған нәтижелер ұсынылған әдістеменің жоғары тиімділігін дәлелдейді: оптималды жағдайда технологияның қалдықсыз өтетіні анықталды және көмірдегі күлқож қоспалары 9% -ға дейін кеміп, оның калориялық жылу көрсеткіші 8%-ға көтерілген. Осы зерттеу нәтижелерін пайдаланған жағдайда өнеркәсіптің технологиялық-экономикалық тиімділігінің едәуір артуы әбден мүмкін.

Түйінді сөздер: тауарлық көмір, байыту, түрлену, қалдықсыз күлділігін төмендету.

• • •

Abstract. The article presents the study of increasing the quality of commercial coal on semi-industrial pulse inertial installation. The obtained results improve the high efficiency of proposed methodology: reduced ash content of commercial coal to 9%, its calorific value increased by 8% and this proposed technology is wasteless. Usage of the results of study can significantly improve the technical and economical indicators of production.

Keywords: commercial coal, enrichment, distribution, ash content reduction.

Работы проводились при активном участии и поддержке Восточно-Казахстанского технопарка «Алтай» и Восточно-Казахстанского технического университета им. Д. Серикбаева.

Введение. Ежегодно, в отопительный сезон, на предприятиях Восточного Казахстана сжигается около 25 млн. т каменного угля, из которых более 14% - зола и шлак, а более 17% в виде недожега угля теряется с золошлаками и дымовыми газами. Таким образом, более четверти угольной массы и по всей стране теряется впустую. На имеющихся крупнейших месторождениях достигнуты удовлетворительные показатели обогащения угля, предприятия используют тот уголь, который получают, а собственные научно-исследовательские разработки, исследования и их внедрение на государственном уровне пока не мотивированы. Проблему снижения зольности угля в достаточной мере может разрешить импульсно-инерционный метод обогащения, разработанный на Рудно-Алтайском опытно-экспериментальном предприятии, работающем при поддержке Восточно-Казахстанского технопарка «Алтай».

В основе метода заложены простейшие принципы сложения/разложения механических сил потока материалов учитывая, что «импульс – мера движения тела, а инерция – одно из свойств состояния тела». Рабочая модель импульсно-инерционной установки (ИИУ) представляет собой замкнутый комплекс из четырех парных сепараторов, соединенных между собой транспортными трубами под прямым углом друг к другу.

На «входе» в комплекс через загрузочную трубу подаются с помощью сжатого газа или жидкости материалы, смеси, из которых последовательно, по выбранной программе, каждым из сепараторов отбирается определенная часть загружаемой массы. На «выходе» из системы очищенный газ или жидкость возвращается в начало процесса, а товарные продукты, уловленные в бункерах, выгружаются питателями [1].

С целью достижения максимальной эффективности импульсно-инерционного метода обогащения, кроме основного фактора - величины коэффициента очистки/извлечения данного компонента, учитывались и такие вспомогательные показатели, как скорость и объем массопереноса, регулируемое давление или напор с учетом особенностей встраивания установки в действующую технологию производства. Величина найденного оптимального напора или разрежения в системе, длина трубных разгонов между комплексами бункеров, а так же параметры самих бункеров зависят от планируемого замысла и свойств испытываемого материала [2].

В ходе эксперимента были поставлены следующие задачи:

- найти ключевые управляющие элементы импульсно - инерционной методики обогащения в различных режимах;
- найти оптимальные параметры обогащения товарного угля по импульсно- инерционной методике;
- исследовать возможности увеличения производительности установки за счет увеличения/уменьшения аппаратов сепарации.

В частности, при проведении исследований по обогащению товарного угля были учтены такие особенности, как средний удельный вес её партии, влажность, зольность и в соответствии с этим проведен поиск показателя «прострела», подвижного участка трубы нагнетания, измеряемая в пределах от 0 мм (отсчет от стенки бункера) до 500 мм (до центра оси первого «импульсного» бункера) - механического регулятора оптимального режима процесса.

В этом случае ожидается наибольшее отсечение негорючих составляющих каменного угля в последующие «инерционные» бункера первого, второго ряда и т. д. Именно в такой позиции аппарат ИИУ сполна использует энергию сложения/ разделения механических сил или свою импульсно-инерционную составляющую [3].

Выявление проблемы и поиск решений. При планировании эксперимента ставилась задача внедрения инновационной методики импульсно-инерционной технологии обогащения угля, поступающего на предприятия региона. Обращало на себя внимание высокое содержание в угле негорючей части до 20 % и столько же составляли чистые потери с дымовыми газами и золошлаками – это уже весьма серьезно. В публикуемых ранее материалах описания попыток обогащения «готового», товарного угля оказалось не достаточно. Отсюда и зародилась идея обогащения товарного угля на импульсно-инерционной установке, поддержанная предприятиями «Тепловые сети» и «Усть-Каменогорская ТЭЦ».

Промышленные предприятия Восточно-Казахстанской области уже более десяти лет используют энергетический уголь марки Д разреза Каражыра, относительно высокого качества и твердости, зольностью 15-25%, низшей теплотой сгорания 4500-4900 ккал/кг.

Основу не горючей, минеральной массы Каражиринского угля составляют оксиды кремния, алюминия, железа и кальция, являющиеся базовой шлаковой массой в процессах и металлургической плавки, и в производстве цемента (таблица 1).

Таблица 1 - Сравнительный состав минеральных остатков сжигания углей

Используемый уголь на ТЭС РК	Содержание, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Прочие
Экибастузский уголь	54,18	28,37	7,47	1,14	0,55	0,47	0,28	7,54
Карагандинский уголь	60,27	25,54	5,85	3,65	1,05	1,35	1,06	1,23
Уголь разреза Каражыра	49,13	31,26	7,32	3,91	2,38	2,14	2,40	1,46

Продукты сжигания угля - зола и шлак близки по своим составам, несмотря на то, что первый из них, называемый еще «летучей золой» или «золой уноса», улавливается как летучий продукт в циклонах и фильтрах, а второй, шлак, – это сплавы оксидов, накапливающиеся в районе горна. Может быть, потому чаще на практике стали использовать термины «золшлаки» или «золшлаковые материалы, отходы». С хозяйственной точки зрения такие золшлаки не должны быть отходами [4].

При анализе производства надо помнить, что соотношение золы и шлака в золшлаковых материалах (ЗШМ) на углесжигающих предприятиях различно, но не ниже уровня 25:1 по весовой доле (таблица 2).

Таблица 2 – Микроэлементный анализ продуктов сгорания угля Каражиринского месторождения

№	Элементы, %										
	C	O	Na	Mg	Al	Si	Fe	K	Ca	Ti	Пр.
Зола	28,55	44,50	0,50	0,45	6,74	12,26	3,36	0,48	1,01	0,43	1,72
Шлак	18,66	47,51	0,57	1,02	8,11	13,85	5,46	0,81	2,13	0,40	1,48

Многих может насторожить значительное содержание углерода в отходах; очевидно, это связано с недожегом угля, основной причиной уноса которого с газами может быть состояние технологии производства, способ организации процесса горения угля и другие причины, требующие дополнительного исследования и анализа, а на практике – поиска и постоянной модернизации энергетического хозяйства [5].

Кроме того, надо учитывать и тот факт, что ошлакованная масса из района горна более окислена, чем зола уноса, и в дальнейших операциях по извлечению недожога, даже при тончайших видах помола практически не отдает «свою долю» увлеченного ею угля. Это подтверждается и попытками отечественных исследователей по обогащению золошлаков с целью извлечения угля [3,8].

Поэтому исследователи выработали, и в дальнейшем руководствовались следующими принципами:

1. Товарный уголь для исследования должен быть предварительно подготовлен в таком виде, в каком он используется на ТЭЦ: по влаге, крупности, при подаче на форсунки камер сжигания топки и т.д.;

2. Товарный уголь должен быть одной партии, исключая колебания по зольности, с «входным» анализом химической лаборатории ТЭЦ и с авторским контрольным анализом;

3. Необходимо выбирать из всех имеющихся вариантов постоянный напор/разрежение, равномерную загрузку, надежное управление основными параметрами импульсно-инерционной установки, обеспечивающими чистоту и достоверность результатов;

4. Для исключения излишних затрат - в контрольных пробах поиска режима работы установки ИИУ, использовать показатели не химического анализа, а техники ожидаемого изменения насыпного веса продукта.

Используемый в комплексе с импульсно-инерционной установкой стандартный центробежный вентилятор развивает постоянный напор в 2,1 атм. и разрежение 0,75 – 1,2 атм.

В применяемой технологической цепи аппаратов – четыре спаренных бункера, из которых все первые бункера «импульсные» (1-1, 2-1, 3-1, 4-1), вторые (1-2, 2-2, 3-2, 4-2) – «инерционные». При этом методикой выбора оптимального режима управления процессом сепарации были использованы как *режим нагнетания*, так и *режим разрежения*. Кроме того, в дальнейшем из таблиц исключались отдельные показатели, не имеющие важности, данные «не работающих» сепараторов-бункеров.

Результаты поиска оптимального варианта обогащения товарного угля в режиме разрежения сведены в общую таблицу 3.

Таблица 1 - Поиск оптимальной технологии обогащения угля для импульсно-инерционной установки в режиме разрежения

№ эксперим.	Режим управления загрузкой	1-1		1-2		2-1		2-2		ВСЕГО	
		г	%	г	%	г	%	г	%	г	
1	100	86	11,26	675	88,35	3	0,39	8	1,05	764	100
2	100	84	10,99	678	88,74	2	0,26	6	0,79	764	100
3	100	89	11,65	673	88,09	2	0,26	5	0,65	764	100
Усредненные значения		11,30		88,39		0,30		0,83		+0.8	
4	300	68	8,90	695	90,97	1	0,13	-	-	764	100
5	300	69	9,03	593	77,62	2	0,26	-	-	764	100
6	300	71	9,29	693	90,71	-	-	-	-	764	100
Усредненные значения		9,07		86,43		0,13				-3.7	
7	600	49	6,41	715	93,59	-	-	-	-	764	100
8	600	56	7,33	708	92,67	-	-	-	-	764	100
9	600	57	7,46	707	92,54					764	100
Усредненные значения		7,07		92,93		-		-		764 100	

В режиме разрежения весь процесс практически заканчивался только в первом спаренном бункере и особенность состояла в том, что насыпные веса всех усредненных значений материалов в ёмкостях 1-1 и 1-2 были одинаковы. Это указывало на практическое отсутствие сепарации составляющих товарного угля, то есть в режиме разряжения ожидаемых результатов не получено. В режиме загрузки угля сжатым воздухом в импульсно-инерционную установку картина в корне изменилась. Предпочтения заслуживают результаты первых шести экспериментов, где прослеживается определенная закономерность. Наименьший разброс данных эксперимента достигнут в режиме прострелов 100 и 300 мм.

Общая картина обогащения при подаче угля сжатым воздухом на импульсно-инерционную установку выглядит следующим образом (таблица 4).

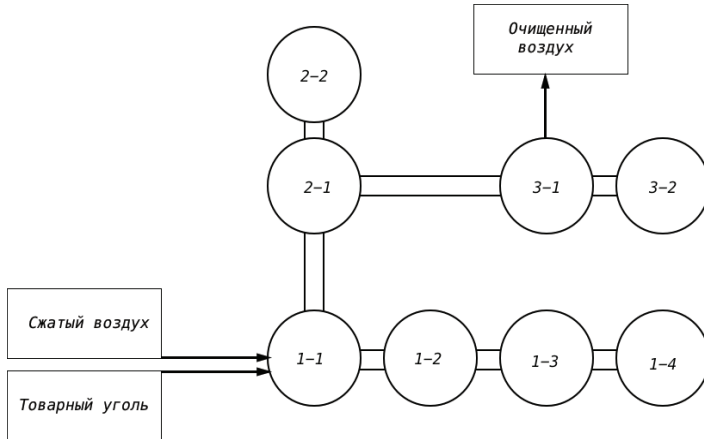
Кроме того, в принятом режиме управления процессом полностью задействованы первые два и незначительно третьи спаренные бункеры из четырех. Важно, что в режиме напора насыпные веса материалов в каждой ёмкости меняются в интервалах 21-43%, что подтверждает активность процесса сепарирования.

**Таблица 2 - Поиск оптимальной технологии обогащения угля
для импульсно-инерционной установки в режиме напора**

№ экс-пе-рим.	Режим управления загрузкой	1-1		1-2		2-1		2-2		3-1		3-2		ВСЕГО	
		г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%
1	100	96	12,57	646	84,55	11	1,44	8	1,05	2	0,26	1	0,13	764	100
2	100	89	11,65	655	85,73	11	1,38	6	0,79	2	0,26	1	0,11	764	100
3	100	78	10,21	668	87,57	9	1,18	5	0,65	3	0,29	1	0,12	764	100
Усредненные значения		11,48		85,95		1,33		0,83		0,27		0,11		100	
4	300	55	7,20	705	92,28	3	0,39	1	0,13	1	0,13	-	-	764	100
5	300	49	6,41	698	91,36	5	0,65	4	0,52	2	0,26	-	-	764	100
6	300	58	7,59	698	91,36	3	0,39	4	0,52	1	0,13	-	-	764	100
Усредненные значения		7,07		91,67		0,48		0,39		0,17				99,8	
7	600	34	4,45	730	95,55	1	0,13	4	0,52	-	-	-	-	764	100
8	600	37	4,84	721	94,37	3	0,39	3	0,39	-	-	-	-	764	100
9	600	38	4,97	723	94,63	1	0,13	2	0,26					764	100
Усредненные значения		4,75		94,85		0,22		0,39		-		-		764	100

В итоге, проведенная серия экспериментов позволила принять следующие решения:

- выбирать режим напора, исключив разрежение;
- исключать из цепи аппаратов четвертые сепараторы, практически не участвующие в процессе;
- перекомпоновывать установку, развернув основную цепь нескольких инерционных бункеров сразу после первого импульсного (рисунок 1).



а) принципиальная схема сборки ИИУ;



б) полупромышленный вариант ИИУ.

Рисунок 1 – Модернизированная ИИ - установка для обогащения товарного угля

Контрольные запуски модернизированной установки под обогащение товарного угля показали возможности обеспечения исследовательской работы в широком диапазоне удельного веса угля с отсечением негорючей массы в виде песка, камней, глины и других составляющих пустой породы.

Кроме того, в процессе экспериментов подтвердилась идея обязательной взаимозаменяемости отдельных частей аппарата, простоты разборки/сборки самой установки и были изменены отдельные элементы взаимосвязи узлов, но принцип действия импульсно-инерционной установки остался неизменным. При опробовании модернизированной полупромышленной импульсно-инерционной установки была достигнута производительность по золошлакам с 2,3 до 5,7 т/в смену с вполне достаточной сепарацией массы материала

Таким образом, серия простейших экспериментов позволила не только оптимизировать процесс импульсно-инерционной технологии, но и найти пути совершенствования аппаратурной компоновки оборудования.

Основная часть. При проведении экспериментов на полупромышленной импульсно-инерционной установке использовались средневзвешенные показатели партии угля с разреза «Каражыра LTD», поступившего в первом квартале 2017 г. в количестве 9405 т на штабель «Усть-Каменогорская ТЭЦ»:

Зольность, A_r - 15,5%; Органическая масса (летучие), V_d - 46,7%;

Теплота сгорания - 4881 ккал/кг; Содержание серы, S_t - 0,37%;

Общая влага, W_t - 14,5%, в т.ч. аналитическая, W^a - 2,3%.

С позиции инженеров теплоэнергетики оценка качества угля, в основном, рассматривается по этим приведенным взаимозависимым показателям, совокупно характеризующим его полезные свойства. Причем, зольность - основной показатель качества, а теплота сгорания характеризует энергетическую ценность угля [6].

Новый способ обогащения угля стал серьезным испытанием для модернизированной полупромышленной импульсно-инерционной установки (ИИУ), он должен был подтвердить ожидаемые высокие показатели классификации минерального сырья. Предвари-

тельно подсушенная до влажности 5-7% угольная масса вместе с воздухом при заданном их соотношении, с заданным расстоянием «прострела» вдувается в первый спаренный сепаратор и, преодолевая созданное в системе (напряженное) сопротивление среды, распределяется по ожидаемой программе во всех сепараторах данной установки. Очищенный фильтром воздух удаляется из системы. Установка может работать посменно, непрерывно. Просепарированные продукты от исходного товарного угля с различными свойствами, показателями из разных бункеров выгружаются питателями. После каждой серии экспериментов система тщательно очищается и готовится к новой.

При поиске и настройке аппаратуры на различные режимы обогащения важно было обеспечить равномерность загрузки и своевременную выгрузку материалов, близким к производственным условиям, одним из таких требований является правило «не заполнять емкости шихт более 1/3 объема», так как при превышении указанного уровня нарушаются условия сегрегации и др.

Интересно, что в трудах известных американских исследователей Берга и Хеммингсона уделяется особенное внимание тщательной подготовке не только при планировании эксперимента, но и в процессах обогащения вообще, когда надо учитывать особенности аппаратурно-технологического оформления [7]. Израильский ученый В.Каплан отмечает, что важно учитывать и поведение каждого компонента или группы элементов при переносе идеи исследования с апробированной модели на реальные технологии. Причем, во многих ситуациях отдельные детали модели вообще могут и не повторяться при реализации замысла в больших системах – например, в процессах обеднения горячих шлаков, следующих сразу после электроплавки или конвертирования [8].

Как известно, технология процесса опирается на предварительный расчет шлака этого процесса, а оптимизация выбора шлака характеризует основные качественные показатели получаемых компонентов. И здесь все необходимо заранее рассчитывать, планировать [9].

Результаты проведенной серии планируемых экспериментов приведены в таблице 5.

Таблица 3 - Распределение продуктов при обогащении угля импульсно-инерционным методом

№	Элемент программы («протрел»)	Распределение сепарируемого угля по бункерам																	
		Загружено		1-1		1-2		1-3		1-4		2-1		2-2		3			
		г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%		
1	100	100,00	42,7	6,10	50,12	7,16	495,81	70,83	62,3	8,90	32,55	4,65	14,7	2,10	2,52	0,36			
2	100	100,00	37,4		49,20		494,10	71,25			33,24		11,65		3,16				
3	100	100,00	39,3		51,7		517,01	46,34			29,85		13,58		2,22				
4	100	100,00	42,0	7,00	42,3	7,05	426,42	71,07	50,52	8,42	25,08	4,18	10,8	1,80	1,8	0,30			
5	100	100,00	38,62		57,13		405,63	49,19			33,57		12,57		3,29				
6	100	100,00	43,98	7,33	54,96	9,16	391,2	65,20	53,07	8,85	36,12	6,02	19,2	3,20	1,26	0,21			
7	100	100,00	26,7	5,34	64,35	12,87	361,3	72,26	30,75	6,15	11,5	2,30	5,85	1,17	0				
8	100	100,00	25,6	5,12	65,15	13,03	357,95	71,59	31,3	6,26	15,35	3,07	4,65	0,93	0				
9	100	100,00	25,8	5,16	65,6	13,12	358,1	71,62	30,95	6,19	14,8	2,96	4,75	0,95	0				
Уср.зн.7,8,9		100,00		5,2*		13,00*		71,82*		6,2*		2,77*		1,01*					
10	300	100,00	42,7	6,10	140,56	20,08	408,8	58,40	63,84	9,12	29,12	4,16	14,98	2,14	2,03	0,29			
11	300	100,00	44,84		145,56		405,64	59,58			30,11		14,27		0				
12	300	100,00	47,59		112,52		432,51	64,65			29,86		12,87		0				
13	300	100,00	49,08	8,18	90	15,00	357	59,50	63,84	10,64	28,92	4,82	11,16	1,86	1,32	0,22			
14	300	100,00	51,9	8,65	97,38	16,23	319,56	53,26	53,1	8,85	31,98	5,33	46,08	7,68	15,96	2,66			
15	300	100,00	48,16		101,12		351,46	46,25			21,55		22,14		9,32				
16	300	100,00	25,6	5,12	128,85	25,77	281,85	56,37	44,1	8,82	15,65	3,13	3,95	0,79	0				
17	300	100,00	24,6	4,92	130,8	26,16	280,6	56,12	44,85	8,97	15,1	3,02	4,05	0,81	0				
18	300	100,00	24,8	4,96	128,3	25,66	281,7	56,34	45,9	9,18	14,8	2,96	4,5	0,90	0				
Уср.зн16-18.				5,00*		25,86*		56,28*		8,99*		3,04*		0,83*					

Примечание* - усредненные значения просчитаны только для предыдущих трех экспериментов

В режимах технологического процесса обогащения товарного угля при больших объемах загрузки в 600–700 г наблюдаются значительный разброс неустойчивых данных не только по одному объекту, но и по всей «длине» растянутой цепочки аппаратов импульсных и инерционных, т.е. идет своеобразное размазывание данных, - это указывает на фактическое отсутствие процесса сепарации (строки 1-6, 10-15). Это могло быть связано с перегрузом аппарата по шихте [8,9]. Во всяком случае, проведенные химические анализы продуктов из емкостей 1-1, 1-2, 1-3, 1-4 показали незначительные изменения их зольности в интервале 14,9 -15,9% по сравнению с исходными данными, что значительно ниже ожидаемых результатов.

В режиме работы технологического процесса ИИУ с прострелом 100 мм, загрузке 500 г (таблица 3, строки 7-9) видно, что основная сепарированная масса обогащаемого угля собирается не в «импульсном бункере» 1-1, а в «инерционных» 1-2 (13%) и 1-3 (71,82%), их суммарная масса составляет 84,82%. Зольность этой массы оказалась ожидаемой – соответственно 9,24 и 9,00 %. В другом режиме технологического процесса ИИУ с прострелом 300 мм, загрузке 500 г (строки 16-18 таблицы 3) видно, что основная сепарированная масса обогащаемого угля 82,14% накапливается так же в инерционных бункерах 1-2 (25,86%) и 1-3 (56,28%), но здесь показатели зольности несколько ниже, соответственно 12,46 и 13,81. Важно, что процесс в ИИУ позволяет изменять структуру материала! Этого не было в предыдущих опытах.

Таким образом, найденный устойчивый режим обогащения товарного угля – это работа импульсно-инерционной установки при прострелах 100 и 300 с загрузкой угля 500г/мин. Полные технические анализы продуктов, полученных при загрузках 500г (таблица 3, строки 7-9 и 16–18), как и для предыдущих проб указанных выше, проведены в лаборатории «IPGETAC» ВКГТУ им. Д. Серикбаева [10]. Результаты обогащения товарного угля избранной партии следующие (таблица 6):

Как видно из таблицы 6, оптимальные результаты получены по усредненным продуктам (таблица 5, усреднённое значение строк 7, 8 и 9) 1-2 и 1-3 со значением зольности 9 и 9,24, при теплоте сгорания 4989 – 5377 ккал/кг, где накапливается 84,82% основной массы обогащенного товарного угля.

**Таблица 6 – Сравнительный технический анализ
перераспределенных проб обогащенного товарного угля**

Наименование продукта	Влага об- щая, %	Выход летучих, %	Золь- ность, %	Теплота сгорания, ккал/кг	Примеча- ние
Уголь товарный (исходная проба)	14,5	46,70	15,50	4881	
Усредненный продукт 1- 1 (5,2% от общего объема загрузки)	11,67	46,78	17,32	4684	прострел 100
Усредненный продукт 1-2 (13,00%)	12,32	46,51	9,24	4989	-
Усредненный продукт 1-3 (71,82%)	11,96	47,81	9,00	5377	-
Усредненный продукт 1-4 (6,20%)	12,85	46,03	18,44	4675	-
Усредненный продукт 2-1 (3,04)	-	48,89	19,86	4219	-
Продукт 1-2 (25,86%)	12,09	46,92	12,46	4639	прострел 300
Продукт 1-3 (56,28%)	12,56	48,81	13,81	4092	-
Продукт 1-4 (8,99%)	11,49	34,13	30,85	3524	-

В остальных емкостях при данном технологическом режиме получился:

- усредненный продукт 1-1 (5,2% от общей массовой доли) зольностью 17,32 и теплотой сгорания 4684 ккал/кг;
- усредненный продукт 1-4 (6,2% общей массовой доли) зольностью 18,44 и теплотой сгорания 4675 ккал/кг;
- усредненный продукт 2-1 (3,04% общей массовой доли) зольностью 19,86 и теплотой сгорания 4219 ккал/кг.

Полученные продукты по своим основным характеристикам значительно выше требований, предъявляемых действующими ГОСТами РК для топливных брикетов, где теплота сгорания д. б. выше 4000 ккал/кг и зольность ниже 25%. Тем более, что такое сырье сегодня имеет высокую ликвидность на рынке и обеспечивает большую экологичность дымовых газов по сравнению с углем. Эти продукты общей массовой долей 14,4% зольностью 17,3-19,9% и теплотой сгорания более 4200 ккал/кг по своим показателям являются отличным сырьем для получения угольных топливных брикетов из золы [11,12].

Ниже приведены основные сравнительные технические и потребительские характеристики исходного товарного угля марки Д и того же угля, но обогащенного импульсно-инерционным методом (таблица 7).

Таблица 7 – Сравнительные результаты обогащения товарного угля

Основные показатели	Товарный уголь по ГОСТ (исходная проба)	Уголь обогащенный (по импульсно-инерционной методике)
Зольность	15,5	9,1
Теплота сгорания	4 881	5 270
Органическая масса	46,7	47,9
Содержание серы	0,37	0,12

Выводы. Обогащение товарного угля безотходным импульсно-инерционным способом позволяет получить более высококачественный уголь с зольностью ниже на 40% и теплотворной способностью выше 8% за счет выделения из нее 14,4% брикетной массы.

Проведенными исследованиями по обогащению товарного угля импульсно-инерционной методикой:

- Показана принципиальная возможность и перспективность успешного использования инновационной методики импульсно-инерционной технологии, в частности, при обогащения товарного угля;
- Установлены оптимальные технологические режимы обогащения товарного угля методом импульсно-инерционной технологии, что повышает его качество, снижая зольность с 15,5 до 9% и увеличивая энергетическую ценность угля на 8%;
- Доказано, что обогащение угля на ИИУ экологически безопасно и безотходно, т.к. остатки от обогащенной массы в 14,4% являются высококачественным сырьем для брикетирования угля в соответствии с существующими ТУ и стандартами СНГ;
- Подтверждено, что методика импульсно-инерционной технологии обогащения угля вызывает синергетический эффект, изменяющий структуру и свойства используемого материала и улучшающий

технико-экономические, технологические, экологические и другие показатели;

- Полученные результаты могут служить исходными данными для проектирования полупромышленных и промышленных установок по обогащению сухих сыпучих материалов, отвалов, в частности, и обогащения товарного угля. Ожидаемый экономический эффект при обогащении товарного угля импульсно-инерционным методом только для одной стандартной тепловой станции, потребляющей в отопительный сезон 50 тыс. т угля, составил 105 млн. тенге.

Список литературы

1 Патент 14539 Республика Казахстан. Импульсно-силовой пылеуловитель / М.П. Булдаков, Ю.М. Булдаков, М.Г. Егизеков.; заявл. 13.01.2003, опубл. 15.07.2004.

2 Патент 17347 Республика Казахстан, Универсальный импульсно-силовой пылеулавливающий тупиковый сепаратор / М.П. Булдаков, Ю.М. Булдаков, М.Г. Егизеков; заявл. 22.10.2004, опубл. 15.05.2006

3 Заявка №2016/0727.1. Республика Казахстан. Способ классификации минерального сырья импульсно-инерционным методом, управляя потоком аэросмеси. заявл.23.08.2016.

4 Булдаков Ю.П., Скориков С.П., Парцалиди Н.Г., Реймер Ю.А. Внедрение способа безреагентного обогащения товарного угля импульсно-инерционным методом и устройства для его осуществления. ВКТ «Алтай». Отчет по НИР. Усть-Каменогорск, 2017

5 Булдаков Ю.П., Скориков С.П., Егизеков М.Г., Реймер Ю.А. Внедрение способа безреагентного обогащения товарного угля импульсно-инерционным методом и устройства для его осуществления. ВКТ «Алтай». Отчет по НИР. Усть-Каменогорск, 2017, -34с.

6 Борбат В.Ф., Адеева Л.Н., Колосов П.Е., Михайло Ю.Л. Отходы углей - перспективное сырье для различных отраслей промышленности //Материалы междунар. науч. семинара «Инновационные технологии-2011». - Красноярск, 2011, - 346с.

7 Berry E.E., Hemmings R.T., Enhanced resource recovery by beneficiation and direct acid leaching of fly ash / Fly Ash and Coal Convers. by. Prod.: Charact., Util. and Disposal: III Symp. Pittsburgh, 1987.- P. 365-380.

8 Kaplan V. and Dosmukhamedov N., JOM 65,381 (2014)

9 Kaplan V., Dosmukhamedov N., Egisekov M., Zholdasbai E., Metal

Recovery from Converter Slags Using a Sulfiding Agent. The Journal of the Minerals, Metals and Materials Society. London Springer, Neu York. September 2018.

10 *Мисевра С.Я.* Материалы Региональной университетской лаборатории инженерного профиля «ИРГЕТАС». - Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2016, - С.13-14.

11 *Щадов Ю.Э.* Комплексная переработка углей и повышение эффективности их использования. - М.: Недра, 2007. -342 с.

12 *Штейнцвайг М.Р.* О целесообразности углеобогащения в условиях интенсификации производства на действующих предприятиях // Уголь. – 2007. № 10.- С. 61-64.

Булдаков Ю.М., инженер,
e-mail: raoper.kz@gmail.com

Досмухамедов Н.К., кандидат технических наук, профессор КазНТУ,
профессор РАЕ,
e-mail: nurdos@bk.ru

Егизеков М.Г., кандидат технических наук, профессор ЕНО,
e-mail: raoper.kz@gmail.com

Куленова Н.А., кандидат технических наук, профессор,
e-mail: NKulenova@ektu.kz

Парцалиди Н.Г., главный инженер,
e-mail: raoper.kz@gmail.com

Скориков С.П., администратор проектов,
e-mail: 77051821299@gmail.com

Т.К. Исабек¹, Ш.Б. Зейтинова¹

¹Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

КЕН ОРНЫН ӨНДІРУДЕ АРАЛАС ГЕОТЕХНОЛОГИЯҒА АУЫСУ ЖӨНІНДЕГІ КЕЙБІР МӘСЕЛЕЛЕР

Түйіндеме. Мақалада аралас геотехнология кезінде жерасты ашу тәсілдерінің классификациясы қарастырылады: аралас геотехнологияның әлемдік тәжірибеде пайда болуы; ашық тәсілмен өндіруден жер астына өтуіне байланысты мәселелері. Ашық карьерлік кеңістік және карьердің жиегіне іргелес байланыс аймақтарындағы жыныстардың жылжуы – техногендік әсердің жаңа факторының ықпалын есепке алып, аралас геотехнология кезінде тік шахталық оқпандарды орналастыру орындарын таңдаудағы ғылыми-әдістемелік негізін қарастыру мақаланың негізгі идеясы болып табылады.

Түйінді сөздер: аралас геотехнология, карьердің контурдан тыс қоры, тік оқпан, қысымды-деформациялық күйі, ашық карьерлік кеңістік, жаңа әсер етуші техногендік фактор.

• • •

Аннотация. В статье рассматривается классификация способов подземного вскрытия при комбинированной геотехнологии. Появление комбинированной геотехнологии в мировой практике. Проблемы, связанные с переходом от открытого способа добычи к подземному. Вопросы выбора наилучшего места расположения шахтных стволов при комбинированной геотехнологии. Основная идея статьи заключается в рассмотрении научно-методических основ выбора мест заложения вертикальных шахтных стволов при комбинированной геотехнологии с учетом влияния нового фактора техногенного воздействия – открытого карьерного пространства и прилегающих к контуру карьера приконтактных зон сдвижения пород.

Ключевые слова: смешанная геотехнология, внеконтурные запасы карьера, вертикальные стволы, напорно-деформационное состояние, открытое карьерное пространство, новый техногенный фактор.

• • •

Abstract. The article deals with the classification of methods of underground autopsy under combined geotechnology. The appearance of combined geotechnology in the world practice. Problems associated with the transition from open-

pit mining to underground mining. The choice of the best location of shafts in combined geotechnology. The main idea of the article is to consider the scientific and methodological foundations for selecting the locations of vertical shafts with combined geotechnology, taking into account the impact of the new factor of man-made impact - open pit space and adjacent to the contour of the quarry for the proximal zones of rock shifting.

Keywords: combined geotechnology, outside contour stocks career, vertical shafts, the pressure-deformation condition, open career space, valid anthropogenic factor.

Кіріспе. Пайдалы қазба кен орындарын қазуда әлемдік тәжірибеде аталымы аралас тәсіл болатын, басқаша аралас геотехнологияға, кеңінен қолданылуына, кен орындарының тереңдігінің кең диапозонда өзгеруіне байланысты карьер кен шоғырларының жоғарғы учаскелері алынғаннан кейін әрі ашық қазудың экономикалық жағынан орынсыз болуынан, карьердің контурынан тыс қорларын өндіруде жерасты тәсіліне ауысуға мәжбүр.

Өндірудің ашық тәсілінің пайда болуына байланысты карьерлік кеңістік техногендік әсер етуші жаңа фактор ретінде енді жерасты тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде геомеханикалық жағдайды едәуір қиындатады – карьермен байланыс аймағының тау-кен жыныстар жылжуын ұлғайтып, жерасты бөлігіндегі кеншоғырдың қысымды-деформациялық күйін нашарлатып, бір уақытта оларды бұзып, қысым концентрациясын едәуір күшейте бастайды. Сонымен қатар, жерастылық өндіру жатыс сілеміндегі жыныстардың бұзылуына және беріксіздігіне, карьер қиябеттері мен жағдауларының орнықтылығының төмендеуіне әкеледі. Егер кен орны арнайы шарасыз екі тәсілмен бір уақытта қазылатын болса, теріс салдарға әкелуі де мүмкін. Мұндай жағдайда негізгі ашылатын қазбаның орнын салуды жобалау, пайдалы қазбаға қол жеткізуді қамтамасыз ететін және жерасты өндіру бойынша барлық кешенді жұмыстарды құрайтын геомеханикалық жағдай, жерасты және ашық тау-кен жұмыстары болып жатқан аймағындағы өзара әсері геомеханикалық үдерістерді зерттеу негізінде ғана қамтамасыз ете алатын, техногендік жалаңаштану орнықтылығын бағалауды және тау жыныстарының жылжу үдерістерінің пайда болуын нақты әрі дұрыс болжауды қажет етеді.

Аралас геотехнология ерекше спецификамен сипатталады – техногендік әсер етуші жаңа фактордың ашық карьерлік кеңістігінің

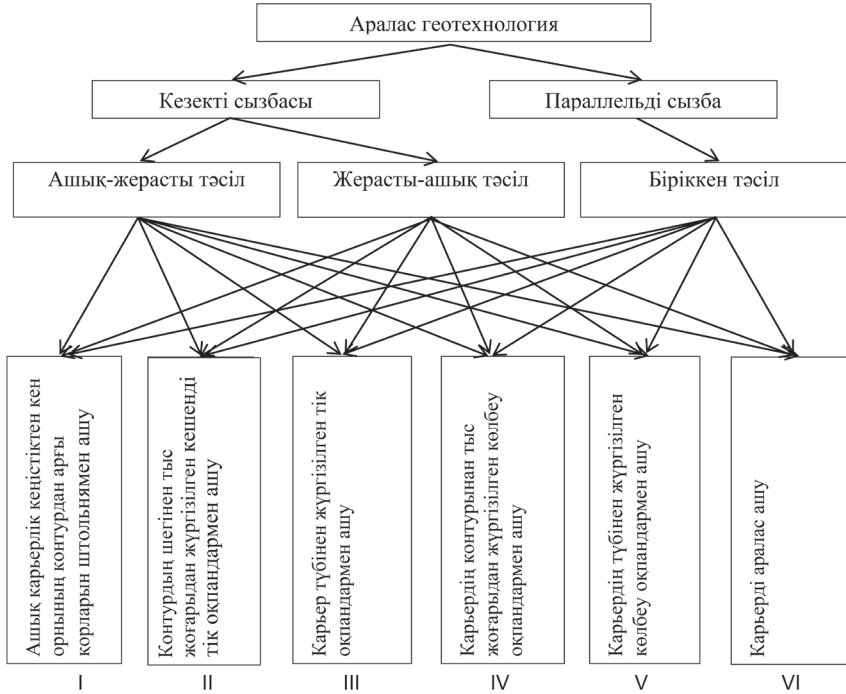
болуы, карьер сілеміне байланысты жыныстардың жылжуының пайда болуы себебінен, жерасты қазуға өту кезінде өте қиын фактор – техногендік әсерге айналады. Әлбетте, үлкен ашық кеңістіктің болуы (немесе пайда болуы) кен орнында карьерастылық қорларды ашу тәсілін таңдау мәселесіне, жалпы жерасты тау-кен жұмыстарының технологиясына әсер етпеуі мүмкін емес [1]. Үлкен кен орындарда аралас геотехнологияның тәжірибесі кен орындарының жерасты бөлігін тік және көлбеу шахталық оқпандармен ашу кеңінен таралғанын көрсетеді. Зерттеулер, мысалы терең орналасқан аршылатын карьер түбіндегі қорлар 200 м артық болғанда, экономикалық тұрғыдан алып қарасақ, жоғарыдан өтетін тік клеттік және скиптік оқпандар көмегімен дәстүрлі ашу әдістері тиімді болып табылады. Сондай-ақ, бұл тәсілдердің артықшылығы сол, карьер тереңдігінің ұлғаюы және сырғу деңгейі жиектерінің орналасуы карьердің ашу нұсқасымен салыстырғанда тек арта береді [2].

Аралас геотехнология кезінде, дәстүрлі жер астымен салыстырғанда, жер үстінде шахталық оқпандардың ыңғайлы орналасу мүмкіндіктеріне әсер етуші жаңа жағдайлар пайда болады: карьер айналасында пайда болған жыныстардың жылжу аймағы және карьерлік кеңістіктен белгілі арақашықтыққа дейінгі аумағының шектелуі, сондай-ақ карьерлік құрылыстар мен коммуникациялар. Аралас геотехнологияны жобалап бастаған кезеңде ашу, дайындау тәсілін және қазу жүйесін таңдау бойынша тиімді кешенді жобалық шешімдерді және бірлескен оңтайландыруды қарастыру қажет. 1-суретте аралас геотехнологияның классификациялық тәсілдері келтіріледі.

Жүйелі ашық-жерасты («карьер-шахта») немесе жерасты-ашық («шахта-карьер») және параллельді (бірлескен) қазу кезінде («карьер+шахта») – шахталық тік оқпандарды орналастыру орнын анықтау мәселесінде ашық карьерлік кеңістікті және оған тиісінше іргелес жатқан аймақтар факторын дәстүрлі жерасты қазу үшін есепке алу міндеттілігі пайда болады. Бұл жағдайда, міндетті түрде тік шахталық оқпандарды орналастырудың ықтималды облысын анықтау және карьер маңындағы сілем жыныстарының геомеханикалық жағдайын мұқият зерделеу және зерттеу талап етіледі.

Материалдар мен әдістер. Аралас тәсіл кезінде, әсіресе жүйелі ашық-жерасты («карьер-шахта») және параллельді («карьер+шахта») нұсқаларда, карьерлік кеңістіктегі теріс геомеханикалық әсерді ең

төменгі шекке азайту маңызды. Бұл үшін жобалау сатысында тұтастай алғанда кеніш және шахталық оқпандар техногендік және қаржылық тәуекелдерден қауіпсіз болуы үшін, контурға ең тиімді қалып және карьерге сәйкесінше шама-шарттар беруге ұмтылу қажет (Сурет 1).



Сурет 1 – Аралас геотехнология тәсілдерінің классификациясы және кен орнының карьер асты қорларын жерасты ашу сызбасы

Оқпандарды орналастыру орнын таңдау қандай қателіктерге әкеледі? Мысалы үшін, егер оқпандар карьер түбінен кендік сілем бойынша өтетін болса, онда жерасты тау-кен жұмыстарында үлкен көлемдегі кентіректер қалдырумен қазу жүйесін қолдануды талап етеді, ол пайдалы қазбалардың шамадан тыс жоғалуына әкеп соғады. Егер оқпандар геологиялық бұзылыстар және үлкен жылжу аймақтарында болса, нәтижесінде оқпандардың ұзақ мерзімділігі және жеткілікті

сенімділігі қамтамасыз етілмейді, бұл оқпандар жұмысының апатты ақауларынан өнеркәсіптің өндірістік қуатының төмендеуіне және үлкен капиталды шығындарына әкеледі. Карьердің контурдан арғы қорларын ашудың мүмкін нұсқаларын неғұрлым жақсырақ көрсету үшін, бұл қорлардың орналасуының карьер контурына қатысты бөлінуі ұсынылады (2-сурет) [3,4]:

контурлық – кендік учаскелер, карьер контурының тікелей шекарасына іргелес немесе оларға тікелей жақынырақ шоғырланған;

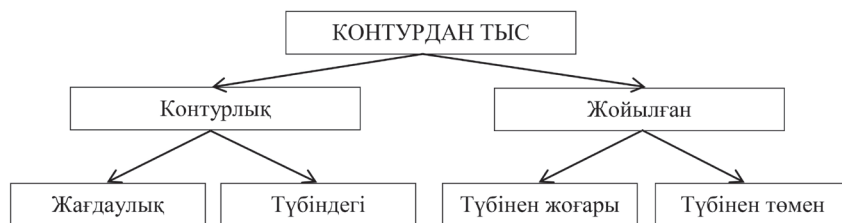
жойылған – кендік учаскелер, карьерлік кеңістікке тікелей шыға алмайтын және карьерлік алудың геомеханикалық әсері шегінен тыс;

жағдаулық – контурлық қорлар, карьер жағдауларымен жапсарлас;

түбіндегі – карьердің түбінде шоғырланған қорлар;

түбінен жоғары (наддонные) – карьер түбі деңгейінен жоғары орналасқан қорлар;

түбінен төмен (поддонные) – карьер түбінен төмен орналасқан қорлар.



Сурет 2 – Карьер контурына қатысты контурдағы қорларды орналасуы бойынша бөлу

Карьер контурының шегінен тыс орналасқан қорларды өнеркәсіп үшін қазу тиімсіз бола бастағанда, күртқұлама кенді орындарды ашық тәсілмен өндіру тәжірибесімен байланысты аралас геотехнология пайда болды. Бұл жағдайда контурдан тыс қорларды жерасты тәсілімен өндіру экономикалық тұрғыдан тиімдірек. Осы бағыттағы жүргізілген талдаулар кен орнын аралас тәсілмен өндіретін кеніштердің басым бөлігі түсті металдар өндіретін өнеркәсіптердің 60%-нан артығын құрайтынын көрсетеді. Бұл ретте кеніштердің 60-65% - карьер түбі

белгісінен төмен жатқан, 15 - 18% - карьер жағдауларында және 25% шамасы – карьерден қашық, жеке орналасқан кеншоғырлар немесе кен орны учаскелері қорларын өндіруді жүзеге асырады. Бірақ, барлық жағдайда қорларды карьер контурынан арғы кеншоғырларды игеру тиімділігі көбінесе дұрыс таңдалған ашу және қазу тәсілдеріне байланысты болып келеді [5]. Жерасты тәсілімен өндірілетін кен орнын ашу мәселелері тәжірибеде жеткілікті дәрежеде зерттелді. Алайда, арзан ашық тәсілмен пайдалы қазба кен орындарын қарқынды өндіру, карьер тереңдігінің ұлғаюы нәтижесінде біртіндеп ашу жұмыстарының көлемінің артуына алып келеді. Барлық кен орындарын қазатын үлкен тау-кен өндіру өнеркәсіптері ерте немесе кеш болсын ашық жұмыстардың тереңдеу жағдайына алып келеді, сонда бұл тәсілмен өндіруді жалғастыру экономикалық тұрғыдан тиімсіз әрі орынсыз болады.

Осылайша, осы мәселені табысты шешетін әлемдік тәжірибедегі аралас геотехнология (ашық-жерасты қазу) пайда болды. Аралас қазудың теориялық және тәжірибелік дамуын зерттеуге Қазақстанда, Ресейде және ТМД басқа елдерінде және алыс шетелде Агошков М.И., Трубецкий К.Н., Терентьев В.И., Каплунов Д.Р., Воронюк Д.Р., Гребенюк В.А., Демидов Ю.В., Калмыков В.Н., Малахов А.С., Рыльникова М.В., Стариков Н.А., Казикаев Д.М., Щелканов В.А., Титов Н.А., Шестаков В.А және басқа ғалымдар үлес қосты [5].

Көрсетілген зерттеушілердің еңбектерінде, осы бірегей және әмбебап геотехнологияға қатысты сұрақтар кеңінен қарастырылған, бұл: аралас геотехнологияны жобалаудың теориялық негіздері, бір кен орны шегінде ашық және жерасты біріктіру мәселелері, ашық және жерасты тау-кен қазбаларының әсер ету аймағын анықтау, ашық және жерасты жұмыстарының шегін белгілеу және оларды оқшаулау, аралас геотехнологияға өту шегін белгілеу және негіздеу, карьер қиябеттері мен жағдауларының, тірек және төбелік кентіректердің қысымды-деформациялық жағдайы ерекшеліктері, техникалық-экономикалық негіздеу және көптеген басқа мәселелер. Аралас геотехнологияны пайдаланудың ұзақ кезеңіне және көптеген сұрақтардың зерттелгендігіне қарамастан, сонымен бірге қазіргі уақытқа дейін жоғарыдағы шахталық тік және көлбеу оқпандарды қауіпсіз салу орындарын карьермен байланысқан аймағындағы тау жыныстарының жылжу үдерісін есепке ала отырып, барлығы жеткілікті оқылмаған

және зерттелмеген деп ойлаймыз. Бұл мәселе аралас геотехнология жағдайында тау-кен жұмыстарының тиімділігін қамтамасыз ету үшін үлкен маңызға ие.

Осыған байланысты аралас геотехнология кезінде шахталық оқпандарды жақсы орналастыру орнын таңдау мәселелері осы облыста әрі қарай зерттеуді және жаңа технологиялық шешімдер мен ұсыныстарды әзірлеуді, сондай-ақ бұл мәселенің жетілдірілген әдістемелік шешімін құрастыруды талап етеді. Жерасты тәсілімен кен орындарын қазудың жалпы тәжірибесінде, ашу тәсілін таңдау және негізгі ашушы қазбалардың (тік, көлбеу оқпандар) орнын таңдау әртүрлі тау-кен-геологиялық және тау-кен техникалық факторларына байланысты жүргізілетіні белгілі: шахталық (карьерлік) дала өлшемдері, кен орындардың жатыс тереңдігі және бұрыштары, пайдалы қазба қорлары; пайдалы қазбалардың жатыс сипаттамасы және пішіні, геологиялық бұзылыстардың болуы, кен орындардың жоғарыдағы жағдайы (жер бедері, объектілерінің болуы, сужинағыш және т.б.) [6].

Қорытынды. Тізбектелген факторлардың әсері аралас геотехнология кезінде де орын алады, бірақ сонымен қатар оларға қосымша мән-жайлар қосылады: ашық карьерлік кеңістіктің және карьереге геомеханикалық аймағының әсерінің болуы, жоғарыдағы жер үстілік әртүрлі табиғи пайда болатын карьерлік құрылыстардың және коммуникациялардың басқа объектілермен қатар орналасуынан аумақтың тығыздануы. Аралас қазу тәжірибесі көрсеткендей, кен орнының жерасты бөлігін ашу, кей жағдайларда тік және көлбеу шахталық оқпандардың қатысуынсыз жүзеге асырылады. Карьерлік кеңістіктің болуы жағдайында, шахталық оқпанмен ашу кезінде карьерлік жанасу аймағынан оқпандардың кепілді қауіпсіз қашықтықта тұрақтылығын қамтамасыз ететін орналастыру жолдарының маңызы зор. Карьерлік кеңістіктің әсерін дұрыс есептеместен жоғарыдан оқпандармен дәстүрлі ашу тәсілін қолданудың карьереде қолданылатын штольня және съездерді пайдалану жағдайынан айырмашылығы, кеніш құрылысы мерзімінің артуына және тау-кен-күрделі жұмыстарының көлемінің ұлғаюына әкелуі мүмкін екенін ескеру керек [6].

Осыған байланысты аралас геотехнология кезінде тау-кен жұмыстарын кешенді жобалау сатысында – карьерден тыс қорларды ашу үшін шахталық оқпандарды ұтымды орналастырудың маңызды

міндеті, бірлескен оңтайландыру барысында және кешенді жобалау шешімдерін таңдау бойынша мұқият тоғысуы тиіс: ашу жүйесі, дайындау тәсілдері, қазу жүйесі және карьердің, сондай-ақ кеніштің дамуына бағытталуы керек.

Әдебиеттер

1 *Баизбаев М.Б.* Разработка технологических решений перехода на комбинированную геотехнологию отработки крутопадающих рудных месторождений. –Қарағанды, ҚарМТУ, дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. по спец. 25.00.22 – «Геотехнология» (ашық, жерасты және құрылыс) маманд бойынша т.ғ.к. ғыл. ат. іздену дисс.

2 *Каплунов Д.Р., Калмыков В.Н., Рыльникова М.В.* Комбинированная геотехнология. – М.: «Руда и металлы» баспа ү, 2003. – 560 б.

3 *Ивашов Н.А.* Обоснование способов вскрытия запасов за контурами карьеров при комбинированной разработке месторождений. Т.ғ.к. ғылыми ат. іздену дисс. – Магнитогорск: 2007.

4 *Куликов В.В.* Совместная и повторная разработка рудных месторождений. – М.: «Недра», 2-басыл қайта өңдеу және тол., 1972 – б. 328

5 *Исабек Т.К., Баизбаев М.Б., Абеуов Е.А.* Комбинированная разработка рудных залежей / Монография. - Қарағарды: ҚарМТУ, 2016.

6 *Казикаев Д.М.* Комбинированная разработка рудных месторождений. – М.: «Горное образование», 2008. - 360 б.

Исабек Т.К., доктор технических наук, e-mail: tyiak@mail.ru

Зейтинова Ш.Б., докторант, e-mail: Zeitinova_rmpi@mail.ru

МЕТАЛЛУРГИЯ

МРНТИ 53.31.21

К.В. Баюл¹, А.Ю. Худяков¹, С.В. Ващенко¹

¹Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова, г. Днепр, Украина

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БРИКЕТИРОВАНИЯ МЕЛКОФРАКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ФЕРРОСПЛАВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. Дана краткая характеристика опыта по разработке и внедрению в производство технологий и прессового оборудования для брикетирования мелкофракционного сырья в ферросплавной промышленности. Отмечена актуальность и перспективность внедрения в технологический цикл ферросплавного производства технологий брикетирования мелких фракций рудного концентрата и отсевов ферросплавов с использованием в качестве основного агрегата валкового пресса. На конкретном примере в обобщенном виде показан системный подход к созданию технологии и выбору валкового пресса для брикетирования мелкофракционных сырьевых материалов в ферросплавном производстве.

Ключевые слова: брикетирование, валковый пресс, марганцевый концентрат, шлакометаллическая смесь.

• • •

Түйіндеме. Ферроқорытпа өнеркәсібіндегі ұсақфракциялық шикізатты брикеттеу үшін өндірісте технологиялар мен баспақтық құрылғыларды өңдеу және енгізу бойынша тәжірибенің қысқаша сипаттамасы берілген. Ферроқорытпа өнеркәсібінің технологиялық цикліне негізгі агрегат ретінде білікті баспақты қолдану арқылы кенді концентраттың ұсақ фракцияларын брикеттеу мен ферроқорытпалар қалдықтарын енгізудің маңыздылығы мен болашағы айтылған. Ферроқорытпа өнеркәсібіндегі ұсақфракциялық шикізат материалдарын брикеттеу үшін білікті баспақ технологиясын жасау және таңдаудың жүйелік жолдары нақты мысалдармен келтірілген.

Түйінді сөздер: брикеттеу, білікті баспақ, марганец концентраты, қожметалдық қоспа.

• • •

Abstract. A brief description of the experience in the development and implementation of production technologies and press equipment for the briquetting of small fractional raw materials in the ferroalloy industry is given. The relevance and prospects of introducing briquetting technologies of small fractions of ore concen-

trate and screenings of ferroalloys using the roller press as the main unit into the technological cycle of ferroalloy production are noted. On a specific example, in a generalized form, a systematic approach is shown to the creation of technology and the selection of a roller press for briquetting fine fraction raw materials in ferroalloy production.

Keywords: briquetting, roll press, manganese concentrate, slagmetallic mixture.

Введение. На стадиях добычи руды, подготовки шихт и выплавки ферросплавов, образуются мелкодисперсные материалы, которые не могут повторно использоваться в технологических переделах без предварительного окускования. Наряду с агломерацией, для окускования вторичного ферросплавного сырья, широкое применение получил процесс брикетирования, характерными особенностями которого являются возможность организации участков различной производительности, гибкость технологических решений, низкая энергоемкость и экологическая нагрузка.

Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины (ИЧМ), является одним из ведущих научно-исследовательских центров в области металлургии на Украине, и имеет значительный опыт разработки и внедрения технологий брикетирования мелкофракционного сырья, в том числе для ферросплавного производства. В реализованных проектах используется валковый брикетный пресс собственной конструкции, зарекомендовавший себя как агрегат, обладающий высокой надежностью и производительностью [1-4]. Создана технология производства брикетов из смеси отсевов концентратов «Марганецкого ГОКа» фракции 0...6 мм, которые содержат 41,0; 34,0 и 29,9 % Mn (в зависимости от класса концентрата). Брикеты из опытной партии, полученной на валковом прессе содержали до 32 % Mn и имели прочность на сжатие 115...125 кг/бр., высокие показатели прочности на сбрасывание, термостойкость и влагостойкость. Разработан технологический регламент на производство брикетов в условиях «Марганецкого ГОКа» и техническая документация на изготовление валкового пресса производительностью до 18 т/ч. Расчетная мощность производства, при установке в линии 3-х прессов, составляет не менее 40 т/ч [5].

Разработана и внедрена на металлургическом комбинате «АрселорМиталл Кривой Рог» технология брикетирования отсевов FeMn, SiMn и FeSi размером 0...5 мм. Полученная опытная партия брике-

тов имеет следующие характеристики: плотность – 4,68 г/см³ (FeMn), 4,31 г/см³ (SiMn), 2,74 г/см³ (FeSi); выход мелкой пыли (0...1мм) при испытании на сбрасывание – до 1 % (FeMn, SiMn), 3,7% (FeSi); высокие термо- и влагостойкость. Совместно со специалистами Национальной металлургической академии Украины и компании «Интермет», создан и пущен в эксплуатацию участок брикетирования производительностью 5т/ч., укомплектованный валковым прессом конструкции ИЧМ. [6].

Для условий Никопольского завода ферросплавов разработаны и опробованы технологии производства брикетов из различных материалов: шлака металлического марганца с добавкой окалины; пыли газоочисток; смеси пыли, шлама и коксовой мелочи. Наиболее перспективным и экономически выгодным для завода оказалось производство брикетов из отсевов силикомарганца фракции 0...6 мм. В отсевах содержится 71,3% Mn; 17,8% Si; 1,7% C; 0,15% P; 8,4% Fe [7]. Создана технология брикетирования, разработан и изготовлен валковый пресс производительностью 5 т/ч. Технология реализована в виде комплекса брикетирования отсевов ферросплавов, производительностью более 40 000 т брикетов в год. Основные характеристики брикетов, получаемых на НЗФ: размеры – 40x39x(18,5...22) мм; плотность – 4,5...4,8 г/см³; прочность на сбрасывание (содержание фракции +5 мм) – 94...96% [8].

Практический опыт и мировые тенденции развития горнодобывающих и металлургических производств, в том числе, ферросплавных указывают на востребованность и перспективность внедрения технологий и оборудования для брикетирования мелкофракционных сырьевых материалов с целью их возврата в технологические переделы.

Методы работы. В настоящее время сформирован и применяется на практике системный подход к разработке и внедрению технологий и прессового оборудования для брикетирования, который базируется на собственном комплексе научных методов [9] и включает следующие этапы: 1) экспериментальное определение физико-механических свойств и характеристик уплотняемости материала, в том числе сопротивления сжатию [10,11]; 2) разработка технологии брикетирования (выбор связующего, расчет технологических и энергосиловых параметров процесса брикетирования шихты в валковом прессе); 3) разработка и изготовление прессового оборудования (возможен как выбор пресса из созданного в ИЧМ модельного ряда, так и конструирование новой модели); 4) разработка технологического регламента; 5) пуско-наладочные работы; 6) гарантийное обслуживание.

В качестве примера реализации системного подхода к разработке технологии брикетирования и выбору прессового оборудования приведены результаты исследований по оценке брикетируемости двух видов мелкофракционных материалов, образующихся на ферросплавном производстве Темиртауского электрометаллургического комбината – отсевов марганцевого концентрата и шлакометаллической смеси при производстве ферросиликомарганца.

В таблице 1 приведены усредненные значения характеристик исследуемых материалов, определенные в лабораторных условиях ИЧМ.

Таблица 1 - Основные характеристики исследуемых материалов

Характеристика материала	Марганцевый концентрат	Шлакометаллическая смесь
Влажность	1,37 %	6,88 %
Насыпная плотность	1,85 г/см ³	1,73 г/см ³
	Фракция, мм	Содержание фракции, %
Гранулометрический состав	> 7	18,15
	5 - 7	11,27
	3 - 5	18,41
	2 - 3	11,2
	1 - 2	23,35
	0,5 - 1	5,94
	0,25 - 0,5	7,3
	0 - 0,25	4,38
Средний диаметр частиц, мм	3,94	3,75

В результате оценки основных физико-механических и технологических характеристик материала установлено, что гранулометрический состав исходных отсевов марганцевого концентрата и шлакометаллической смеси не отвечают требованиям, предъявляемым к крупности шихтовых материалов для брикетирования в валковых прессах. Около 18% массы марганцевого концентрата и 23,5% шлакометаллической смеси представлено фрагментами крупнее 7 мм. Влажность шлакометаллической смеси избыточна и не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к данному технологическому параметру брикетирования исследуемого материала в валковых прессах.

Для проведения исследований по оценке брикетированности была осуществлена предварительная подготовка материалов путем его фракционирования и достижения технологически приемлемого диапазона влагосодержания, позволяющего осуществить опытное брикетирование материала в валковом прессе.

Экспериментальные исследования брикетирования отсевов марганцевого концентрата и шлакометаллической смеси на лабораторном прессовом оборудовании показали, что получение брикетов удовлетворительного качества возможно только с применением связующих добавок. По результатам применения нескольких видов связующих добавок, отличающихся составом и механизмом твердения, было определено, что для брикетирования исследуемых материалов может быть рекомендована комплексная связующая добавка органического происхождения.

Оценка и выбор рациональных технологических и энергосиловых параметров процесса брикетирования, а также условий получения брикетов из отсевов марганцевого концентрата и шлакометаллической смеси осуществлялась на лабораторном (ЛВП - 500/110) и промышленном (ПБВ-19) валковых прессах (таблица 2).

Таблица 2 - Основные технические характеристики валковых прессов ИЧМ

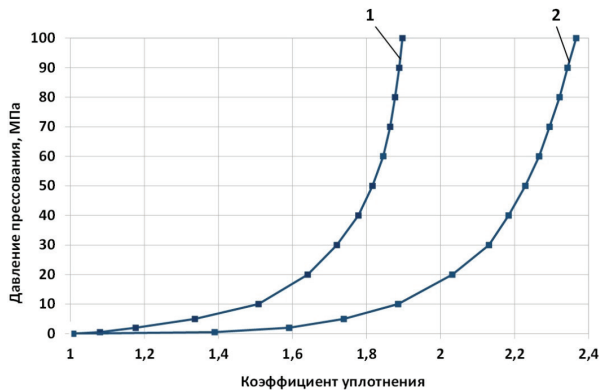
Технические характеристики	ЛВП - 500/110	ПБВ-19
Диаметр валка, мм	500	648
Ширина валка, мм	110	360
Тип формирующих элементов	зубчато-желобчатая	
Типоразмер формирующего элемента	R14 (32×30×15мм)	R17(40×36×18)
Объем формирующих элементов, см ³	~11	~19...20
Частота вращения валков, мин ⁻¹	1 - 3	3 – 9

Для расчета и выбора энергосиловых и конструктивных параметров промышленного валкового пресса для брикетирования шихты на основе марганцевого концентрата и шлакометаллической смеси экспериментально установлены основные физико-механические характеристики данных материалов: насыпная плотность; коэффициенты внешнего, внутреннего трения и бокового давления; (таблица 3), а также определены уравнения, описывающие сопротивление шихты сжатию.

Таблица 3 - Основные физико-механические характеристики исследуемых шихт

Характеристика шихты	Шихта на основе марганцевого концентрата	Шихта на основе шлакометаллической смеси
Насыпная плотность	1,445 г/см ³	1,228 г/см ³
Коэффициент внешнего трения	0,520	0,649
Коэффициент внутреннего трения	0,764	0,714
Коэффициент бокового давления	0,279	0,364

Сопротивление шихты сжатию является наиболее важной характеристикой, в интегральной форме отражающее способность материала уплотняться под внешним силовым воздействием, и именно она в значительной степени определяет энергосиловые параметры брикетирования в валковом прессе. Для шихт на основе исследуемых отсевов марганцевого концентрата и шлакометаллической смеси характеристики сопротивления сжатию представлены в виде кривых прессования (рисунок 1), описывающих взаимосвязи коэффициента уплотнения от давления прессования, которые с высокой точностью описаны уравнениями (1), (2) степенного типа.



- 1 – шихта на основе марганцевого концентрата;
- 2 – шихта на основе шлакометаллической смеси;

Рисунок 1 - Зависимость коэффициента уплотнения от давления прессования

Уравнения сопротивления шихт сжатию, полученные путем аппроксимации кривых прессования, представленных на рисунке 1:

- шихта на основе марганцевого концентрата

$$p = 0,028 \cdot Ky^{12,7}, \quad (1)$$

- шихта на основе шлакометаллической смеси

$$p = 0,0206 \cdot Ky^{9,77}, \quad (2)$$

где p – давление прессования, МПа;

Ky – коэффициент уплотнения, численно равный отношению текущей плотности брикета к насыпной плотности шихты.

С учетом физико-механических свойств шихты (таблица 3), уравнений (1), (2) и геометрических параметров очага деформации выполнены теоретические расчеты процесса брикетирования исследуемых материалов в валках диаметром 648 мм, шириной 360 мм с формующими элементами R17 (40x36x18 мм). Расчеты выполнены согласно методике, изложенной в работе [12]. Определен диапазон значений усилия P и момента M прессования, проведен сравнительный анализ полученных значений с результатами экспериментов по брикетированию исследуемых шихт на валковом прессе ПБВ19. Установлено, что обеспечение получения качественных брикетов из шихты на основе исследуемых отсевов марганцевого концентрата и шлакометаллической смеси требуется валковый пресс, позволяющий воспринимать усилие прессования не менее 1500 кН, момент прессования до 100 кН м и иметь мощность электродвигателя привода валков не менее 85 кВт. Из разработанного модельного ряда валковых прессов, с учетом возможного колебания физико-механических свойств шихт в производственных условиях, рациональным представляется использование одной из модификаций валкового пресса ПБВ-22М (рисунок 2). Основные характеристики пресса приведены в таблице 4.



Рисунок 2 - Валковый пресс ПБВ22М

**Таблица 4 - Основные технические характеристики
пресса ПБВ-22М для брикетирования мелких фракций
шлакометаллической смеси**

Максимальное усилие прессования, кН	2000
Максимальный момент прессования, кН м	100
Устройство предохранения валков от перегрузок	Гидравлическое
Параметры брикета:	
- форма	Пельменеобразная
- тип формующего элемента	R17
- объем, см ³	19...21
- размеры, мм	40x36x18
Диаметр валков, мм	648
Ширина валков, мм	360
Частота вращения валков, мин ⁻¹	≈9...10
Мощность привода пресса, кВт	110

Ориентировочная производительность пресса ПБВ-22М при частоте вращения валков 9,0...10,0 мин⁻¹ составляет 14,1...15,4 т/ч, при брикетировании шихты на основе марганцевого концентрата и 13,2...14,5 т/ч при брикетировании шихты на основе шлакометаллической смеси. В процессе подготовки промышленной реализации процесса брикетирования, создается технологическая схема производства и выбирается состав оборудования.

На рисунке 3 приведен пример одного из вариантов принципиальной технологической схемы производства брикетов из ферросплавного сырья, которая применима к рассматриваемым в работе отсевам марганцевого концентрата и шлакометаллической смеси. Согласно схеме, в первую очередь, выполняется прием, накопление и бункерование отсевов и связующего вещества (для жидкого связующего используются специальные емкости). Затем осуществляется дозирование и смешивание компонентов шихты, при необходимости выполняется тепловая обработка шихты и добавляется вода.



Рисунок 3 - Технологическая схема

Полностью подготовленная шихта выдается в прессовый бункер, туда же поступает подрешетный продукт процесса грохочения сырых брикетов. Брикетирование, в зависимости от физико-механических свойств шихты, осуществляется при значениях давления прессования до 100...150 МПа. После прессования сформированные брикеты подаются на грохот. Целые брикеты и фракция размером +10 мм направляются на упрочнение, а мелочь -10 мм возвращают на шихтовку. Процесс упрочнения брикетов, в зависимости от технологии производства, предусматривает вылеживание в течение 1-3 сут. или тепловую обработку, которая может осуществляться как при порционной подаче брикетов в тепловой агрегат, так и с использованием конвейерных тепловых агрегатов.

На рисунке 4 приведена принципиальная схема цепи аппаратов для производства брикетов из мелкофракционных отсевов ферросплавного сырья.

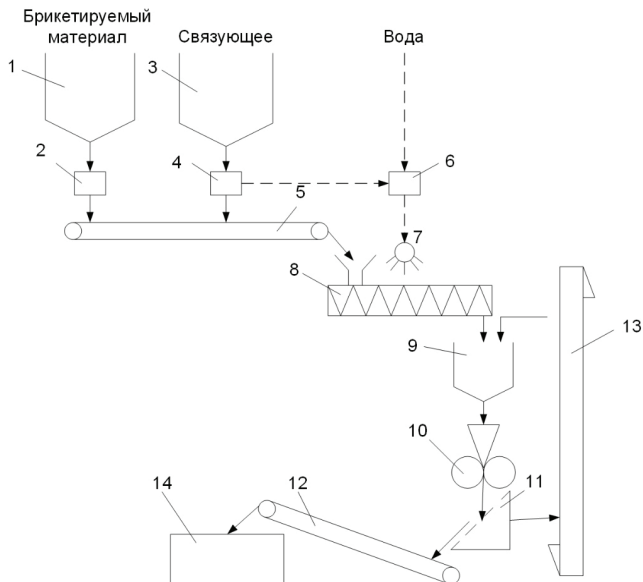


Рисунок 4 - Схема цепи аппаратов

В соответствии со схемой отсеv из бункера 1 через дозатор 2 подается на конвейер 5. Туда же подается сыпучее связующее. В случае если связующее находится в жидком состоянии, то его подача осуществляется через дозатор для жидких веществ 6 и форсунку 7. Таким же образом может осуществляться подача воды, если это предусмотрено технологией. Компоненты шихты смешиваются в смесителе 8. При необходимости осуществляется тепловая обработка компонентов шихты. Способ нагрева определяется конструктивным исполнением смесителя. Готовая шихта подается в прессовый бункер 9, а из него в загрузочное устройство валкового пресса 10. Готовые брикеты классифицируются на грохоте 11. Подрешетный продукт, в виде фракции -10 мм, транспортируются устройством для возврата мелочи 13 в прессовый бункер. Кондиционные брикеты (фракция +10 мм),

с помощью конвейера 12, подаются в емкость 14, в которой происходит упрочнение продукта перед отправкой потребителю.

Окончательное согласование количества и размещения элементов оборудования и массопотоков материалов в технологической линии определяются при проектировании и составлении технологического регламента на производство брикетов с учетом конкретных условий предприятия, принятой технологии и компоновки оборудования в цехе.

Выводы. Дана краткая характеристика разработки и внедрения технологий и прессового оборудования для брикетирования мелкофракционного сырья в ферросплавной промышленности. На примере результатов исследования брикетируемости отсевов марганцевого концентрата и шлакометаллической смеси Темиртауского электрометаллургического комбината в общем виде представлен системный подход к созданию технологии и выбору валкового пресса для брикетирования мелкофракционных сырьевых материалов в ферросплавном производстве.

Список литературы

1 Носков В.А. Валковый пресс для брикетирования мелкофракционных отходов производства и сырья // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 1999. – №2-3. – С.100-102.

2 Маймур Б.Н., Худяков А.Ю., Петренко В.И., Ващенко С.В., Баюл К.В. Брикетирование металлургического сырья. Актуальность и пути развития метода // *Бюл. научно-технической и экономической информации «Черная металлургия»* – №1. – 2016. – С.74-82.

3 Маймур Б.Н., Петренко В.И., Лебедь А.Т. Совершенствование конструкции и улучшение эксплуатационных характеристик валковых брикетных прессов // *Бюл. научно-технической и экономической информации «Черная металлургия»* – №12. – 2011. – С. 67-71.

4 Баюл К.В., Лебедь А.Т., Ващенко С.В., Худяков А.Ю. Состояние разработок и направления совершенствования конструкции и параметров эксплуатации валковых прессов // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2015. – №7. – С.117-120.

5 Носков В.А., Маймур Б.Н., Можаренко Н.М., Петренко В.И. Разработка технологии производства брикетов из марганецсодержащих отходов. Сообщ.1 // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 1998. – №4. – С. 101-103.

6 Носков В.А., Маймур Б.Н., Учитель А.Д. и др. Технологические основы производства брикетов из отсевов ферросплавов на КГГМК

«Криворожсталь» // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2003. – №2. – С. 122-125.

7 *Носков В.А., Маймур Б.Н., Петренко В.И., С.В. Ващенко др.* Разработка и исследование связующих добавок для брикетирования отсевов силикомарганца // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. научн. тр. ИЧМ*. – Киев: Наукова думка. – 2005. – Вып.10. – С.321-326.

8 *Носков В.А., Большаков В.И., Куцин В.С. и др.* Установка брикетирования отсевов ферросплавов // *Сб. научн. тр. Национального горного университета*. – 2004. – №19 – Т.5. – С.177-186.

9 *Носков В.А., Маймур Б.Н., Петренко В.И., Баюл К.В. и др.* Научно-методические основы определения характеристик и режимов процесса брикетирования мелкофракционных материалов // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. научн. тр. ИЧМ*. – Киев: Наукова думка. – 2002.- Вып.5. – С.344-347.

10 *Ващенко С.В., Маймур Б.Н., Петренко В.И., Муравьева И.Г.* Разработка методического подхода к определению уплотняемости прессуемых шихт с учетом их свойств // *Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов*. – Выпуск 14 (2011). – Днепропетровск, 2011. – С. 85 - 92.

11 *Ващенко С.В., Маймур Б.Н., Петренко В.И., Муравьева.* Разработка аналитического метода прогнозирования и оценки сопротивления шихт сжатию с учетом их свойств // *Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов*. – Выпуск 4 (81). – Днепропетровск, 2012. – С. 3 – 10.

12 *Bayul K. V., "Effect of the geometrical parameters of roll press forming elements on the briquetting process: analytical study," Powder Metallurgy and Metal Ceramics July 2012, Volume 51, Issue 3-4, pp 157-164.*

Баюл К.В., кандидат технических наук, e-mail: baiulkonstantin@gmail.com, isibriquette@gmail.com

Худяков А.Ю., кандидат технических наук, e-mail: isibriquette@gmail.com

Ващенко С.В., кандидат технических наук, e-mail: isibriquette@gmail.com

Ж.И. Кузбаков¹

¹Актюбинский региональный государственный университет им. К.Жубанова,
г. Актобе, Казахстан

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ДЕЗИНТЕГРАЦИЯ ФЕРРОМАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Способы разрушения твердых материалов являются основой технологии дробления и фракционирования при подготовке сырья к металлургическому переделу. Для снижения энергоемкости дробления, направляемый в зев дробилки материала можно предварительно обработать так, чтобы перевести его в напряженное состояние или снизить его прочность. Дробление подготовленного материала требует меньше механической энергии, поэтому энергоемкость измельчения уменьшается, уменьшается износ дробящих плит и снижаются нагрузки на узлы и элементы машины. Для интенсификации и совершенствования процесса дробления высокопрочных слитков металла (феррохрома) предложена технологическая линия для производства ферросплавов, на которую получен инновационный патент Республики Казахстан. Для повышения прочности слитка углеродистого феррохрома термическое воздействие заключается в равномерном охлаждении слитка металла по всему объему.

Ключевые слова: ферроматериалы, дробление, способ разрушения, энергоемкость, разливка ферросплавов, термическое воздействие, слиток.

• • •

Түйіндеме. Қатты материалдарды бұзу әдістері шикізаттарды металлургиялық қайта өңдеуге дайындық кезінде ұсату және сұрыптау технологиясының негізі болып табылады. Ұсатуға арналған материалды ұсатқыштың қабылдағыш саңлауына бағыттағанда, оны алдын ала өңдеп кернеулі жағдайға аударып, беріктілігін төмендетуге болады. Дайындалған материалды өңдеу механикалық энергияны аз қажет етеді, сондықтан ұсату процесінің энергосыйымдылығы төмендейді, ұсатуға арналған жұмыс тақтайшаларының шығыны азаяды және машинаның бөлшектері мен элементтеріне аз жүктеме түседі. Беріктілігі өте жоғары металдың (феррохромды) ұсату процесін жетілдіруге, ырықтандыруға бағытталған ферроқорытпа өндірісіне арналған технологиялық желі ұсынылған. Оған Қазақстан Республикасының инновация-

лық патенті берілген. Жоғарғы көміртекті феррохром құймасының беріктілігін жоғарылату үшін термиялық әсер ету дегеніміз, ол металл құймасын барлық көлемі бойынша бірқалыпты суыту.

Түйінді сөздер: ферроматериалдар, ұсату, қирату әдісі, энергосыйымдылық, ферроқорытпаларды құю, термиялық әсер ету, құйма.

• • •

Abstract. The methods of destruction of solid materials are the basis of the crushing and fractionation technology in the preparation of raw materials for the metallurgical transformation. In order to reduce the energy intensity of crushing, the material fed to the crusher can be pretreated in such a way as to bring it into a stressed state or reduce its strength. The crushing of the prepared material requires less mechanical energy, so the energy intensity of grinding decreases, as well as the wear of the crushing plates. Loads on the machine nodes and components decrease. To intensify and improve the process of crushing high-strength ingots of metal (ferrochrome), the author proposed a technological line for the production of ferroalloys, to which the innovative patent of the Republic of Kazakhstan was obtained. In order to increase the strength of the ingot of carbon ferrochromium, it is necessary to thermally influence the uniform cooling of the ingot of the metal throughout its volume.

Keywords: ferromaterials, crushing, method of destruction, energy intensity, ferroalloy casting, thermal impact, ingot.

Введение. Производственный процесс получения ферроматериалов включает три последовательные стадии: подготовка шихтовых материалов, выплавка ферросплавов и разделка готовых сплавов. При этом подготовка шихты и разделка ферросплавов имеют много общего в плане использования дробильного и сортировочного оборудования, а также технологического требования-выделения в ходе переработки однородной фракционированной продукции с ограничением содержания некондиционных мелких фракций [1,2]. Способы разрушения твердых материалов являются основой технологии дробления и фракционирования при подготовке сырья к металлургическому переделу. В свою очередь они влияют на все последующие технологии получения металла и на экономику предприятия в целом [3,4]. В настоящее время переработка ферросплавного сырья и продуктов плавки осуществляется на предприятиях и заключается в дроблении слитков металла щековыми дробилками и отсеве некондиционных фракций на грохотах. По суще-

ствующей технологии процесс разливки и разделки слитков феррохрома является энергоемким и продолжительным во времени.

Цель работы – снижение энергоемкости дробления высокопрочных слитков ферроматериалов и некондиционной фракции (отходов) при измельчении углеродистых ферроматериалов, повышение эксплуатационной надежности дробильного оборудования.

Теория, материалы и методы исследования. Для разрушения твердых материалов применяются различные виды энергии и соответствующие разрушающие инструменты и машины, различные технологии. Несмотря на многообразие технологий, механизм разрушения един – это образование и рост трещин. Все способы разрушения рассмотрены с единых энергетических позиций. Для каждого способа разрушения имеются механизм подвода и преобразования энергии, принципы построения техники и технологии, расчет оптимальных параметров [5]. Нередко требуется сохранить твердое тело в целостности, не разрушенным, и для этого необходимо решить обратную задачу, т. е. определить условия, при которых, имеющиеся в твердом теле трещины не должны расти, сохранить равновесное состояние. В этом случае необходимо определять максимальный уровень воздействия на твердое тело, с учетом его физических свойств, при котором равновесное состояние трещин не нарушается и соответственно выбрать технику и технологию [6].

Для снижения энергоемкости дробления, направляемый в зев дробилки материал, можно предварительно обработать так, чтобы перевести его в напряженное состояние или снизить его прочность. Дробление подготовленного материала требует меньше механической энергии, поэтому энергоемкость измельчения уменьшается, при этом уменьшается износ дробящих плит и снижаются нагрузки на узлы и элементы машины [7- 9].

Наиболее просто осуществить предварительную термическую обработку. Материал, подвергаемый к дроблению можно обработать по двум режимам. Равномерно, когда весь кусок слитка обрабатывается до одинаковой температуры, и неравномерно, когда обрабатывается часть (поверхность) куска (резкое охлаждение поверхности слитка хладоагентом) [10]. При неравномерной термической обработке, часть куска слитка расширяется и растягивает не нагретую часть, т.е. поверхность слитка (тепло выводится из слитка с высокой тем-

пературой нагрева $\sim 500^\circ\text{C}$), где возникают и прорастают трещины и прочность слитка уменьшается, что и дает возможность снизить энергоемкость дробления, снизить нагрузки на детали машины

Нагретая часть слитка производит работу при тепловом расширении

$$A = \frac{I}{2} a^2 T^2 V_0 E_0, \quad (1)$$

где a – линейный коэффициент теплового расширения;

T – температура нагретой части;

V_0 – объем материала, где концентрируется тепло.

$$T = \frac{N t}{c m V_0}, \quad (2)$$

$N = g D^2$ – мощность, переданная охлажденной части слитка,

g – удельная плотность излучения,

t – время нагревания охлажденной части,

c – удельная теплоемкость материала,

m – плотность материала,

V_0 – объем нагретой части куска слитка.

Примем, что

$$V_0 = D^2 \sqrt{\pi a t}, \quad (3)$$

где D – размер куска слитка.

С учетом V_0 (3)

$$T = \frac{g \sqrt{t}}{\sqrt{\pi \lambda c m}}, \quad (4)$$

где λ – удельная теплопроводность слитка металла.

Если нагретый слиток не охлаждать, то он работу не производит, поэтому необходимо охлаждать только части куска слитка, т.е. его поверхность, равная $D\sigma$. Из уравнения $D\sigma = \sqrt{\pi a t}$ определим время нагревания охлажденной части:

$$t = \frac{D^2 \sigma^2}{\pi a} \quad (5)$$

Применив значения V_0 (3) и (4), получается, что нагретая часть куска слитка производит работу:

$$A_T = \frac{a^2 E g^2 D^5 b \sigma^3}{6(1-2\mu)\pi^2 \lambda^2}. \quad (6)$$

Для дробления куска слитка требуется энергия

$$\mathcal{E} = \frac{\sigma^2 k S L}{E \eta_m}, \quad (7)$$

где σ – предел прочности материала на растяжение;

L – параметр дробления;

η_m – к.п.д. механического разрушения;

S – вновь образованная поверхность.

Если $S = D^2 n$, где n – число вновь образованных поверхностей, поэтому

$$\mathcal{E} = \frac{\sigma^2 k L D^2 n}{E \eta_m}. \quad (8)$$

Доля энергии, полученной от нагретой части куска A_T / \mathcal{E} , применяя A (6) и \mathcal{E} (8), получим

$$\frac{A_T}{\mathcal{E}} = \frac{(A E g)^2 D^3 \sigma^3 \eta_m}{6(1-2\mu)(\pi \lambda \sigma)^2 K L n}. \quad (9)$$

Из (9) следует, что обрабатывать целесообразно крупные куски (целый слиток) высокой прочности (н/у и с/у $FeCr$) и применять излучение высокой плотности, каковым является выделяемое тепло нагретым слитком (тепловое излучение) [11]. Равномерную термическую обработку разлитого слитка металла по всему объему можно обработать путем послойной разливки, т. е. методом «плавка на плавку». Охлажденный первый разлитый слой слитка будет охлаждать вновь разлитый слой, а два предыдущих разлитых слоя будут охлаждать только что разлитый третий слой и т. д. Число слоев, т. е. размер разлитого охлажденного слитка будет зависеть от размера приемного зева применяемого дробильного оборудования. Например, для дробилки с приемным зевом 400 x 900 мм, необходимо разлить три слоя по 100 мм каждый, т. е. размер загружаемого в зев дробилки металла составит ~ 300 мм.

При неравномерной термической обработке слитка металла снижение прочности материала возможно по следующим причинам:

– из-за различия коэффициентов теплового расширения элементов;

– из-за различия объемов зерен элементов.

Работа, получаемая от расширяющихся зерен элементов

$$A = \frac{(a_1^2 - a_2^2) \Gamma^2 E (D_1^3 - D_2^3)}{6(I - 2\mu)}, \quad (10)$$

где a_1 коэффициент теплового расширения первого элемента;

a_2 – коэффициент теплового расширения соседнего с первым, второго элемента;

D_1^3 и D_2^3 – объемы этих элементов;

E – среднее значение модуля Юнга материала.

Эта работа расходуется на разрыв связей соседних элементов по границе их соприкосновения:

$$W = \frac{\sigma^2 D^2 L}{E}, \quad (11)$$

где D – размер меньшего элемента.

Используя (1) и (2) получим уравнение закона сохранения энергии:

$$\frac{(a_1^2 - a_2^2) \Gamma^2 E (D_1^3 - D_2^3)}{6(I - 2\mu)} = \frac{\sigma^2 D^2 L}{E}, \quad (12)$$

из которого определим температуру материала, при которой элементы разделяются по границе:

$$T = \left[\frac{6 \sigma^2 D^2 L (I - 2\mu)}{E^2 (a_1^2 - a_2^2) E (D_1^3 - D_2^3)} \right]^{1/2}. \quad (13)$$

Из выражения (13) следует, что температура материала, при которой уменьшается ее прочность, будет меньше для более прочных материалов, при большой разности коэффициентов теплового расширения и объемов этих элементов. Для материалов с крупнозернистой структурой такой способ обработки может дать лучшие результаты, так как потребная температура уменьшается как $1/\sqrt{D}$. Температура обработки материала определяет энергоемкость обработки материала:

$$q = c m T \quad (14)$$

Энергоемкость такой обработки получается более высокой, поскольку ослабление прочности происходит при температуре достаточно высокой от 400°С и выше.

При использовании обоих способов тепло рекуперировано разлитым материалом (металлом). Только это тепло необходимо использовать эффективно. При охлаждении разлитого слитка прочность высокоуглеродистого феррохрома повышается, что способствует при незначительном повышении энергоемкости дробления, снижению мелочи.

Охлажденные элементы слитка могут разрывать связи на границах нагретых и охлажденных элементов, что приводит к уменьшению прочности кусков слитка, уменьшается энергоемкость дробления и расход дробящих плит. Работа нагретых зерен элементов

$$A = \frac{a^2 T^2 D^3 E}{6(1 - 2\mu)}, \quad (15)$$

где D – размер нагретых зерен элементов.

Энергию, которая затрачивается на разрыв связей между зернами, можно определить по формуле (15). Уравнение закона сохранения энергии для этого способа термообработки

$$\frac{a^2 T^2 D^3}{6(1 - 2\mu)} = \frac{\sigma^2 D^2 L}{E}. \quad (16)$$

Из уравнения (16) определяется температура T , после которой можно приступить к охлаждению слитка металла, т.е.

$$T = \left[\frac{6 \sigma^2 L (1 - 2\mu)}{a^2 E^2 D} \right]^{1/2}. \quad (17)$$

Температура нагрева слитка меньше для более прочных материалов, пропорционально отношению σ / E пропорционально $1/\sqrt{D}$, т.е. способ термообработки целесообразно применять для более прочных крупнозернистых материалов.

При дроблении высокоуглеродистого феррохрома образуется до 30% и более некондиционной фракции (мелочи), а при дроблении высокопрочных слитков низко и среднеуглеродистого феррохрома часто отказывают различные узлы и элементы дробильной машины [13]. Для интенсификации и совершенствования процесса дробления высокопрочных слитков металла (феррохрома) предложена технологическая линия для производства ферросплавов, на которую получен инновационный патент Республики Казахстан [12, 13].

Рассмотрим кинетику поверхностной термической обработки слитка металла. Поверхностная термическая обработка осуществляется на одну свободную поверхность (охлажденная часть), через которую в массив слитка металла вводится тепло, т.е. внутренняя энергия нагретого слитка (рисунок). При этом обрабатываемая поверхность S не доходит до границ массива слитка.

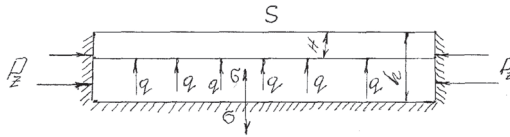


Рисунок - Схема поверхностной термической обработки массива слитка.

Тепловой поток от нагретой части слитка с плотностью мощности $q(\text{Вт}/\text{м}^2)$ распределен равномерно по поверхности S . За время t в слитке прогревается слой толщиной $h \approx \sqrt{\pi a t}$, распределение температуры в этом слое экспоненциальное. Максимальная температура поверхности $T(0, t)$. Распределение температуры описывается формулой

$$T(z, t) = \frac{2g\sqrt{at}}{\lambda} \text{ierfc}\left(\frac{z}{2\sqrt{at}}\right), \quad (18)$$

Средняя температура в этом слое равна T . Нагретый слой свободно расширяется перпендикулярно поверхности S , так как нагрузка в этом направлении P отсутствует, поэтому работу в этом направлении нагретый слой A_2 не производит. Некоторому слою препятствует расширяться параллельно поверхности S охлажденный (не нагретый) массив слитка. В результате нагревания в этом слое возникает напряжение сжатия (или нагрузка P от массива слитка), равная

$$P = aTE. \quad (19)$$

Так как расширению параллельно поверхности S для нагретого слоя возможности нет (слиток находится внутри изложницы), то он деформируется перпендикулярно этой поверхности, такой деформации препятствует сила P_2 – связь этого слоя с массивом слитка, т.е.

$P_2 = y$, где y – предел прочности металлического слитка на растяжение. При достижении работы нагретым слоем, растут трещины параллельно поверхности S и возможен отрыв этого слоя от массива. Следовательно, нагретый слой массива слитка является источником трещины, преобразователем тепловой энергии в работу [14].

Работа, производимая источником трещины:

$$A = \left[\frac{2 a T V_0 P_2}{3} \right] - \left[\frac{P^2 V_0}{3 E_0} \right], \quad (20)$$

где $V_0 = S \sqrt{\pi a t}$, мощность тепла нагретого слоя $N = gS$, $T = Nt/cmV_0$.

С учетом значений P , P_2 , V_0 , N получаем

$$A = \left[\frac{2 a g S \sigma t}{3 c m} \right] - \left[\frac{a^2 E g^2 S t^{3/2}}{3 c m^2 \sqrt{\pi a}} \right]. \quad (21)$$

Закон сохранения энергии для поверхностной термической обработки с учетом A по (21) принимает вид:

$$\left[\frac{2 a g S \sigma t}{3 c m} \right] - \left[\frac{a^2 E g^2 S t^{3/2}}{c^2 m^2 3 \sqrt{\pi a}} \right] = \frac{\sigma^2 k S H}{E}, \quad (22)$$

где H – толщина слоя слитка, отделяющего от массива, слитка (граница трещины).

При выполнении уравнения (22) происходит отделение слоя слитка от массива или образуется трещина.

Из уравнения (22) получаем

$$H = \frac{2 a g t E}{3 \sigma k c m} - \frac{a^2 E^2 g^2 t^{3/2}}{3 \sigma^2 k c^2 m^2 \sqrt{\pi a}}. \quad (23)$$

Из условия $H = 0$, можно определить плотность потока теплового излучения, ниже которой разрушение материала не происходит – минимальная плотность

$$g_{\min} = \frac{2 \sigma c m \sqrt{\pi a}}{a E \sqrt{t}}. \quad (24)$$

$g_{\min} \approx 1 \text{ Вт/см}^2$. Практически это означает при какой температуре слитка можно производить термическое воздействие на слиток.

Выводы. Для снижения прочности низко- и среднеуглеродистого слитка феррохрома, направляемого в зев дробилки, необходимо

предварительно оказывать термическое воздействие на поверхность слитка металла по ходу разливки. Для повышения прочности слитка углеродистого феррохрома термическое воздействие заключается в равномерном охлаждении слитка металла по всему объему до одинаковой температуры.

Список литературы

1 Гладких В.А., Гасик М.И., Овчарук А.Н., Пройдак Ю.С. Проектирование и оборудование электросталеплавильных и ферросплавных цехов. – Днепропетровск: Системные технологии, 2009. – 736 с.

2 Мысик В.Ф., Жданов А.В. Проектирование и оборудование электроферросплавных цехов: учебное пособие / В.Ф. Мысик, А.В. Жданов – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – 526 с.

3 Энергоэффективность и экологичность – будущее мировой ферросплавной промышленности. / Материалы международного ферросплавного конгресса ИНФАКОН – «Сталь», 2015.-№ 9. – С. 18-24.

4 Ярошенко Ю.Г.. Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии черной металлургии: / Ю.Г.Ярошенко, Я.М. Гордон, И.Ю. Ходорковская. Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2012- 670 с.

5 Proceedings of INFACON XIII – TheThirteenth International Ferro Alloy Congress. Efficient technologies in ferroalloy industry. (June 9-12, 2013 – Almaty, Kazakhstan). Vol. I-II.

6 Баранов В.Ф. Обзор дробильного и измельчительного оборудования основных производителей // Обогащение руд., 2012.- №3. – С. 32-38.

7 Кусенова Л.И., Герасимов С.А., Лаптева В.Г.. Износостойкость конструкционных материалов: М.: МГТУ им Н.Э. Баумана, 2011. – 240 с.

8 Сайтов В.И. Условия подобия процессов разрушения горных пород при дроблении и измельчении // Горное оборудование и электромеханика, 2015.- № 1. –С. 25-28.

9 Шишкин Е.В., Сафронов А.Н. Динамика вибрационной щековой дробилки с учетом влияния технологической нагрузки // Обогащение руд, 2016.- № 6.- С. 39-43.

10 Протасов Ю.И. Разрушение горных пород. Издательство Московского государственного горного университета, 2002.–453 с.

11 Кривандин В.А., Арутюнов В.А. и др. Металлургическая теплотехника. Т. 1. Теоретические основы. Учебник для вузов. М: Металлургия, 1986. – 424 с.

12 Кузбаков Ж.И., Франчук В.П., Федоскин В.А. Патент РК № 2013/096.2. Решение № 1142 от 21.07.2014 г. Линия производства феррохрома.

13 Кузбаков Ж.И., Франчук В.П., Федоскин В.А. О применимости энергоэффективного оборудования при производстве ферроматериалов. Труды VIII Международной научно-практической конференции. «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии промышленности» М.: МИСиС, 2016. - С. 86-91.

14 Халкечев Р.К., Халкечев К.В. Управление селективностью разрушения при дроблении и измельчении горных пород на основе методов подобия и размерности динамики трещин // Горный журнал, 2016.- № 6.- С. 64-66.

Кузбаков Ж.И., кандидат технических наук, доцент,
e-mail: flora_karim@mail.ru

С.А. Машеков¹, М.Р. Мауленова¹, А.С. Машекова²,
Э.А. Тусупкалиева¹

¹Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,
Алматы қ., Қазақстан

²Назарбаев Университеті, Астана қ., Қазақстан

БҰРАНДАЛЫ ПІШІНБІЛІК ПЕН БОЙЛЫҚ СЫНАЛЫ ОРНАҚТА ФОЛЬГАҒА АРНАЛҒАН ДАЙЫНДАМАНЫ ЖАЙМАЛАҒАНДА ҚҰРЫЛЫМНЫҢ ҚАЛЫПТАСУ ЭВОЛЮЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

Түйіндеме. Мақалада 2017 алюминий қорытпасына бұрандалы пішінбілікте қаңылтырларды жаймалауда өтім санының, сондай-ақ бойлық-сыналы орнақта жаймалауда бір рет қысу микроқұрылым параметрлеріне әсерін зерттеу қорытындылары келтірілген. Бұрандалы пішінбілікте жолақтарды әр түрлі өтіммен жаймалауда, сондай-ақ 400°C және 450°C деформациялау температурасында бойлық-сыналы орнақта жаймалағаннан кейінгі ультра-ұсақ түйіршікті құрылым өлшемдеріне салыстырмалы бағалау жасалған. Түйіршікті және ақаулы құрылым сипаттамалық параметрлері көрсетілген. 2017 қорытпасының ішкі құрылым эволюциясының жалпы тенденциясы белгіленген. ББ жаймалау процесінде қорытпалық құрылымның параметрлерінің өзгеру сипаты үздіксіз динамикалық рекристаллизация механизміне сәйкес, жаңа нанометрлік өлшемдегі түйіршіктердің қалыптасуын көрсетеді. 2017 алюминий қорытпасынан дайындалған қаңылтыр материалының біркелкі өлшемдері 240 нм шамасында ультра-ұсақ түйіршікті құрылымды қалыптастыруды қамтамасыз етеді. Бұл қорытпаның беріктігі мен илемділік қасиеттерінің жоғарылауына алып келеді.

Түйінді сөздер: алюминий қорытпасы 2017, жаймалау, бұрандалы біліктер, қарқынды пластикалық деформация, бойлық-сыналы орнақ, электронды микроскопия.

• • •

Аннотация. Приведены результаты исследований влияния количества проходов при прокатке полос в винтообразных валках, а также единичном обжатии при прокатке полос на продольно-клиновом стане на параметры микроструктуры алюминиевого сплава 2017. Проведена сравнительная оценка размеров зерен ультрамелкозернистой структуры после прокатки полос в вин-

тообразных валках с различными проходами, а также после прокатки в продольно-клиновом стане при температурах деформирования 400°C и 450°C. Представлены характерные параметры зеренной и дефектной структуры. Установлена общая тенденция в эволюции тонкой структуры сплава 2017. Характер изменения параметров структуры сплава в процессе прокатки в винтообразных свидетельствует в пользу того, что формирование новых зерен нанометрического размера осуществляется в соответствии с механизмом непрерывной динамической рекристаллизации. Показано, что в листовом материале из алюминиевого сплава 2017 обеспечивается формирование однородной ультрамелкозернистой структуры с размером зерна около 240 нм, что приводит к повышению прочностных и пластических свойств сплава.

Ключевые слова: алюминиевый сплав 2017, прокатка, винтообразные валки, интенсивная пластическая деформация, продольно-клиновый стан, электронная микроскопия.

• • •

Abstract. The article presents the results of studies of the influence of the number of passes during the rolling of strips in helical-shaped rolls, as well as single compression when rolling strips on a longitudinal-wedge mill on the parameters of the aluminum alloy 2017 microstructure. A comparative estimation of grain sizes of ultrafine-grained structures after rolling strips in helical-shaped rolls with various passes, and also after rolling in a longitudinal-wedge mill at deformation temperatures of 400 and 450°C is carried out. The characteristic parameters of the structure of grains and defects are given. The general tendency of evolution of the fine structure of alloy 2017 is established. The nature of the change in the structure of the alloy during rolling parameters in a spiral indicates that the formation of new nanometer grains in accordance with the continuous dynamic recrystallization mechanism. It is shown that a sheet material made of an aluminum alloy 2017 ensures the formation of a uniform ultrafine-grained structure with a grain size of about 240 nm, which leads to an increase in the strength and plastic properties of the alloy.

Keywords: aluminum alloy 2017, rolling, screw-like shafts, intensive plastic deformation, longitudinal-wedge mill, electron microscopy.

Қысқашы. Соңғы уақытта ультра-ұсақтүйіршікті (УҰТ) және нанокристалдық (НК) құрылымы бар материалдарды алу соңғы өнімнің қасиеттерін жақсартудың жаңа және болашағы зор тәсілдерінің бірі болып табылады, мысалы фольганың [1]. Мәселен, дәстүрлі ірі түйіршікті материалдармен салыстырғанда, олар беріктігімен қатар жоғары пластикалық қасиетін де сақтай алады. УҰТ немесе НК материалдарын жасау әдістерінің арасында теңқаналды бұрыштық

басу және жоғары қысымда бұрау сияқты қарқынды пластикалық деформацияның (ҚПД) әдістері ерекшеленеді. Ыстықтай (жылы) ҚПД кеңінен таралған схемалары: өндірісте алюминий мен титан қорытпаларынан құймалар дайындауда қолданылатын жан-жақты изотермиялық соққылау және болат құймаларын деформациялауда қолданылатын жылжыта отырып жаймалау болып саналады.

Материалды деформациялық өңдеудің (илемдеу, экструзия) кеңінен қолданылатын технологиясымен салыстырғанда, ҚПД әдістері арқылы әдеттегі термомеханикалық өңдеу арқылы дайындауға болмайтын дененің үлкен бұрыштық шекаралары мен төменгі орналасу тығыздығымен наноөлшемді ұсақ, біртекті, изотропты, теңосьті түйіршікті құрылым алуға мүмкіндік береді. Жоғарыда айтылғандардың негізінде, қазіргі уақытта ҚПД әдістерін жетілдіру ғылыми-зерттеу санатынан тәжірибелік-өнеркәсіптік категориясына өткенін аңғаруға болады. Осыған байланысты, ең алдымен, металдық материалдарда, бірінші кезекте алюминий қорытпаларында УҰТ-ті немесе наноқұрылымды қалыптасуына арналған өнеркәсіптік технологияларды құру өзекті болып табылады.

Дегенмен, ҚПД-ның белгілі әдістері арқылы табақтық материалдарда НҚ немесе УҰТ құрылым алу өте қиын. Сондықтан, қаңылтыр жаймалауда НҚ немесе УҰТ құрылымдарын өндіруге арналған көптеген жобалар ұсынылған [2]. Дегенмен, көптеген біліктер өндірістің күрделілігіне байланысты немесе оларды жаймалау орнақтарына орнату қиындықтарына байланысты өндірісте кеңінен қолданылмайды. Бұл жұмыстың мақсаты – 2XXX алюминий қорытпаларынан бұрандалы пішінбіліктер (ББ) және бойлық-сыналы орнақта (БСО) ҚПД-да фольгаға арналған дайындамалардың құрылымын қалыптастыру эволюциясын зерттеу. Осы жүйелерді таңдау, бірінші кезекте олар көптеген өнеркәсіптік қорытпалардың, соның ішінде фольгаға арналған қорытпалардың негізі болып табылады.

Жабдықтар, материалдар және зерттеу әдістері. Жұмыста бұрандалы жұмысшы беттерінен тұратын біліктері бар құрал әзірленді [3]. Бұл құрал бастапқы дайындаманың геометриялық өлшемдерін өзгертпейді, ҚПД-ны іске асырады және металдар мен қорытпалардан наноқұрылымды дайындама алу мүмкіндігін береді. Айта кету керек, қарама-қарсы орналасқан бұрандалы ойықтар мен дөңестер жоғарғы және төменгі біліктерде сол және оң бұрамалы сызықтар бойымен ор-

наласқан. Біз сондай-ақ жұқа беттер жаймалауға арналған бесқапасты БСО өзiрледiк [4]. Болат пен құймалардан жұқа табақшалар жаймалауға арналған БСО электроқозғалтқыштардан, редуكتورлардан, әмбебап шпиндельдер муфталар, жұмысшы және тіреуші біліктері бар қапастардан тұрады. Осыған сәйкес алғашқы үш қапаста екі, соңғы екі қапаста төрт тіреуші біліктер орналасқан. Жұмысшы біліктерді айналдыру подшипникті қапастар арқылы бес мотор-редуктормен іске асырылады. Оның бұрыштық жылдамдығы $\omega = u \cdot R$ (мұндағы u – орнақтың әр қапасының жаймалау жылдамдығы; R – әр қапастың жаймалау бағытына қарай кішірейіп отыратын біліктер диаметрі).

2017 алюминий қорытпасынан жолақтар жаймалау технологиясын зертханалық жағдайда сынап көрдік. Сынау барысында 2017 алюминий қорытпасынан жасалған қалыңдығы 8 мм алғашқы дайындаманы 400°C та қыздырып 30 мин ұстадық және әр дайындаманы бұрандалы пішінбілікте 4 реттен 7,9 мм қалыңдыққа дейін өткіздік. Одан әрі алынған дайындамаларды тағы да 400°C қыздырып, бұрандалы пішінбілікте 4 рет өткізіп, қалыңдығы 7,7 мм дейін жеткіздік. Содан кейін дайындамаларды тағы да 400°C қа қыздырып бұрандалы пішінбілікте 4 рет 7 мм қалыңдыққа дейін жаймаладық. Соңынан БСО та 400 °C температурады қалыңдығын 1,5 мм дейін тегіс біліктерде жаймаладық. Суықтай жаймалау ДУО 155 жаймалау орнағында 0,1 мм қалыңдығына жүргізілді, соңғы өтімдер жылтыратылған біліктерде екі қабаттап жүргізілді.

Құйма микроқұрылымына сапалық және сандық талдау NEOPHOT 32 (Karl Zeiss, Jena (Германия) металлографиялық микроскопында жүргізілді. Үлгілердің зерттелген беті 14/7 - 1/0 мкм абразивті дисперсиясы бар алмас пасталарында механикалық тегістеуге және жылтыратуға ұшырады. Оптикалық контрастты жасау үшін, үлгілер химиялық Келлер реагентінде уландырылды, %: 1 HF, 1,5 HCl, 2,5 HNO₃, 95 H₂O. Бірінші фазалық бөлшектердің көлемдік үлесі жаймалау жазықтықтағы секцияда (S) олардың әрқайсысында кем дегенде 800 бөлшектердің оптикалық монохромды бейнелерін автоматты түрде талдау арқылы анықталды. Металлографиялық талдау 25 кВ жедел кернеумен JEOL электронды-зондтық микроанализаторға орнатылған JNCAENERGY (Англия) энергетикалық дисперсті спектрометрін пайдаланды. JEOL құрылғысының үлкейту диапазоны 40-тан 40 мыңға дейін.

Электронды микроскопиялық зерттеулер сәуле шашыратқыш (JEOL-2000EX) және сканерлеуші (TESCAN MIRA 3 LMH) электронды микроскоптар бойынша жүргізілді.

ӨЭМ зерттеулеріне арналған нысандар Тенірол-3 құрылғысында бүрікпелі жалтырату әдісімен спиртті (CH₃OH) - 20% азот қышқылы (HNO₃) ерітіндісінде және 20 В кернеумен 28°C температурада жүргізілді. Электронды-микроскопиялық зерттеулердің «жарықта» жоғары ауытқушылығы болғандықтан, статистикалық тұрғыдан сенімді нәтижелер алу үшін әр қорытпаның әрқайсысына кемінде 5 фольга зерттелді. Түйіршіктер өлшемі (ұяшықтар және (суб)түйіршіктер) ӨЭМ микроқұрылым бейнелердегі кездейсоқ қиылысқан сызықтарды сынау әдісімен ұсыныстарға [5] және МЕСТ 21.073.3-75 сәйкес анықталды. Орташа өлшемі (D_{3(C3)}) түйіршіктер мен субтүйіршіктер $D_{3(C3)} = l/m$ формуласымен анықталды. Мұнда, *l* - сызық ұзындығы, мкм, *m* – сызықтың түйіршік және субтүйіршік шекарасындағы қиылысу нүктелерінің саны.

Мәндердің абсолюттік статистикалық қателігі $\varepsilon = t/\sigma(\bar{a})$, ретінде анықталды, мұнда $\sigma(\bar{a})$ - арифметикалық таңдаулардың орта квадратты ауытқуы; *t* - сенім ықтималдығы Р байланысты қалыпты ауытқу.

$$\sigma(\bar{a}) = K \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \bar{a}_i}{n} - a_o^2}, \quad (1)$$

мұнда *n* - үлгілердің саны; \bar{a}_i - әрбір үлгідегі орташа арифметикалық мәндер; a_o - барлық үлгідегі арифметикалық орта; *K* - үлгі өлшеміне байланысты түзету коэффициенті.

Талдаған құрылымдық құрамдастардың саны кемінде 500 болды, бұл өлшеу қателігі 0,9 сенімділік ықтималдылығымен 5%-дан аспайтын болды.

Артық фазалық бөлшектердің химиялық құрамы TЕСCAN MIRA 3 сканерлеуші электрондық микроскопында энергия дисперсті әдісі арқылы анықталды.

Шекараны бағдарлау спектрі, бағдарлаудың орта бұрышының (Θ_{cp}) жоғары бұрыштық шекарасы үлесін, пішіні және түйіршік мөлшерін (D₃) және субтүйіршік (D_{C3}) рекристалданған түйіршіктердің көлемді үлесін (V₃) және т.б. EBSD карта бойынша TЕСCAN MIRA 3 LMH микроскопын қолданып OXFORD HKL тіркеу жүйесін және

CHANNEL5 бағдарламалық пакетін қолданып анықтадық. Зерттелетін аймақтың өлшемі (растр) 0,5 мкм және 70 нм сканерлеу қадамдары 200×150 нүкте болды. Деректерді өңдеу және бұрмалану карталарын құрастыру ұсыныстарды [6-8] және зерттелетін нысанның құрылымдық ерекшеліктерін ескере отырып жүргізілді. Индекстелмеген нүктелер саны 3-4 Кикучи-сызықтарымен талдау кезінде 20%-дан аспады. Айта кету керек, әдебиеттерге сәйкес (мысалы, [6]) мұндай талдау кезінде Кикучи сызықтарының саны кемінде 4-5 болуы керек. Біздің жағдайда нүктелердің 90%-ы 4 сызықпен индекстелді және оларды мәжбүрлеп 5-ке дейін ұлғайту арқылы индекстелмеген нүктелер саны күрт өсті және 50%-дан асты. Оған қатты деформацияланған қорытпадағы бағдарлау нүктелерін тіркеудің қиындығы себеп.

Деректерді өңдеу кезінде стандартты бағдарламасының «Tango» сүзгісі пайдаланылды. Бұл жағдайда индекстелмеген нүктелер біртіндеп көршілес нүктелерге қосылып саны 8-ден 3-ге дейін азайды. Соңғы кезеңде «жалғыз» нүктелер - барлық тараптарда тамаша бағдармен нүктелермен қоршалған түйіршіктер жойылды. Шағын бұрыштыға (ШБ) бағытталу бұрышы 2°-ден көп емес, үлкен бұрыштыға (ҮБ) 15°-көп емес бұрыштар жатқызылады. Түйіршіктер өлшемі «Танго» бағдарламасында балама диаметрді анықтау арқылы қайта жаңартылған EBSD карталарына түйіршік ауданын автоматты түрде есептеу әдісімен анықталды. Субтүйіршік өлшемі сол бағдарламада қиылысу әдісімен жаймалау көлденең және бойлық қимасы бойынша анықталған. Түйіршіктер мен субтүйіршіктер саны есептеу кезінде 500-ден кем болмады, бұл сенімділік ықтималдылығымен 0,9-ға, өлшеу қателігін 5%, асырмай қамтамасыз етті.

Рентгенқұрылымдық талдау (РҚТ) жаймаланған қаңылтырдан өлшемдері 5x5 мм және қалыңдығы 2-ден 0,2 мм үлгілер кесіліп алынды. Үлгілерді кесу кезінде қатаю ықпалын және қыздыру кезінде пайда болған тотыққан қабатты жою үшін үлгілер РҚТ алдында механикалық тегістеуге 14/7 ден 1/0 мкм-ге дейінгі абразивті дисперсиялы алмаз пасталарында жалтыратылды. РҚТ ДРОН-4-07 дифрактометрде Cu-K α сәулесінде 40 кВ кернеуде толқын ұзындығы $\lambda = 1,54418 \text{ \AA}$ 30 мА токта жаймалау жазықтығында жүргізілді. Түсіруді үлгіні түсіру жазығында айналдыра отырып қадам сайын (қадам 0,1° экспозициялау уақыты 4 сек.) дифрагирленген жарық шоғында графитті монохроматор қолдану әдісі арқылы іске асырды [7, 8].

Дифрактограмманы өңдеу және фазалық талдау «Difwin» бағдарламасында жүргізілді. Рентгенограмма көрсеткіштері бұл бағдарламада таза алюминий және оның фазалық құрамдары үшін теориялық есептелген дифрактограммаларды салыстыру жолымен іске асырылды.

Тордың параметрлік өлшемдері a , кристалдық тордың ортақвадраттық микродеформациясы $\langle \varepsilon^2 \rangle^{1/2}$ және когерентті шашырау аймақтарының өлшемі $D_{\text{ОКР}}$ «MAUD» (Materials Analysis Using Diffraction) бағдарламалық кешенінде дифрактограммаларды автоматты түрде толығымен талдау [9] арқылы есептелді [10].

Өлшеу қателігі a , $\langle \varepsilon^2 \rangle^{1/2}$ және $D_{\text{ОКР}}$ тиісінше $\pm 0.0001 \text{ \AA}$, тиісінше 0.001% және 5 нм асқан жоқ. $\langle \varepsilon^2 \rangle^{1/2}$ және $D_{\text{ОКР}}$ эксперименттік алынған мәндеріне сәйкес әр түрлі өңдеуден кейін материалдағы дислокация тығыздығы ρ келесі формуламен есептелген [11]:

$$\rho = 2\sqrt{3} \langle \varepsilon^2 \rangle^{1/2} / D_{\text{ОКР}} \cdot b, \quad (2)$$

мұндағы b – дислокацияның Бюргерс векторы (алюминий үшін, $b = 0,286 \text{ нм}$).

Үлгілердің микроқаттылығын Виккерс әдісімен INSTRON американдық фирмасының автоматтандырылған микроқаттылығын өлшеу құралында 2,942 жұмысшы жүктемесінде және осы жүктемеде 10 с. ұстау арқылы өлшенді. Виккерстің әдісімен микроқаттылық дұрыс төртқырлы пирамида формасындағы алмазды ұштық үлгіге (затқа) Р жүктемені түсіру және жүктемені алған кезде қалған таңбаның диагональдарын d өлшеу арқылы анықталады.

Бұл әдіс жұқа және өте жұқа қабаттардың қаттылығын анықтау үшін пайдаланылады. Материал неғұрлым жұқа болса, соғұрлым жүктеме аз болуы керек. Виккерс қаттылығының өлшемін HV арнайы d өлшемдер таблицасынан анықтауға болады (d таңбаның диагоналі, миллиметр). Идентор ретінде, микроқаттылықты өлшеу кезінде, қарама-қарсы қырларының арасындағы бұрыш 136°C -қа тең дұрыс төртқырлы алмаз пирамида қолданылды. Үлгіге әр 100 мкм сайын таңба қалдырылып отырды. Әр үлгіні өлшеу саны 30-дан кем емес. Микроқаттылық ГОСТ 9450-60 сәйкес келесі формуламен анықталды:

$$H_{\mu} = \frac{P}{S} = \frac{1854P}{d^2} [\text{кгс}/\text{мм}^2] = \frac{18,2 \cdot 10^6 P (\text{кГ})}{d^2 (\text{мм})} [MH / M^2 = MPa], \quad (3)$$

d - таңба диагонали; $S=(d^2/1854)$ - алынған пирамида тәрізді таңбаның бүйір бетінің ауданы.

Статикалық созылуға сынақ бөлмелік температурада «Instron 5982» әмбебап динамометрінде 0,5 мм/мин жылдамдықпен жүргізілді. Сынаққа арналған үлгілер ARTA 120 электрлік ұшқын аппаратымен жаймаланған қаңылтырлардан кесіліп алынды.

Беріктік сипаттамалары (шартты ағым және беріктік шегі, $\sigma_{0.2}$ және σ_B , МПа) және майысқақтығы (салыстырмалы ұзарту, δ , %) ГОСТ 11701-84 сәйкес 0,7×3×9 мм жалпақ үлгілердің созылу қорытындысы бойынша анықталды.

Сынақтар кезінде диаграммалар жүктеме-ауыстыру координаттарында үзбей жазылып отырды. Сынамалар алдында және одан кейін сынақтар ИМЦ 150×50, В (БМИ-1Ц) инструментальды микроскопында жүргізілді. Сенімді нәтижелерді алу үшін әрбір сынақ жағдайына кем дегенде 3 үлгі сыналды.

Механикалық сынаққа дейін үлгілер шынықтыру және одан кейін жасанды ескіртуден тұратын термиялық өңдеуден (ТӨ) өткізілді. Шынықтыру температурасы 450°C, бұл температурада 2 сағат бойы ұстатылып, майда суытылды. Ескірту 120°C температурасында 5 сағат бойы жүргізілді.

Қорытындылар және талқылау. Алғашқы дайындаманың микроқұрылымы ірітүйіршікті болды және қатты созылған қалыңдығы (S_B) 150-260 мкм талшықтардан және ~10% теңосыті рекристалданған (D_3) ~6 мкм ұсақтүйіршіктерден тұрды. Талшықтардың ішіне бірдей (~6 мкм) субтүйіршіктер өлшемі (D_{C3}) және торлы дислокацияның тығыздығы шамалы ($\rho=0,7 \times 10^{12} \text{ м}^{-2}$) полигонизацияланған құрылым болған.

Субқұрылымның болуына байланысты шекаралардың бағытталуы бимодальды орташа бұрышпен (Θ_{cp}) ~21° және жоғары бұрыштық шекаралық бөліктерге (N_{BVG}/N) ~36% бөлінді. Бұдан басқа, матрицаның кристалдық торы да микрокернеудің төменгі деңгейіне ($\langle \epsilon^2 \rangle > 1/2$) – 0,12% және кристалдық тордың бағдарланған бұрыштарына шамамен оншақты бұрыштық минут аймақтарының өлшемін сипаттайтын D_{OKP} ~145 нм салыстырмалы үлкен өлшеміне ие болды. Кристалдық құрылыстың көрсетілген параметрлерінің құрылымы мен мөлшері ыстықтай илемденген табақтық өнімдердің табиғи-жасытылған жағдайына тән екендігін атап өткен жөн.

Бастапқы үлгідегі рентгенограммада үлкен және төмен қарқындылық рефлекстері бар. Бірінші алюминий қатты ерітінді ретінде индекстелді. Екінші $\theta(\text{CuAl}_2)$ және $S(\text{Al}_2\text{CuMg})$ фазаларына жатады және алғашқы үлгідегі металл толығымен ерімеген фаза болғанын көрсетті. Басқа фазалардың, оның ішінде $T(\text{Al}_{20}\text{Cu}_2\text{Mn}_3)$ фазасынан алынған рефлекстер көлемдік үлесінің аздығынан (<5%) және РҚТ әдісінің сезімталдық шегінен тыс жату салдарынан анықталмады [12]. Бастапқы қорытпадан оптикалық металлография (ОМ) және сканерлеуші электронды микроскопия (СЭМ) арқылы морфологиядан ерекшеленетін екі артық фазалардың бөлшектері: ірі кешенді (қаңқалық пішінді) пішіндер мен ұсақ ықшам бөлшектер байқалды. Уландырудан кейін, біріншісі қара, ал екіншісі қара қоңыр болды. Бөлшектердің химиялық анализі мен уландыру деректерін салыстыру оларды тиісінше $(\text{CuFeMn})_3\text{Si}_2\text{Al}_{15}$ және $S(\text{Al}_2\text{CuMg})$ фазасына жатқызуға мүмкіндік берді. Екі фазадағы бөлшектердің жалпы көлемдік үлесі $(11,9 \pm 1,5)\%$ болды.

Бастапқы үлгілерде микроқаттылығы жоғары болды, ал олардың мөлшері 74 ± 6 HV-ден 121 ± 7 HV аралығында өзгерді. Микроқаттылық мәнінің жоғарылауы негізгі легіріленген алюминийдің қатты ерітіндісінің бекітілуінен қатты ерітінділердің беріктелуіне байланысты болуы мүмкін [12]. Алынған мәліметтерді талдау ББ төрт рет өткізу арқылы жаймаланғаннан кейін негізінен талшықты құрылым қалыптасатынын көрсетті, яғни, 2017 алюминий қорытпасының микроқұрылымында бастапқы дайындаманың құрылымы сақталады. ББ жаймалау нәтижесінде металдың талшықтары жолақты формаға түсетіні, яғни ұзындықтың артуы мен қалыңдығының 50-80 мкм-ге дейін төмендеуі аясында олардың жартылай фрагментациясының - жаңа көлденең жоғары бұрыштық шекараларға бөлінетіні байқалды.

Өткізгіш электронды микроскопиядан (ӨЭМ), СЭМ және РҚТ зерттеу мәліметтеріне қарасақ, талшықтар ішінде жоғары дислокация тығыздығы ($\rho = 7,8 \times 10^{14} \text{ м}^{-2}$) біркелкі емес ұяшықты құрылым және шекарасы салыстырмалы біркелкі емес азбұрышты торлары қалыптасқан. Бұл жағдайда, созылған, үздіксіз кішібұрышты шекараны (КБ) жаймалау бағытында көлденең орналасқан, талшықтарды блоктарға және жекелеген субтүйіршіктерге бөлетін, сондай-ақ, осы субтүйіршіктер ішіндегі «жыртылған» АБШ-ны ажыратуға болады. СЭМ деректеріне сәйкес, субтүйіршіктер өлшемі шамамен 1,2 мкм, ал ұяшықтар өлшемі ӨЭМ өлшемімен 0,3-0,5 мкм аз болды. Сонымен қатар,

ӨЭМ суреттері бойынша субқұрылым EBSD карталарына қарағанда біртекті болды. Онда талшық ішінде нашар бағдарланған ұяшықтар шекарасын бөлу салыстырмалы түрде біркелкі болды.

Қызықты факт, жаймаланған қорытпада байқалған дислокация тығыздығы суықтай (бөлмелік температурада) қарқынды пластикалық деформация арқылы алынған нанокристалды металдар мен қорытпалар қатарында болды [13, 14]. Осыған қарамастан, төртөтіммен жаймаланғаннан кейін алюминий қорытпасының құрылымында ӨЭМ контрастында тек өлшемі ~260 нм жеке түйіршіктер байқалды. Ол қасиет қатты деформацияланған тепе-теңдіксіз нанокұрылымға тән, мысалы, бөлмелік температурада жоғары қысымда бұрау арқылы алынған құрылым [15, 16].

Алынған материалдардан көріп отырғанымыздай, ББ жаймалау бұрмалану ауқымын сапалы түрде өзгертпеді - ол бимодальды болып қалды. Дегенмен, бастапқы күйге қарағанда ҮБ үлесі ~ 21% -ға азайып, орташа бағдарлану бұрышы 6° дейін төмендейді. БПБ жаймалау нәтижесінде $D_{\text{окр}}$ мөлшерінің 70-90 нм дейін төмендеуі орын алды, бұл басқа да деформациялық әдістермен алынған наноматериалдарға тән [17]. Жоғарыда сипатталған құрылымдық өзгерістер, әсіресе, қайта бөлу және аннигиляция (динамикалық қайтару) процесінің төмендеуінен болған кристалл құрылысы ақауының тығыздығы жоғары дамыған ұяшықты құрылымының қалыптасуы кристалдық тордағы микрокернеу деңгейінің 0,18% -ға дейін өсуіне жағдай жасады. Микрокернеудің осындай мәні әдетте, бөлме температурасында пластикалық түрде деформацияланған материалдарда кездесетін деңгейден аспайды. Мәселен, жоғары қысымда бұралған мыста, ол тек 0,21% құрады [18].

Өтімдер санының сегізге дейін артуымен талшықтардың әрі қарай қалыптасуы мен бөлінуі, сондай-ақ олардың ішкі құрылымының эволюциясы бақыланды. Осылайша, талшықтар одан да жіңішкерді және олардың қалыңдығы түпнұсқалық үлгідегі қайта кристалданған түйіршіктің диаметріне сәйкес болды. Талшықтардың ішінде тығыздықтың және кіші бұрыштық шекаралардың таралуының біртектілігінің жоғарылауы байқалды. Дегенмен, бұл өзгерістер матрицаның құрылымының барлық бағыланытын параметрлеріне іс жүзінде аз әсер етті. Соның ішінде дислокация тығыздығы шамалы ғана өсті, тек $9,3 \times 10^{14} \text{ м}^{-2}$ дейін. Кіші бұрышты шекаралары басым

кристалл шекараларының бұрмалану спектрі іс жүзінде өзгерген жоқ. Сондай-ақ, ВУГ үлесі мен шекаралардың орташа бағдарлануының бұрышы өзгеріссіз қалды. Аз дәрежеде деформацияланған қорытпамен, осы күйдегі құрылымда да бірдей мөлшерде жеке кристалданған түйіршіктер болды.

ББ сегіз өтіммен жаймалану нәтижесінде қорытпаның құрамында айтарлықтай өзгерістерді екі фактіге ғана жатқызуға болады. Біріншісі - субтүйіршік өлшемінің кішіреюі, ол жаймалану бағытына көлденең бағытта күштірек болды. Сондай-ақ, ұяшықтардың ені мен өлшемдері кішірейді. ӨЭМ және СЭМ зерттеуде ұяшықты құрылымның жолақты сипаты одан да айқын көрінді. Ең кішкентай өлшемдегі ұяшықтарды жылжу жолақтары қалыптастырған болуы керек, ал көрші аймақтарда дислокация тығыздығы аз үлкен теңосьті ірі ұяшықтар байқалды. Жеке ұяшықтар, сондай-ақ жолақтар жаймалау бағытына көлденең созылған сипатта болды. Естеріңізге сала кетейік, бұл созылу негізгі байқау электрондық микроскопия көмегімен жүргізілген жаймалану жазықтығында байқалады.

Сондай-ақ, дислокация тығыздығының шамалы өсуі аясында кристалдық тордың микрокернеуінің деңгейі айтарлықтай артты (~ 0,23%). ББ-те он екі рет өткізу арқылы жаймалау қорытпаның құрылысын сапалы өзгерістерге әкелді. Тағы да жіңішкеленген (қалыңдығы 4-8 мкм құрады) және фрагменттелген талшықтардың пайда болуына байланысты, мөлшері 220 нм теңосьті субтүйіршіктер аймағы және үлесі ~53% тең. Сол өлшемдегі жаңа ұсақ түйіршіктер аймақтарынан тұратын аралас құрылым пайда болды. Осылай бола тұра дислокация тығыздығы өзгермеді, ал ӨЭМ суреттеріндегі түйіршік және субтүйіршік шекаралары айқынырақ және жұқа болды. EBSD карталарына қарасақ, бұл аймақтар кезектесіп, илемдеу бағытына көлденең созылған жолақтар түрінде орналастырылған. Осындай құрылымдағы ВУГ үлесі 83% жетті, шекаралардың орташа бағдарлану бұрышы ~36° болды. Бұл жағдайда шекаралардың бағдарын тарату спектрі теориялық кездейсоқ таралуға жақын максимум шамамен 48° болды.

Осылайша, 2017 алюминий қорытпасында ББ-те 12 рет жаймалау нәтижесінде өлшемдері ~120-360 нм және когерентті шашырау аймағы ~70-80 нм аралас нано(суб)түйіршікті құрылым қалыптасады деген қорытынды жасауға болады. Нанометрлік өлшемдегі кристаллитті ұқсас құрылымдар бөлме температурасында қарқынды пласти-

калық деформацияның жоғары қысыммен бұрау әдісі арқылы зерттеулер мен өңдеулер нәтижесінде алынған [14]. Осы және басқа да зерттеулерді қарастыра отырып, бұрандалы пішінбілікте жаймалау жағдайында 2017 қорытпасынан нанокристалды құрылымының қалыптасуына жауапты процестерді қарастырайық.

ББ-те жаймалау кезінде деформация дәрежесін ұлғайту қорытпа құрылымының түрлену процесін келесі жолмен түсіндіруге болады. EBSD талдау қорытындылары көрсеткендей, жаймалаудың алғашқы сатысында материалды азбұрышты шекаралар торы қалыптасады, деформациялану дәрежесінің өсуімен оның бағдарлануы көбейіп, жаңа нанокристалды құрылым қалыптасып, көпбұрышты шекараға түрленеді. Мұнда қайта кристалданған түйіршіктер үлесі мен жаймалау процесі кезінде дамиды, құрылымдағы орта бұрышты бағдарлар өтім саны артқан сайын көбейіп отыратынын атап айтқан жөн. Ал, ББ-те 12 өтіммен жаймалау және деформациялау процесі кезінде жаңа түйіршіктер өлшемі мүлде өзгермейді ол субтүйіршік өлшеміне сәйкес келеді.

Сонымен қатар, құрылымдық өзгерістердің микрокернеулер деңгейінің өсуі және кейінгі тұрақтануы мен жинақталған дислокацияның тығыздығымен бірге жүреді. Қорытпаның құрылымының параметрлеріндегі осындай өзгерістердің жиынтығы үздіксіз динамикалық рекристаллизация механизміне сәйкес жаңа түйіршіктердің қалыптасуын көрсетеді [19]. Жаңа ұсақ түйіршіктердің қалыптасуы және өсуімен байланысты үзік механизмнің айырмашылығы үздіксіз рекристаллизация - «бірадым» құбылыс болып саналады, яғни, тек жоғары бұрыштық шекаралардың кейінгі көшіруінсіз жаңа түйіршіктердің серпінді есебінен жүзеге асырылады [20]. Жылы немесе ыстық пластикалық деформацияға ұшыраған металдар мен қорытпалар үшін мұндай рекристаллизация кезінде жаңа түйіршіктердің қалыптасуы деформация барысында енгізілген дислокациялық (суб) құрылымдарын түрлендіру нәтижесінде туындайды. Бұл қайта құрылымдау жылдамдығы мен олардың ішіндегі торлық дислокацияның өзара аннигиляциясымен бақыланады, яғни динамикалық қайтарудың жылдамдығымен бақыланады. Тиісінше, жаңа түйіршіктерді қалыптастырудың маңызды шарты - деформация процесінің жоғары термиялық белсенділігі [17]. Жоғары температура аймағында үздіксіз рекристаллизацияның дамуының өзіндік ерекшеліктері бар екенін айта кету керек. Жоғары температурада

динамикалық қайтару жылдамдығы жоғары, ол дислокациялық шекараны диффузиялық етіп, олардың жоғары шекараға түрленуін жеңілдетеді [20]. Осылайша жаңа түйіршіктердің қалыптасу процесі деформация деңгейінің жоғары аймағына «ауысады».

Сондай-ақ, 2017 қорытпасын ББ-те жаймалауда алдымен аз бағдарланған дислокациялық (ұяшықты және / немесе жолақты) кең шекаралы құрылым қалыптасады. Өтім санының артуымен олар жетіле түседі, бірінші сатыда дислокациялық шекаралар жіңішкереді және дислокация тығыздығының жоғарлауына байланысты реттеле түседі. Айта кету керек, қорытпа құрылымында жаңа түйіршік үлесінің өсуі бұрандалы пішінділікте өтімдер санының салыстырмалы түрде үлкен мөлшеріне жеткен кезде ғана байқалады, алайда аз өтімде деформацияланған шекараларының бағдарлануының өсуі айтарлықтай байқалмайды.

Бұл құбылысты көп өтімде құрылым «ақауының» көбеюі салдарынан диффузияның (динамикалық қайту жылдамдығы) артуына байланысты деп есептеуге болады. Осылайша, ББ-те жаймалау кезінде жаңа түйіршіктердің деформациялық қалыптасуы, азбұрышты шекаралар төрт-сегізінші өтімде динамикалық түрде қалыптасады, негізінен термиялық процестермен бақыланатын көп өтім санында динамикалық қайтару мен рекристаллизацияның дамитынын бекітуге болады. Демек, белгілі бір «сыни» деформация дәрежесіне жеткенде, дислокацияның жойылуына және кіші бұрыштық шекаралардың құрылымын жақсартуға алып келетін динамикалық қайтару және рекристаллизация процестері қарқынды дами бастайды. Нәтижесінде, аралас құрылым қалыптасады, онда қайтару немесе қайтару және рекристаллизация басым аймақтарынан тұрады. Бұл жағдайда қалыптасатын түйіршік шекараларының басым бөлігі біркелкі болмайды.

Сонымен қатар, 2017 қорытпасын ББ-те жаймалаудың ҚПД басқа әдісінен айырмашылығы, жаңа бұрыштық шекаралардың пайда болуы және жаңа ультраұсақ түйіршікті құрылымның қалыптасуы эквивалентті жағдай болып саналмайды. Барлық зерттелген деформациялар деңгейінде жоғары бұрыштық шекара жаңа түйіршікке қарағанда тезірек қалыптасты. Мысалы, он екі рет өткізгенде, жоғары бұрышты шекаралардың үлесі ~ 83% болды, ал жаңа түйіршіктердің көлемдік үлесі ~53% -дан аспады. ББ-те жаймалаудың өтімдерінің са-

нына байланысты микроқаттылықты өлшеудің нәтижелерінен белгілі болғаны, қорытпаның микроқаттылығы төрт өтіммен жаймалауда жоғары болады. Жаймалаудың өтімдер санын көбейткен сайын оның қаттылығы, ~160 HV мәніне шамалас аз ғана өзгереді. Микроқаттылықтың деформация деңгейіне мұндай тәуелділігі, алюминий қорытпаларын әртүрлі әдістермен деформациялауда, мысалы, 2024 алюминий қорытпасын ТАББ әдісімен криогенді деформациялағанда көптеп кездескен [14,18], Al-4Zn-2Mg және 6063 изотермиялық жаймалауда [17]. Материалдың құрылымдық элементтерінің ұсақталуы, сондай-ақ оның ұяшықтарының, субтүйіршіктерінің және түйіршіктерінің ұсақталуы сияқты беріктіктің шегіне жету факторлары, микроқаттылық мәнінің тұрақтанғанын дәлелдейді. ББ-те жаймалау тиімділігінің негізгі моменттерінің бірі болып, келесі сұрақтарға алынған жауаптар табылады: деформация кезінде алюминийдің қатты аса қаныққан ерітіндісінің алдын-ала ыдырауы болды ма? Алынған мәліметтерді салыстыру барысында көргеніміз, бұрандалы пішінбілікте ыстықтай деформациялау, материалдағы кристалдық құрылым ақауларынан пайда болған алюминий қатты ерітіндісінің шыңдары айтарлықтай артады.

Сонымен бірге, S және θ негізгі беріктендіруші фазаларында шыңдардың қарқындылығының аз ғана өзгергенін ескере отырып, бұрандалы пішінбілікте ыстықтай деформациялаудың алюминий негізді асақаныққан қатты ерітіндінің қарқынды ыдырауына алып келмейтінін айтуға болады. Аз өтімдермен деформацияның жоғары температурасында және кристалды құрылым ақауларының жоғары тығыздықта құрылымның қалыптасуына қарамастан, бөлме температурасында ТАББ кезінде байқалғандағыдай, динамикалық қайту процесі онша қарқынды өтпеді [14]. Бұрандалы пішінбілікте төрт өтіммен жаймаланған 2017 қорытпасындағы қатты ерітінді, негізгі легірлеуші элементтермен асақаныққан және әрі қарай ескіруге икемді болды. Сонымен бірге, фазалы рентгенқұрылымдық талдау әдісінің [21] сезімталдығы, белгісіз шектеулерге байланысты екінші фазаның аздаған (бірнеше пайызға дейін) үлесі бұрандалы пішінбілікте көптеген өтімдермен жаймалау кезінде қатты ерітіндіден бөлініп шыға алар еді және рентгенограммада түспес еді. Бұрандалы пішінбілікте жаймалау процесіндегі алюминий матрицасының кристалдық торының параметрлерінің өзгеруі осыған дәлел (төмендегіні қара).

ББ жаймалаудан кейінгі артық фазалар морфологиясының өзгеруін зерттеу, жаймалау кезінде фазалар ұсақталғанын көрсетті. $(\text{CuFeMn})_3\text{Si}_2\text{Al}_{15}$ – фазаларының бөлшектері ғана ұсақталып, ал бастапқы ұсақ бөлшектерден тұрған S-фазаларының айтарлықтай кішіреймегеніне назар аудару қажет. 2017 алюминий қорытпасы бөлшектерінің көлемдік үлесі бұрандалы пішінбілікте он екі өтіммен жаймалағанда $(13,3 \pm 0,4)\%$, деформацияланбаған күймен $(12,3 \pm 0,8)\%$ шамалас болды. Алынған мәліметтер, бұрандалы пішінбілікте жаймалау процесінде артық фазалар ерімеді, тек ұсақталды. Соңғысы, көлемдік фазалардың орташа мәнінің төмендеуінің негізгі себебі болуы мүмкін, өйткені, диаметрдегі бөлшектер 1 мкм аз болды және тіркелмеді.

Жұмыста дифрактограмманың толық профиліні талдауы негізінде алынған тор параметрлерінің деформация деңгейінен өзгеру тәуелділігі келтірілген. Материалдар мәліметтерінен, бұл тәуелділіктердің монотонды емес екендігі көрініп тұр. Басында өтімдер саны төртке дейін ұлғайған сайын, қорытпа торының параметрі кенет азаяды. Әрі қарай сегіз өтіммен деформациялау кезінде тор параметрінің шамасы әлсіз өзгереді, ал өтімдер саны он екіге жеткенде, ол қарқынды артады. Тәуелділіктің монотонды емес түрі, 2017 қорытпасын ББ жаймалау процесінде тор параметрінің өзгеру тенденциясын және абсолютті шамасын анықтайтын, бірнеше факторлардың бір уақытта және бірдей емес әсер етуін (вкладе) дәлелдеп тұр. Біздің ойымызша, деформацияның ертеректегі стадияларында тор параметрлерінің азаюы, материалдың құрылымдық ақауының айтарлықтай артуына байланысты. Осыған ұқсас эффект, таза металдарды ҚПД байқалды, мысалы, мыс пен никельде [22], сонымен қатар никельді шарда уатуда [17]. [22] Жұмыс авторлары, тор параметрлерінің азаюы, НК құрылымның қалыптасуына байланысты, түйіршік шекаралары үлесінің айтарлықтай үлкеюі салдарынан серпінді қысу кернеуінде күшті өрістің пайда болуынан деп пайымдайды. Мұндай жағдайда 2017 қорытпасында тек дамыған ұяшықты құрылымның қалыптасуы байқалды. Мүмкін, ұяшық шекаралары, қорытпа торы параметрлерінің шамасына әсер еткен жеткілікті түрде серпінді қысу кернеуінің көзі болып табылар.

ББ он екі өтіммен жаймалаудан кейін байқалған тор параметрлерінің үлкеюі, кернеуде көрсетілген релаксация процестерімен байланысты. Ұяшықта бағытсыздалған және жетілген аса жіңішке шекаралардың қалыптасуымен дислокациялық құрылымның қайта

құрылуын бақылау, тор параметрлерінің үлкеюіне алып келетін негізгі процесс болып табылады.

Жұмыста бөлшектердің сандық сипатын зерделеу екі құрылымдық деңгейде жүргізілді, яғни мезодеңгейдегі РЭМ әдісі және микродеңгейдегі ӨЭМ әдісі. Мезодеңгейдегі бастапқы үлгіде, 7 мкм дейінгі өлшемді ірі бөлшектер байқалды, сонымен бірге, ірі бөлшектердің ықтимал өлшемі 3 мкм құрады, бөлшектердің орташа арақашықтығы - $21,0 \pm 0,3$ мкм. Микродеңгейдегі майда бөлшектердің ықтимал өлшемі 2-12 нм аралығында жатыр, бөлшектердің орташа арақашықтығы 132 ± 7 нм. Осылайша, бастапқы дайындама, ірі (7 мкм дейін) және майда (2-12 нм) бөлшектерден тұратын белгілі бір концентрациялы қатты ерітінді (ҚЕ) ірітүйіршікті құрылым болды. Жоғарыда айтылғандай, ББ он екі өтіммен жаймалау түйіршігінің өлшемі 120-360 нм болатын ультраұсақтүйіршікті құрылымның қалыптасуына алып келді. Түйіршіктердің мұндай ұсақталуы жинақталған деформацияға ықпал ететін бөлшектердің болуымен байланысты.

Әртүрлі өтімдермен ББ жаймалаудан кейін РЭМ-да зерделенетін мезодеңгейдегі бөлшектердің өлшемдерін және таралуын зерттеу нәтижелері жинақталған деформацияның көбеюімен бөлшектердің орташа арақашықтығы 21-ден 14 мкм-ға дейін азаяды, ол бөлшектердің тығыздығының шамамен 2 есеге ұлғаюына сәйкес келеді. Бұл бөлшектердің эволюциясын анықтайтын процестердің бірі – ірі бөлшектердің механикалық фрагментациясымен түсіндіріледі. Біздің ойымызша 2017 қорытпасында, бөлшектердің механикалық ұсақталуы жүретін, алюминий матрицасы және бөлшектер арасындағы ең кем дегенде біреуі сәйкес келетін жазықтығы бар.

Әртүрлі өтімдермен ББ жаймалаудан кейін ӨЭМ-да көрінетін бөлшектердің өлшемдерін және таралуын зерттеу нәтижелері, жинақталған деформацияның көбеюімен бөлшектердің орташа арақашықтығы 132-ден 70 нм дейін екі есе азаяды, ол бөлшектердің тығыздығы 10 нм шамасында 4 есеге ұлғаюына сәйкес келеді. Таралу тығыздығы, көбіне ұсақ бөлшектер жағына жылжиды, сондықтан, процестің тиімді түсіндірмесі механикалық фрагментация болып табылады. Өйткені деформациялау кезінде ірі бөлшектер үлкен механикалық кернеулерге ұшыраған/шалдыққан, ал олардың еру мүмкіндігі ұсақ бөлшектерге қарағанда аз. Осылайша, ұсақ бөлшектер ірі бөлшектердің фрагменттері болып табылады деп болжауға

болады. Алайда, зерттеудің аталған кезеңіне, яғни ыдыраудың деформациялы-ынталандыру және бөлшектердің деформациялық-индукциялық еруінің бөлшектердің эволюциясына әсер ететін басқа екі процесс болмайды деп айта алмаймыз.

ББ және БСО ыстықтай жаймалаудан тұратын кешенді ҚПД екінші фаза бөлшектер ансамблінің эволюциясына әсерін зерттеу, ББ он екі өтіммен және БСО жаймалап өндегеннен кейін бөлшектердің орташа өлшемі 53 ± 7 нм құрағанын көрсетті, айрықша ықтимал мәндер 30-40 нм диапазонында жатты, мұндай өлшемді бөлшектер жалпы санның 75% құрады. Бөлшектердің арақашықтығы орташа есеппен 730 ± 20 нм дейін ұлғайды, яғни бөлшектердің тығыздығы 2 есе кішірейді. Сонымен қатар, құрамы мен морфологиялық белгілерімен топтастырылған бөлшектерінің орташа өлшемі әртүрлі өзгереді. Кешенді деформациялық өндеу шыбық тәрізді бөлшектердің орташа өлшемін 74 ± 3 нм, ал дөңгелекке 55 ± 6 нм дейін арттыруға алып келеді. 123 ± 3 нм орташа мөлшерде ірі алты қырлы бөлшектер пайда болады. Квадрат тәрізді бөлшектерінің өлшемдері өзгермейді және үшбұрышты және сопақ формалы бөлшектердің мөлшері тиісінше 42 ± 3 және 31 ± 8 нм-ге дейін төмендейді.

Екінші фазалардың бөлшек өлшеміндегі бақыланған өзгерістер екі кинетикалық процестің бір мезгілде пайда болуын растайды: ТП деформация-ынталандырылған ыдырауы және екінші фазалардың бөлшектерінің деформациядан еруі. ТП-ның ыдырауы алты бұрыш алюминий-мыс бөлшектерін бөлінуіне, таяқшалы және дөңгелек бөлшектердің іріленуіне әкелді. Екінші фазалардың бөлшектерінің деформациядан кейінгі еруі нәтижесінде үшбұрышты және сопақ бөлшектердің орташа мөлшері 41 нм-ге дейін төмендейді.

Кешенді деформациядан кейін бөлшектердің тығыздығының бастапқы күйіне қарағанда екі есе азаятындығын ескерсек, екінші фазалардың бөлшектерінің деформация-индуцирленген еруі ҚЕ деформация-стимуляцияланған ыдыраудан басым процесс болып табылады деп болжауға болады. Бөлшектердің деформация-индуцирленген еруі бөлшектердің және дислокацияның өзара әрекеттесуінен болады. Бұл факт ӨЭМ-та алынған микрофотографияларда жақсы көрінеді. Алайда, мұндай құрылым құрудың басты себебі не екені ашық сұрақ болып қалады. Құрылымда бөлшектер дислокация жинақталған және дислокация қабырғалары

қалыптасқан орындарда орналасқан аймақтар байқалады. Екінші фаза бөлшектерінің дислокациямен әрекеттесу заңдылығы тіптен түсініксіз. Екінші фаза бөлшектері жинақталған жерде дислокация ішкі кернеу әсерінен болуы мүмкін. Бірақ, екінші фазалардың бөлшектерін бөлу процесі дислокацияның жинақталу аймағындағы ҚЕ деформация-стимулирленген ыдырауы нәтижесінен де болуы мүмкін. Сонымен қатар, құрылымда бөлшектер дислокациясы қозғалысының тоқтатқышы болатын аймақтарды да көруге болады - Эгон Орован сипаттаған механизмге сәйкес дисперсиялық беріктіліктің үлгі көріністерінің иллюстрациясы. Бұл жағдайда дислокация қозғалысын бөлшектер тежейді.

Түйіршік шекараларында да бөлшектер байқалады. Мұнда бөлшектердің және дислокацияның өзара әрекеттесуінің сипаты туралы мәселе пайда болады. Бір жағынан, ҚПД сатысында бастапқыда азбұрыштық шекара пайда болатын қабырға пайда болады, содан кейін ҚЕ деформация-стимулирленген ыдырауы нәтижесінде екінші фазалардың бөлшектері бөлінеді. Екінші жағынан, дислокацияның қозғалысы екінші фазалардың тығыз орналасқан бөлшектерінің қабырғасы арқылы тоқтатылуы мүмкін - Орован бойынша беріктікті күшейту механизмін жүзеге асыру [23]. Әдебиеттерде ҚПД -да бөлшектердің еру механизмі туралы болжамдар бір немесе басқа тәсілмен олардың кейбір механикалық түрленуін ұсынады: дислокациямен саты қалыптастыру арқылы кесу, тежелген қозғалыс (бір жағында саты және бөлшектердегі ішкі кернеудің қалыптасуы), дислокацияның жиналуынан пайда болған кернеудің әсерінен квазисынғыш бұзылу, тежелген бөлшектер, сондай-ақ жоғарыда айтылған процестердің бөлшектердің тұрақтылығын жоғалтуға әкелуі және онда кернеу концентраторын жасаушылар [23]. Кез келген жағдайда, бөлшектен немесе механикалық фрагменттеу нәтижесінен алынған оның фрагменттерінде, қисық шағын радиусы бар беттің бөліктері атом деңгейінде өте қатты - беттік бөліктер пайда болады. Мұндай аймақтардың жанында Гиббс-Томсон теңдеуіне сәйкес, қатты ерітіндінің жергілікті тепе-теңдік концентрациясы үлкен көлемнен әлдеқайда жоғары болады. Нәтижесінде жартылай фрагменттердің еруі мүмкін болады. ҚПД кезінде бос орындар мен дислокацияның жоғары динамикалық тығыздығы легірлеу элементтерінің атомдары көлеміне жылдамдықтың диффузиясына ықпал етеді.

Мұндай еріту механизмі тепе-теңдік диаграммаларына қайшы келмейді, олар үшін шамалы қисық беттер іс жүзінде жазық деп есептеледі. Мүмкін, атом бөлшектерінен ажыратуға көмектесетін дислокация ядроларының жанында пайда болатын ірі жергілікті серпінді кернеулердің әсері болуы мүмкін. Бұл жұмыста бөлшектердің еру механизмі арнайы зерттелмеген, себебі бұл бөлек күрделі мәселе, бірақ бөлшектердің қатысуымен процестердің реттілігін сипаттау механизмі бөлшектердің механикалық фрагментациялануы ерудің бас-тапқы сатысында маңызды фактор болып табылады.

БСО-та суық илемдеуді қосқанда комплекстік ҚПД-дан кейінгі құрылыстың фрагменттерінің соншалықты қатты жіңішке жолақтарға созылғандықтан, оның бойлық өлшемін бағалау мүмкін болмады, көлденең өлшемі шамамен 70-120 нм құрады. EBSD талдауында бағдарлану бұрышының көпшілігі бес градустан артық екенін көрсетті. Үлкен бұрыштық шекаралардың басым бөлігі материалдағы фрагментті нанокристалдық құрылымның қалыптасқанын көрсетеді. ББ және БСО-та жаймалау әдісімен 2017 қорытпасын өңдегеннен кейінгі алынған беріктік мәні, сондай-ақ кейінгі термиялық өңдеу арқылы қаттылықтың өзгеруімен жақсы келіседі. Механикалық қасиеттері 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1 - 2017 қорытпасының бөлмелік температурадағы механикалық қасиеті

Өңдеу	σ_B , МПа	$\sigma_{0.2}$, МПа	δ , %
ББ ыстықтай 12 өтіммен жаймалау +БСО+БСО суықтай жаймалау + термоөңдеу (жоғ. қараңыз)	394	202	27
Бастапқы үлгіні стандартты беріктендіруші термоөңдеу: 540°C-та жұмсарту, бөлмелік температурада суда суыту + 160°C ескірту, 12 сағат	345	180	14

ББ пен БСО-та өңдеуден кейінгі беріктік сипаттамаларының айтарлықтай өсуімен қатар материал аса илемділік қасиетін көрсетеді. Әдеттегі термиялық беріктенген алюминий қорытпаларын термоөңдеу олардың беріктігін арттырғанымен илемділік қасиетін төмендететіні белгілі. Біздің зерттеуімізде алдын-ала ББ өңделген УҰТ қорытпаны қосымша термоөңдегенде беріктік және илемділік

қасиеттерінің бір мезгілде жоғарылайтыны анықталды. Осындай әсерге жету ББ жаймалау сияқты ҚПД өңдеу әдісін қолдануға байланысты мүмкін болды. Атап айтқанда, деформациялық әсер ету ұзақтығы дәстүрлі ҚПД әдістерімен салыстырғанда 4 еседен аса қысқарды. Сонымен қатар, УҰТ құрылым қалыптастырумен бірге термоөңдеуде дисперсті беріктендіру арқылы беріктікті арттыруға кепілдік беретін қатты ерітіндіні сақтайды.

Қорытынды.

1. ББ жаймалау кезінде қалыптасатын 2017 қорытпасының микроқұрылымы бастапқы дайындама құрылымын иеленеді және талшықты болып қалады. Өткізу санын көбейту кезінде талшықтардың қалыңдығы кішірейеді, ұзындығы артады, артық фазалардың жоғарылауы байқалады. Үлгілердің формаларын өзгертуге негізделген геометриялық эффект қорытпаның түйіршікті құрылымының эволюциясында басым рөл атқарады. Соның салдарынан ББ ыстықтай жаймалау кезінде көптеген түйіршіктердің деформациясы салыстырмалы түрде біркелкі жүзеге асырылады.

2. 2017 қорытпасының жұқа құрылымының эволюциясы кезінде жалпы үрдіс белгіленді. Біріншіден, кең шекаралы аз бағдарланған дислокациялық (ұяшықты) жолақты құрылым қалыптасады. Одан кейін олардың құрылымы жақсарады, бірінші кезеңде олардың қалыңдығының кішіреюі мен дислокация қалыңдығының артуы салдарынан дислокациялық шекарасының қалыңдығы жіңішкереді және реттеледі. Белгілі бір «сыни» деформация дәрежесі және тиісінше дислокация құрамдарының жоғары тығыздығына жеткен кезде динамикалық қайтару және динамикалық қайта кристалдану процестері қорытпада белсені бастайды. ББ жаймалау процесінде қорытпалық құрылымның параметрлерінің өзгеру сипаты үздіксіз динамикалық қайта кристалдану механизміне сәйкес жаңа нанометрлік өлшемдегі түйіршіктердің қалыптасуын көрсетеді.

3. 2017 қорытпасының бастапқы дайындамасын ББ 12 өтіммен жаймалау электрондық-микроскопиялық контрастты ҚПД материалдарына тән қайта кристалданған түйіршіктер (240 нм) аралас наноқұрылымды қалыптастыруын қамтамасыз етеді.

4. ББ ыстықтай деформациялау алюминийден бұрынғы қатты ерітіндінің айтарлықтай ыдырауы және оның өнімдерінің қалыптасуы арқылы анықталған рентгендік дифракция әдістерінің айтарлықтай

ыдырауымен қарқынды ескірту туғызбайды. Он екі өтіммен ББ жай-малағаннан кейін, қатты ерітінді негізінен қорытпалық элементтермен алмастырылады және кейіннен ескіруге қабілетті болады.

5. 2017 қорытпасын ББ ыстықтай жаймалау, артық фазалардың бөлшектерінің көлемдік үлесін өзгертпестен, айтарлықтай ұсақталуына көбінесе ірі фазалық бөлшектермен $(\text{CuFeMn})_3\text{Si}_2\text{Al}_{15}$ әкеледі. Т фазалар тиімді бағдарға ие болады және жаймалау бағытымен сызықтар түзіп орналасады

6. 2017 алюминий қорытпасында ББ-те жаймалағанда, қорытпа матрицасындағы дислокация тығыздығының 8-9-ға дейін $\sim 8 \times 10^{14} \text{ м}^{-2}$ деңгейіне дейін өсуіне алып келеді. Бұл кристалдық тордың микрокернеуінің ұлғаюымен бірге ОКР мөлшерінің екі есе азаюына әкеледі. Бұл жағдайда матрицаның торлы параметрі монотонды өзгермейді: алдымен ол күрт төмендейді, содан кейін жоғарылап максималды берік ескірілген деформацияланбаған қорытпаның мәндеріне жақындайды.

7. Мезодеңгейдегі (микрон өлшемді бөлшектер) дисперсті бөлшектердің бақылау ББ жаймалау кезінде бөлшектердің арасындағы қашықтық 21-ден 14 мкм-ге дейін төмендегенін көрсетті, бұл бөлшектердің тығыздығын шамамен екі есе көбеюімен сәйкес келеді.

8. Микродеңгейдегі бөлшектердің сандық сипаттамаларын талдау (нанометрлік өлшемді бөлшектер) жинақталған деформацияның жоғарылауымен бөлшектердің арасындағы орташа қашықтық 132-ден 70 нм-ге дейін екі есе азаяды, бұл бөлшектердің тығыздығы 10 нм-ге шамамен 4 есе артуына сәйкес келеді.

Мақала «Бұрандалы пішінбілік пен бойлық сыналы орнықты біріктіріп фольганы жаймалағанда алюминий қорытпасынан жасалған қаңылтырлы дайындаманың құрылысы мен қасиеті» атты диссертациялық жұмысын орындау барысында Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінде жазылды.

Әдебиеттер

1 Структурные изменения в алюминиевых сплавах при интенсивной пластической деформации / А.А. Мазилкин, Б.Б. Страумал, С.Г. Протасова, О.А. Когтенкова, Р.З. Валиев // Физика твердого тела, 2007, том 49, вып. 5. – С. 824 – 829.

2 Трайно А.И., Полухин В.П., Николаев В.А. Интенсивные макросдвиги как нетрадиционное средство обеспечения высокого качества листового проката // Металлург, 2011, №5. С. 57 – 63.

3 Инструмент для горячей прокатки металлов и сплавов / С.А. Машеков, Б.Н. Абсадыков, Л.А. Курмангалиева и др. // Патент РК № 16804 Оpubл. 16.01.2006, Бюл. № 1. – 2 с.: ил.

4 Машеков С.А., Машекова А.С., Нугман Е.З. и др. Многофункциональный продольно-клиновый стан для прокатки листов из сталей и сплавов // Патент РК № 31750.2016. БИ №18.

5 Салтыков, С.А. Стереометрическая металлография / С.А. Салтыков. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Metallurgy, 1970. – 376 с.

6 Humphreys, F.J. Grain and subgrain characterization by electron backscatter diffraction / F.J. Humphreys // Journal of Materials Science. – 2001. – V. 18. – P. 3833-3854.

7 Humphreys, F.J. Characterization of fine-scale microstructures by electron backscatter diffraction (EBSD) / F.J. Humphreys // Scripta Materialia. – 2004. – V. 51. – P. 771-776.

8 Метод дифракции отраженных электронов в материаловедении; под ред. Шварца А., Кумара М., Адамса Б., Филда Д. – М.: Техносфера, 2014.–544 с.

9 Rietveld, H.M. A profile refinement method for nuclear and magnetic structures / H.M. Rietveld // Journal of Applied Crystallography. – 1969. – V. 2. – P. 65–71.

10 MAUD [Электронный ресурс] / Materials Analysis Using Diffraction, ред. L. Lutterotti; - Электрон. дан. - Trento.: University of Trento, 2015 - Режимдоступа: <http://maud.radiographema.com>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. англ.

11 Мурашкин, М.Ю. Особенности структуры и механические свойства алюминиевого сплава 6061, подвергнутого обработке равноканальным угловым прессованием в параллельных каналах / М.Ю. Мурашкин, Е.В. Бобрук, А.Р. Кильмаметов, Р.З. Валиев // Физика металлов и материаловедение. – 2009. – Т. 108. – № 4. – С. 439-447.

12 Panigrahi, S.K. Development of ultrafine-grained Al 6063 alloy by cryorolling with the optimized initial heat treatment conditions / S.K. Panigrahi, R. Jayaganthan // Materials & Design. – 2011. – V. 32. – P. 2172-2180.

13 Kobayashi, C. Ultrafine grain development in copper during multidirectional forging at 195 K / C. Kobayashi, T. Sakai, A. Belyakov, H. Miura // Philosophical Magazine Letters. – 2007. – V. 87. – P. 751-766.

14 Утяшев Ф.З. Деформационные методы получения и обработки ультрамелкозернистых и наноструктурных материалов / Ф.З. Утяшев, Г.И. Рааб. – Уфа.: Гилем, НИК «Башкирская энциклопедия», 2013. – 376 с.

15 Gourdet, S. An experimental study of the recrystallization

mechanism during hot deformation of aluminium / S. Gourdet, F. Montheillet // Materials Science and Engineering A. – 2000. – V. 283. – P. 274-288.

16 *Gubicza, J.* Microstructure of ultrafine-grained fcc metals produced by severe plastic deformation / J. Gubicza, N.Q. Chin, G. Krallics, I. Schiller, T. Ungar // Current Applied Physics. – 2006. – V. 6. – P. 194-199.

17 *Крымский, С.В.* Структура алюминиевого сплава Д16 прокатанного с различной степенью / С.В. Крымский, Е.В. Автократова, О.Ш. Ситдииков, А.В. Михайловская, М.В. Маркушев // Физика металлов и металловедение. – 2015. – Т. 116. – № 7. – С. 714-723.

18 *Zhang, K.* Structural characterization of nanocrystalline copper by means of X-ray diffraction / K. Zhang, K. Lu, I.V. Alexandrov, R.Z. Valiev // Journal of Applied Physics. – 1996. – V. 80. – P. 5617-5624.

19 *Jazaeri, H.* The transition from discontinuous to continuous recrystallization in some aluminium alloys: I – deformed state / H. Jazaeri, F.J. Humphreys // Acta materialia. – 2004. – V. 52. – P. 3239-3250.

20 *Sakai, T.* Dynamic recrystallization: mechanical and microstructural considerations / T. Sakai, J.J. Jonas // Acta Metallurgica. – 1984. – V. 32. – P. 189-209.

21 *Горелик, С.С.* Рентгенографический и электронно-оптический анализ: учебное пособие для вузов / С.С. Горелик, Ю.А. Скаков, Л.Н. Расторгуев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МИСИС, 2002. – 360 с.

22 *Валиев, Р.З.* Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией / Р.З. Валиев, И.В. Александров. – М.: Логос, 2000. – 272 с.

23 *Готтштайн, Г.* Физико-химические основы материаловедения / Г. Готтштайн. – М.: Бином, 2011. – 400 с.

Машеков С.А., доктор технических наук, профессор, e-mail: mashekov.1957@mail.ru

Мауленова М., докторант, e-mail: maulnova_m@mail.ru

Машеков А.С., ассистент преподавателя

Тусупкалиева Э. А., докторант, e-mail: elatus78@mail.ru.

*Е.Н. Платонова¹, А.Ш.Сыздыкова², С.А. Гученко², О.Н. Завацкая²,
С.С. Касымов², В.Ч. Лауринас², В.М Юров²*

¹Карагандинский государственный технический университет,
г.Караганда, Казахстан

²Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова,
г. Караганда, Казахстан

КОРРОЗИОННО-СТОЙКИЕ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Аннотация. В работе приводится краткий обзор ранее выполненных исследований и получены новые результаты по многоэлементным упрочняющим и коррозионно-стойким покрытиям. Для исследования покрытий использовались современные методы оптической, электронной и атомно-силовой микроскопии, рентгеноструктурного анализа, наноиндентирования. Обнаружено, что покрытие 12X18H10T+Ti, полученное в среде азота, имеет твердость 35,8 ГПа. Сверхтвердая пленка Ti-Si-N имеет твердость 28,4 ГПа. Такое покрытие может использоваться для упрочнения инструментальной стали во многих производственных процессах. Обнаружено, что покрытие 12X18H10T+Cu, полученное в среде аргона, имеет коррозионную стойкость в 20 раз выше, чем у стали 45. Температура рекристаллизации такого покрытий на 300°С выше, чем у стали 45. Такое покрытие может быть использовано для увеличения ресурса работы деталей тепловых электростанций. Синтез покрытий проводился на основе теоретических представлений о связи поверхностной энергии со свойствами покрытий. Такая модель предложена впервые.

Ключевые слова: покрытие, коррозия, твердость, катод, микроскопия.

• • •

Түйіндеме. Мақалада бұрын жүргізілген зерттеулерге қысқаша шолу жасалған және көп элементтегі беріктендіру және коррозияға төзімді қаптамалар бойынша жаңа нәтижелерге қол жеткізілген. Қаптамаларды зерттеу үшін оптикалық, электронды және атомдық күштік микроскоптың, рентгендік құрылымдық талдаудың, наношегіністің заманауи әдістері қолданылған. Азот ортада алынған 12X18H10T+Ti қаптамасы 35,8 ГПа қаттылыққа ие екендігі анықталды. Супер-қатты Ti-Si-N пленкасы 28,4 ГПа қаттылыққа ие. Мұндай

Работа выполнена по программе МОН РК. Грант № 0118PK000063.

қаптама көптеген өндіріс процестерінде аспаптық болатты нығайту үшін пайдаланылуы мүмкін. Аргон ортасында алынған 12X18H10T+Cu қаптама-сы болат 45-ке қарағанда 20 есе жоғары коррозияға төзімділікке ие екендігі анықталды. Мұндай қаптамалардың қайта кристалдану температурасы 45 болатқа қарағанда 300°C жоғары болады. Мұндай қаптама жылу электр станцияларының бөліктерінің пайдалану мерзімін ұзарту үшін пайдаланылуы мүмкін. Қаптамаларды синтездеу беттік энергияны жабу қасиеттерімен бірге теориялық тұжырымдамалар негізінде жүзеге асырылды. Бұл модельді біз бірінші рет ұсынып отырмыз.

Түйінді сөздер: қаптама, коррозия, қаттылық, катод, микроскопия.

• • •

Abstract. The paper gives a brief overview of earlier studies and obtained new results on multi-element hardening and corrosion-resistant coatings. In order to study coatings, modern methods of optical, electron and atomic force microscopy, X-ray diffraction analysis, and nanoindentation were used. It was found that the 12X18H10T+Ti coating produced in a nitrogen medium has a hardness of 35.8 GPa. The super-hard Ti-Si-N film has a hardness of 28.4 GPa. Such a coating can be used to harden tool steel in many production processes. It was found that the 12X18H10T+Cu coating obtained in the argon medium has a corrosion resistance 20 times higher than that of steel 45. The recrystallization temperature of such coatings is 300°C higher than that of steel 45. This coating can be used to increase the service life details of thermal power plants. Synthesis of coatings was carried out on the basis of theoretical concepts of the connection of surface energy with the properties of coatings. This model was proposed by us for the first time.

Keywords: coating, corrosion, hardness, cathode, microscopy.

Введение. В популярной книге Гройссмана А. «Коррозия для всех» [1] отмечается, что первое научное исследование коррозии было проведено еще в 1788 г.! Сейчас, спустя 230 лет, наука о коррозии, как и многие другие, превратилась в междисциплинарное направление. Помимо традиционных наук, таких как металлургия, физика металлов, химия, материаловедение, появились новые направления – синергетика, нанотехнологии. Всё большее внимание уделяется поверхностным явлениям, протекающим на границе раздела фаз и затрагивающих тонкие приповерхностные слои. Исследование поверхности, на которой и разыгрываются коррозионные процессы, начато сравнительно недавно после создания

атомно-силовой, туннельной микроскопии, растровой электронной микроскопии высокого разрешения, достижения высокого и сверхвысокого вакуума. Практически все современные представления о коррозии и методах борьбы с нею отражены в монографиях [1-9]. За последние годы стали развиваться такие направления как высокотемпературная, радиационная и др. виды коррозии. В Казахстане актуальна борьба с коррозионными процессами в угольных шахтах из-за высокой агрессивности шахтных вод [10,11], на нефтяных трубопроводах, из-за наличия микроэлементов [12,13], на тепловых электростанциях, из-за тепловых нагрузок на оборудование и трубопроводы [14].

В настоящей работе обсуждаются вопросы защиты от коррозии горно-шахтного оборудования, энергетического оборудования ТЭЦ, нефтяных трубопроводов и т.д.

Методы исследования. Ионно-плазменные покрытия наносились на установке ННВ-6.6ИИ на модельные образцы и на реальные детали. Использовались композиционные катоды Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al, Fe-Al, Zn-Al и др. Использовалось также одновременное распыление катодов 12X18H10T и катодов Cu, Al, Zr и др. В исследованиях использовался оптический металлографический микроскоп «Эпиквант». Электронно-микроскопическое исследование проводилось на растровом электронном микроскопе MIRA 3 фирмы TESCAN. Микроскоп оснащен системой детекторов, которые регистрируют различные сигналы, образующиеся в результате взаимодействия пучка электронов с поверхностью образца. Детектор вторичных электронов (SE – Secondary Electrons) позволяет получать изображения с топографическим контрастом. А система рентгеновского энергодисперсионного микроанализа X-Act (Oxford Instruments) позволяет локально определять элементный состав на поверхности образца. Исследование фазового состава и структурных параметров образцов проводилось на дифрактометре XRD-6000 на $\text{CuK}\alpha$ -излучении. Анализ фазового состава, размеров областей когерентного рассеяния, внутренних упругих напряжений ($\Delta d/d$) проведен с использованием баз данных PCPDFWIN и PDF4+, а так же программы полнопрофильного анализа POWDER CELL 2.4. Измерение толщины покрытий проводилось с помощью

многофункционального растрового электронного микроскопа с интегрированной системой фокусированного ионного пучка Quanta 200 3D. Для исследования поверхности покрытий в наномасштабе использовался атомно-силовой микроскоп NT-206. Микротвердость определялась на микроскопе HVS-1000A. Для определения нанотвердости полученных покрытий использовалась зондовая лаборатория Ntegra с индентором Берковича. Коррозионная стойкость покрытия определялась по ГОСТ 9.908-85 по потере массы покрытия (сплошная коррозия).

Результаты исследования. В качестве примера на рисунке 1 показано изображение, полученное на растровом электронном микроскопе (РЭМ) покрытия 12X18H10T+Ti.

Здесь, как и в случае карбида титана, наблюдается значительная дислокационная структура, которая свидетельствует о больших внутренних напряжениях, возникающих при осаждении покрытий. На рисунке 2 представлены рентгенограммы покрытий, а в таблице 1 их фазовый состав. В газовой среде аргона структура покрытия значительно изменяется. На рисунке 3а показана микроструктура покрытия 12X18H10T+Ti в газовой среде аргона, а на рисунке 3б - его поперечное сечение. В таблице 2 показан элементный состав.

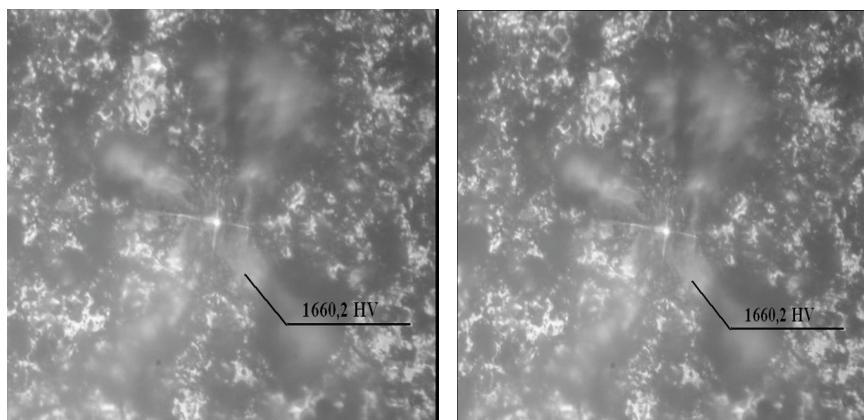


Рисунок 1 - РЭМ покрытия 12X18H10T+Ti на стали 45 в газовой среде азота с отпечатком индентора равным 524,8 HV и 1660,2 HV

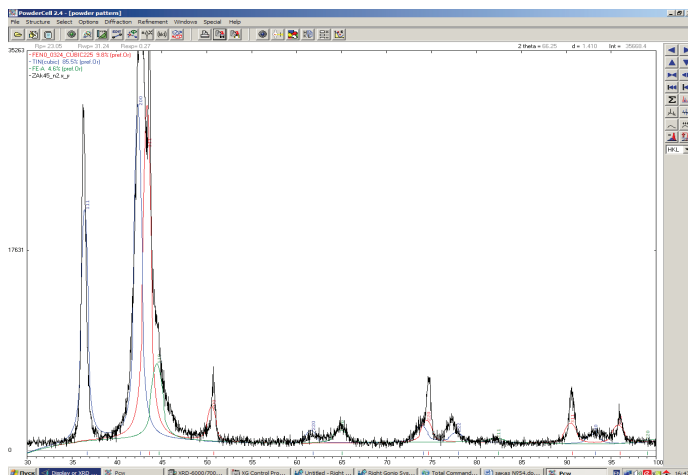
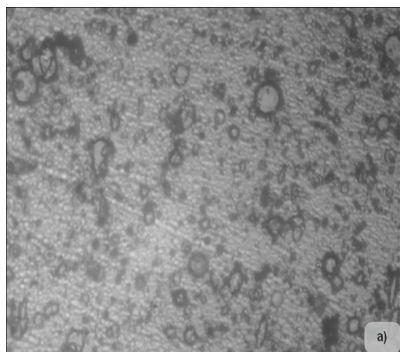


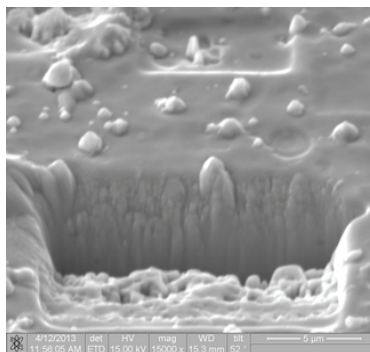
Рисунок 2 - Рентгенограмма образца 12X18H10T+Ti в газовой среде азота

Таблица 1 - Структурно-фазовый состав покрытия 12X18H10T+Ti в газовой среде азота

Образец	Обнаружен-ные фазы	Содержание фаз, об. %	Параметры ре-шетки, Å	Размеры ОКР, нм
12X18H10T+Ti в газовой среде азота	FeN _{0,0324}	9,8	a = 4,592	10,35
	TiN	85,5	a = 4,240	14,71
	Fe-α	4,6	a = 2,864	7,29



a)



b)

Рисунок 3 - Микроструктура (a) и поперечное сечение (b) покрытия 12X18H10T+Ti в газовой среде аргона

Таблица 2 - Элементный состав покрытия 12X18H10T+Ti в газовой среде аргона

Element	Wt, %	At, %	K- Ratio	Z	A	F
N K	10,26	11,68	0,1089	1,0015	0,9839	1,0765
Cr K	16,05	16,83	0,1750	0,9981	0,9836	1,1103
Fe K	64,96	64,40	0,6408	0,9980	0,9798	1,0089
Ni K	8,73	8,10	0,0840	1,0127	0,9502	1,0000
Total	100,00	100,00	-	-	-	-

Была определена нанотвердость покрытия 12X18H10T+Ti в газовой среде азота, с помощью настольной системы наноидентификации по методу Оливера и Фара с использованием индентера Берковича при нагрузке 1 гр. и времени выдержки 15 с, которая равна 35,808 ГПа, что соответствует 3316,2 ед. твердости по методу Виккерса. Кроме того, были определены модуль текучести покрытия 12X18H10T+Ti в газовой среде азота, который равен 378,56 ГПа, текучесть, которая составляет - 0,15%, и релаксация покрытия, которая равна 0,05%. Для определения всех выше перечисленных параметров было определено число Пуассона для покрытия 12X18H10T+Ti в газовой среде азота, равное приблизительно 0,27.

На рисунке 4 показаны АСМ-изображения покрытия 12X18H10T+Zr в газовой среде аргона и азота. Здесь наблюдается структура, как и в случае Ti, Al, Cu и других.

В таблицах 3 и 4 приведена скорость коррозии при 600°C исследованных покрытий, которая определялась по формуле:

$$v_k = \Delta m / S \cdot t,$$

где Δm - убыль (увеличение) массы; S - площадь образца; t - время.

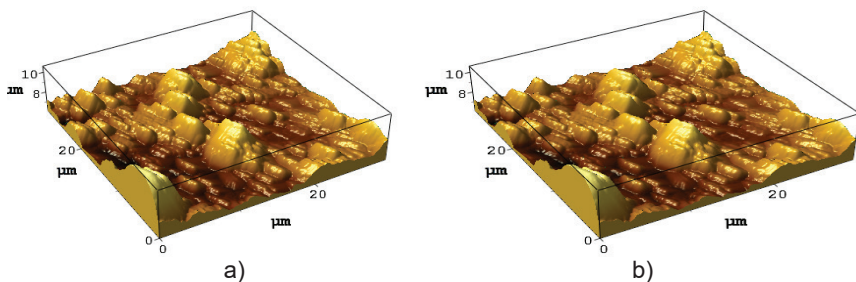


Рисунок 4 - АСМ-изображения покрытия 12X18H10T+Zr в газовой среде аргона (а) и азота (б)

Таблица 3 - Скорость коррозии при 600 °С покрытия, полученного в среде аргона

Покрытие	Скорость коррозии, г/м ² ·ч
Образец без покрытия, сталь 45	2,84
12X18H10T+Zr	1,22
12X18H10T+Zn-Cu-Al	0,72
12X18H10T+Fe-Al	0,28
12X18H10T+Zn-Al	0,71
12X18H10T+Al	0,24
12X18H10T+Cu	0,13

Таблица 4 - Скорость коррозии при 600°С покрытия, полученного в среде азота

Покрытие	Скорость коррозии, г/м ² ·ч
Образец без покрытия, сталь 45	2,84
12X18H10T+Zr	1,76
12X18H10T+Zn-Cu-Al	1,03
12X18H10T+Fe-Al	0,40
12X18H10T+Zn-Al	1,02
12X18H10T+Al	0,34
12X18H10T+Cu	0,19

Обсуждение результатов. Для получения качественных покрытий, пригодных для работы в различных условиях, включая экстремальные (высокие температуры, значительный абразивный износ и т.д.), необходима четкая информация о состоянии и свойствах поверхности, на которую наносится покрытие. До настоящего времени получение функциональных покрытий шло методом проб и ошибок.

Впервые удалось показать роль поверхностной энергии (поверхностного натяжения) в формировании плазменных покрытий [15,16]. Измерять поверхностную энергию твердых тел проблематично, поскольку атомы твердого тела не имеют возможности свободного движения, как у жидкости. Исключения составляют чистые металлы при температуре близкой к температуре плавления, когда подвижность атомов твердого тела становится заметной [17]. По размерной зависимости физического свойства твердого тела удалось разработать методику измерения поверхностного натяжения твердых тел [18] и покрытий [19,20]. Связь поверхностной энергии с коррозионными процессами показана в работах [21-23].

Сделаем, прежде всего, сравнение нанотвердости покрытия 12X18H10T+Ti с уже известными материалами (таблица 5).

Таблица 5 - Свойства материалов, рассчитанные по данным наноиндентирования [23]

Материал	H, ГПа	E, ГПа	R, %
Медь	2,1	121	14
Титан (OT4-1)	4,1	130	19
Многослойная пленка Ti/a	8,0	128	34
Аморфная лента Zr-Cu-Ti-Ni	11,5	117	42
Кремний (100)	11,8	174	62
Тонкая пленка Ti-Si-N	28,4	295	62
12X18H10T+Ti азот	35,8	379	-
12X18H10T+Ti аргон	3,7	111	-

Результат сравнения показывает, что нанотвердость покрытия 12X18H10T+Ti в среде азота превосходит все представленные в таблице 5 материалы, среди которых последние три используются как упрочняющие и абразивные покрытия. Нанотвердость покрытия 12X18H10T+Ti в среде аргона близка к нанотвердости чистого титана, который используется для обшивки кораблей, подводных лодок и т.д. Предлагаемые покрытия отличаются своей экономичностью и простотой их нанесения. Они могут использоваться для упрочнения большой номенклатуры деталей горно-шахтного, энергетического оборудования. Пробные эксперименты на деталях завода «Горные машины» «АрселорМиттал Темиртау» и деталях ТЭЦ-3 «Карагандаэнергоцентр» показали перспективность использования этого покрытия. Сравним теперь результаты коррозионных испытаний (таблицы 3, 4). В таблице 6 представлена скорость коррозии наиболее коррозионно-стойких сталей. Из сравнения результатов таблиц 3, 4, 6 следует вывод: коррозионная стойкость большей части исследованных покрытий не уступает наиболее коррозионно-стойким сталям.

Таблица 6 – Скорость коррозии наиболее коррозионно-стойких сталей

Марка стали	Скорость коррозии, г/м ² ·ч
X23H28M3Д3Т	0,21
X23H27M3Т	0,26
X18H12M3Т	0,80

Тем более, любое из покрытий, приведённых в таблицах 3 и 4, значительно превосходит коррозионную стойкость стали 45, которая широко используется как конструкционная сталь при изготовлении: вал-шестерней, коленчатых и распределительных валов, шестерней, шпинделей, бандажей, цилиндров, кулачков и других. Особое внимание представляет покрытие 12X18H10T+Cu как с экономической точки зрения, так и с точки зрения технологии их нанесения. Можно это покрытие наносить на детали горно-шахтного, энергетического, химического оборудования. Оно выдерживает и высокие температуры (таблица 7). Температура начала рекристаллизации стали 45, на которую наносились исследованные покрытия, составляет 1023 К.

Таблица 7 - Температура рекристаллизации многоэлементных покрытий, полученных в среде аргона

Покрытие	T, К	Покрытие	T, К
12X18H10T+Zr	951	12X18H10T+Zn-Al	1076
12X18H10T+Zn-Cu-Al	1071	12X18H10T+Al	1121
12X18H10T+Fe-Al	1266	12X18H10T+Cu	1416

Высокотемпературная коррозия характерна для тепловых электростанций. Основой ТЭЦ являются котельные агрегаты с естественной циркуляцией и прямоточные агрегаты, состоящие из следующих основных узлов: каркасы; барабаны, устройства для сепарации влаги от пара и ступенчатое испарение; экраны (радиационная часть); пароперегреватели; устройства для регулирования перегретого пара; водяные экономайзеры; воздухоподогреватели; обмуровка и гарнитура; устройства для очистки поверхностей нагрева; арматура; тягодутьевые установки. Для изготовления деталей котельных агрегатов применяются высококачественные сорта сталей. Из углеродистой стали изготавливают экономайзер, экраны и барабаны котельных агрегатов, работающих при температуре до 450°C. При температуре более 450 °C прочность углеродистой стали резко снижается. Поэтому для изготовления деталей, работающих при более высоких температурах, применяют специальную жаростойкую сталь, в состав которой вводят небольшое количество молибдена, хрома, никеля. Из низколегированной стали марок 12X1МФ и 15X1МФ изготавливают обычно радиационные поверхности нагрева прямоточных котельных агрегатов и пароперегреватели, работающие при температуре до 540°C. Одной из наиболее

жаростойких является хромоникелевая сталь марки 12X18H10T аустенитного класса, называемой также нержавеющей сталью, у которой легирующие добавки никеля и хрома достигают 30% массы металла. Из этой стали изготавливают трубы выходной части пароперегревателей котельных агрегатов высокого давления, металл которых работает при температурах (570-650)°С. В составе стали кроме хрома и никеля, имеется небольшое количество титана, стабилизирующего структуру стали при высокой температуре. Основными преимуществами аустенитной стали являются ее высокая жаропрочность и способность противостоять коррозии при высокой температуре благодаря высокому содержанию хрома (18%) и никеля (12%). В то же время, аустенитная сталь во много раз дороже перлитной. В таблице 8 показано увеличение ресурса работы деталей ТЭЦ с покрытием 12X18H10T+Cu.

Таблица 8 - Увеличение ресурса работы некоторых деталей ТЭЦ

Деталь	Покрытие	Увеличение ресурса работы
Роторы, диски, лопатки, болты, бандажи, гайки, шпильки и другие детали, работающие до 780°С (Сталь 15X12ВНМФ)	12X18H10T+Cu	в (2-3)
Бандажи, диафрагмы, болты, гайки, шпильки и другие высоконагруженные детали, работающие при 600°С (Сталь 20X12ВНМФ, 15X12ВНМФ, 8ХПНМФБ)	12X18H10T+Cu	в (3-4)
Поковка для дисков и роторов, лопатки, болты с длительным сроком службы при температурах до 600°С (Сталь-08X16H13M2Б)	12X18H10T+Cu	в (3-4)

Выводы.

1. В настоящее время создан производственный участок по нанесению функциональных покрытий на детали горно-шахтного и энергетического оборудования, который включает в себя:

- участок входного контроля (микроскоп, микротвердомер);
- участок подготовки деталей к нанесению покрытий (электролитная плазменная очистка, пескоструйный аппарат, полировальный станок, химреактивы);
- участок нанесения покрытий с двумя вакуумными камерами, двумя электродуговыми генераторами, двумя магнетронными рас-

пылительными системами, системой плазменной очистки и ионного ассистирования (на каждой камере);

- выходной контроль качества покрытий (прибор АПИД – экспресс-контроль).

2. Разработаны композиции катодов для получения сверхтвердых, коррозионно-стойких покрытий для горно-шахтного и энергетического оборудования.

Список литературы

1 *Groysman A.* Corrosion for Everybody. - Springer Science+Business Media B.V., 2010. - 368 p.

2 *Gao W., Li Zh. (Eds.)* Developments in High Temperature Corrosion and Protection of Materials. -. Woodhead Publishing Ltd, 2008. - 658 p.

3 *Bardal E.* Corrosion and protection. - Springer-Verlag London Ltd. 2004. - 454 p.

4 *Bahadori A.* Corrosion and Materials Selection: A Guide for the Chemical and Petroleum Industries. - Wiley, Chichester, 2014. - 545 p.

5 *Schütze M. (Ed.)* Corrosion and Environmental Degradation, 2 Volume Set. - Wiley, Weinheim, 2000. - 1082 p.

6 *Parker M.E., Peattie E.G.* Pipeline corrosion and cathodic protection. - Gulf Professional Publishing, 1999. - 177 p.

7 *Ghali E., Sastri V.S., Elboujdaini M.* Corrosion Prevention and Protection: Practical Solutions. - England, 2007. - 574 p.

8 *Burnell-Gray J., Datta P.K. (Eds.)* Surface Engineering Casebook: Solutions to corrosion and wear-related failures. - Woodhead Publishing Ltd., 2004. - 301 p.

9 *Landolt D.* Corrosion and Surface Chemistry of Metals. - EFPL Press, Lausanne, Switzerland, 2007. - 614 p.

10 *Платонова Е.С., Бучинская В., Юров В.М.* Некоторые вопросы теории коррозии металлов // Вестник КарГУ. Физика, 2015. - № 1(77). - С. 21-29.

11 *Платонова Е.С., Жетесова Г.С., Юров В.М., Гученко С.А.* Коррозионная стойкость деталей горно-шахтного оборудования // Труды университета, 2015, №2(59). - С. 24-27.

12 *Нуртаева Ж.Т., Бибишева И.И., Кисметова А.Л.* Исследование микроэлементного состава нефти месторождений западного региона Казахстана // Новости науки Казахстана, 2013, вып.3. - С. 43-47.

13 *Билашев Б.А., Қырықбаев Е.Г.* Проблемы защиты нефтепромыслового оборудования от коррозии в Казахстане // Вестник КазНТУ, 2014, №5. - С. 55-57.

14 «Видение развития электроэнергетики Республики Казахстан до 2050 года», Астана, Консорциум «Avantgarde - SEEPX», 2017. – 194 с.

15 Юров В.М., Гученко С.А., Лауринас В.Ч. Роль поверхностного натяжения в формировании плазменных покрытий // Научное обозрение. Технические науки. - 2016. - №4. – С. 124-139.

16 Еремин Е.В., Юров В.М., Гученко С.А., Лауринас В.Ч. Прогнозирование свойств нанокристаллических покрытий // Динамика систем, механизмов и машин, 2016, №3, Том. 3. – С. 189-194.

17 Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности. - Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2008. - 508 с.

18 Юров В.М., Ещанов А.Н., Кукетаев А.Т. Способ измерения поверхностного натяжения твердых тел. - Патент РК № 57691. Оpubл. 15.12.2008, Бюл. № 12.

19 Юров В.М., Гученко С.А., Ибраев Н.Х. Способ измерения поверхностного натяжения осаждаемых покрытий. - Патент РК № 66095. Оpubл. 15.11.2010, Бюл. № 11.

20 Юров В.М., Лауринас В.Ч., Гученко С.А., Завацкая О.Н. Поверхностное натяжение упрочняющих покрытий // Упрочняющие технологии и покрытия, 2014, № 1. - С.33-36.

21 Платонова Е.С., Бучинская В., Юров В.М. Статистическая модель образования коррозионного пятна на металле // Фундаментальные исследования, 2015, № 2. - С. 3048-3051.

22 Платонова Е.С., Бучинская В., Юров В.М. Термодинамическая модель образования коррозионного пятна на металле // Фундаментальные исследования, 2015, № 2. - С. 3281-3284.

23 Головин Ю.И. Наноиндентирование и механические свойства твёрдых тел в субмикроробъёмах, тонких приповерхностных слоях и плёнках // Физика твёрдого тела.– 2008. – Т. 50. – Вып. 12. – С. 2113 – 2142.

Платонова Е.С., магистр, e-mail: danilina1969@list.ru

Сыздыкова А.Ш., магистр, e-mail: aigul.syzdikova@gmail.com

Гученко С.А., магистр, e-mail: guchen@mail.ru

Завацкая О.Н., магистр, e-mail: zavazkaja@mail.ru

Касымов С.С., кандидат физико-математических наук,
e-mail: skasymov@mail.ru

Лауринас В.Ч., кандидат физико-математических наук, профессор
e-mail: vitas-laurinas@rambler.ru

Юров В.М., кандидат физико-математических наук, доцент,
e-mail: exciton@list.ru

И.И. Бекбасаров¹

¹Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати,
г. Тараз, Казахстан

ОБ УЧЕТЕ ФОРМЫ НИЖНЕГО КОНЦА СВАИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ЕЕ ЗАБИВКИ И НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

Аннотация. Для оценки влияния формы нижнего конца свай проведены лабораторные исследования с применением моделей свай без острия, с закругленной нижней частью, с пирамидальным острием, а также с клиновидным острием при различных углах заострения. Первая серия опытов предусматривала забивку моделей одинаковым количеством ударов, а вторая серия – забивку моделей на одинаковую глубину. Для оценки несущей способности моделей использован метод динамических испытаний. Установлено, что форма нижнего конца и угол заострения моделей оказывают влияние на их глубину погружения, энергоемкость забивки и несущую способность. На основе результатов испытаний получены зависимости, позволяющие учитывать влияние формы острия и угла заострения свай на их удельную энергоемкость забивки и несущую способность. Формулы рекомендуется использовать при выборе свай на стадии проектирования свайных фундаментов под здания и сооружения. В отечественной и зарубежной геотехнической практике учет влияния формы нижнего конца свай на их параметры не производится.

Ключевые слова: свая, модель, острие, грунт, лоток, удар, глубина погружения, удельная энергоемкость, несущая способность.

• • •

Түйіндеме. Қаданың төменгі ұшының пішінінің әсерін бағалау үшін ұшы жоқ, ұшы доғалданған, ұшы пирамида пішіндес, сондай-ақ ұшы сына тәріздес ұшталу бұрыштары әртүрлі қадалар модельдері пайдаланыла отырып, зертханалық зерттеулер жасалған. Тәжірибе жұмыстарының алғашқы сериясында модельдерді бірдей соққылар санымен, ал екінші сериясында – бірдей тереңдікке қағу қарастырылды. Модельдердің жүк көтеру қабілетін бағалау үшін динамикалық сынау әдісі қолданылды. Модельдердің төменгі ұшының пішіні мен ұшталу бұрышының олардың қағылу тереңдігіне, қағудың энергия сыйымдылығына және жүк көтергіш қабілеттеріне әсері анықталды. Зерттеу жұмыс-

тарының нәтижелеріне сүйене отырып, қада модельдері ұшының пішіні мен ұшталу бұрышының меншікті энергия сыйымдылығы және жүк көтергіш қабілетіне әсерін ескеруге мүмкіндік беретін тәуелділіктер алынды. Формулаларды ғимараттар мен құрылымдардың қадалы іргетастарын жобалау барысында қадаларды таңдау үшін қолдануға кеңес беріледі. Отандық және шетелдік геотехника тәжірибесінде қадалар ұшы пішінінің олардың параметрлеріне әсері ескерілмейді.

Түйінді сөздер: қада, модель, ұшы, топырақ, науа, соққы, ену тереңдігі, меншікті энергия сыйымдылығы, жүк көтеру қабілеті.

• • •

Abstract. To assess the effect of the shape of the lower end of the piles, laboratory studies were carried out using models of piles without a point, with a rounded bottom, with a pyramidal point, and also with a wedge-shaped point at different taper angles. The first series of experiments provided for driving models with the same number of strokes, and the second series - driving the models to the same depth. To evaluate the bearing capacity of models, the method of dynamic tests is used. It is established that the shape of the lower end and the angle of sharpening of the models affect their depth of immersion, energy-punching and bearing capacity. On the basis of the test results, the dependences obtained allowing one to take into account the influence of the shape of the tip and the angle of sharpening of the piles on their specific energy capacity of piling and bearing capacity. Formulas are recommended to use when selecting piles at the design stage of pile foundations for buildings and structures. In domestic and foreign geotechnical practice, the influence of the shape of the lower end of the piles on their parameters is not taken into account.

Keywords: pile, model, tip, ground, tray, impact, depth of immersion, specific energy intensity, bearing capacity.

Введение. Влияние угла заострения и формы нижнего конца забивных свай на их поведение в грунтах интересовал специалистов-геотехников давно [1-3]. Так В.П. Буровым и Б.В. Гончаровым изучались вопросы влияния угла заострения сваи на усилие ее вдавливания в грунт, а также на формирование уплотненного ядра под острием сваи [1]. Опыты проводились в лабораторных и полевых условиях с применением свай малых размеров без острия и с острием при углах заострения от 15° до 90°. Установлено, что угол заострения сваи оказывает существенное влияние на форму и размеры уплотненной зоны, которая формируется под нижним концом сваи. Выявлено, что

в глинистых грунтах для свай без острия и свай с углом заострения 90° усилия их вдавливания в грунты примерно одинаковы. При уменьшении угла заострения свай от 90° до 60° усилия вдавливания уменьшаются на 5-10%. Дальнейшее уменьшение угла заострения до 30° сопровождается снижением усилий вдавливания на 15-20%. Причем характерно, что при больших скоростях вдавливания свай снижение усилий вдавливания проявляется в более резкой форме.

Ф.К. Лапшиным установлено, что форма и размеры зон пластических деформаций в грунте под нижним концом моделей свай при их статическом нагружении зависят от наличия острия модели и угла его заострения [2]. Для количественного подтверждения этого вывода, в данном исследовании, была произведена дополнительная обработка экспериментальных данных автора. Так из таблицы 1 видно, что для моделей свай с разными углами заострения характерны разные формы и разные размеры зон деформирования грунта под их нижними концами. Неодинаковость этих параметров позволяет предполагать, что неодинаковой должна быть и несущая способность рассматриваемых моделей. Но, к сожалению, сведения, подтверждающие данное предположение, в рассматриваемой работе отсутствуют.

Таблица 1- Результаты обработки данных, представленных в работе [2]

Форма и параметры зоны деформации под нижним концом модели сваи	Модель без острия	Модель сваи с острием при угле заострения		
		90°	60°	30°
Форма	в виде усеченного эллипсоида, вытянутого в поперечном направлении	шарообразная	эллипсоидообразная, вытянутая в вертикальном направлении	каплевидная
Высота	1,0 d	1,17 d	1,8 d	2,67 d
Максимальная ширина	1,5 d	1,5 d	2,0 d	1,82 d
Расстояние от нижней границы зоны до нижнего конца модели	1,0 d	0,66 d	0,93 d	0,43 d

Примечание: d – размер поперечного сечения модели сваи.

Кроме того, Г.С. Колесником, И.Б. Рыжковым, В.М. Еникеевым и С.Н. Назаровым на четырех площадках г. Уфы была произведена забивка 29 свай с острием и 30 свай без острия, длиной от 6 до 20 м [3]. Результаты забивки оценивались по количеству ударов молотов, затраченных на погружение свай на одинаковую глубину. На основе результатов исследований сделан вывод о том, что в глинистых грунтах отсутствие острия не вызывает увеличения энергоемкости погружения свай. Хотя, из графиков погружения свай, представленных авторами, следует, что при глубине забивки более 14 м (на площадке №4), сваи без острия требуют большего количества ударов молота [3]. Аналогичная закономерность наблюдается и на площадке №3 при глубине забивки свай более 5 м [3]. Кроме того, следует отметить, что количество ударов молота, может выступать в качестве достоверного энергетического параметра забивки свай только при постоянной высоте сбрасывания ударной части молота. Учитывая, что часть свай погружалась дизель-молотами (высота подъема ударной части которых при работе непостоянна) к результатам рассматриваемых исследований нужно относиться с некоторой осторожностью. Эти сомнения усугубляются еще и естественной неоднородностью грунтов площадок, которая не могла не оказать своего отрицательного влияния на результаты забивки сравниваемых свай.

Изложенные результаты исследований показывают, что однозначного мнения по рассматриваемому вопросу среди ученых не существует. Поэтому при изучении, оценке и моделировании работы свай в современной постановке форма их нижнего конца в качестве влияющего фактора специалистами не рассматривается [4-6]. Сложившаяся ситуация, обусловлена тем, что до настоящего времени не были проведены специальные исследования по комплексному изучению влияния формы нижнего конца свай на их энергетические и силовые параметры в условиях исключающих воздействие побочных факторов и обеспечивающих высокую точность измеряемых параметров.

Исходя из представленных доводов, была сформулирована цель исследования, которая состояла в сравнительной оценке погружаемости, энергоемкость забивки и несущей способности свай с разной формой нижнего конца в одинаковых грунтовых условиях, при одинаковых параметрах забивки и единой методике испытаний. Достижение поставленной цели обеспечивалось путем использования метода моделирования свай, соответствующего, указанным критериям исследований.

Характеристика моделей свай, лабораторного оборудования и методика исследований. Исследования проводились с применением деревянных моделей призматических свай с размерами поперечного

сечения 30×30 мм и общей длиной 325 мм. В опытах использовались 6 моделей с 4-мя формами острия (таблица 2). Для расширения диапазона исследований, кроме моделей без острия и с пирамидальным острием в экспериментах использовались модели с нетрадиционной формой нижней части, а именно модели с клиновидным острием и модель с закругленным нижним концом (модель с полуэллипсоидной формой острия).

Таблица 2 - Модели свай и их параметры

Номер (наименование) модели сваи	Длина модели без острия / высота острия, мм	Общий объем модели, см ³	Масса модели, г
1 (модель с закругленным острием – острием полуэллипсоидной формы)	305/20	283,92	115,0
2 (модель с пирамидальным острием)	300/25	277,5	117,4
3 (модель без острия или с плоским нижним концом)	325/0	292,5	116,3
4 (модель с клиновидным острием и углом заострения 30°)	269/56	267,3	114,5
5 (модель с клиновидным острием и углом заострения 60°)	299/26	280,8	116,8
6 (модель с клиновидным острием и углом заострения 90°)	310/15	285,75	119,2

Исследования проводились в прямоугольном лотке с размерами в плане 55×153 см и глубиной 80 см. В качестве грунта использовался суглинок, уложенный в лоток послойно с уплотнением. До укладки суглинок был измельчен и пропущен через сито диаметром 1 мм. В процессе укладки суглинка осуществлялся контроль его плотности и влажности. Плотность грунта проверялась с применением микропенетрационного метода. Пенетрационные испытания проводились в соответствии с требованиями РДС [7] с применением усовершенствованного микропенетromетра [8]. Физические характеристики грунта представлены в таблица 3.

Таблица 3 - Физические характеристики грунта

Влажность на границе текучести W_L	Влажность на границе раскатывания W_p	Влажность, W , %	Плотность, ρ , т/м ³	Плотность грунта в сухом состоянии, т/м ³	Коэффициент пористости e
26,71	17,5	15,67-15,98	1,46-1,49	1,26-1,28	1,12-1,15

Забивка моделей производилась с применением навесного приспособления, обеспечивающего нанесение ударов по модели сваи цилиндрическим элементом, перемещаемым по направляющему стержню [8]. Ударник имел сквозное центральное отверстие, посредством которого осуществлялось перемещение ударника по поверхности направляющего стержня. Нижний конец направляющего стержня вставлялся в выемку в голове модели, что обеспечивало строгую соосность и вертикальность ударов при забивке модели. Масса ударного элемента составляла 2,5 кг.

Исследования включали в себя две серии испытаний. В первой серии испытаний модели погружались одинаковым количеством ударов, равным 20. Во второй серии модели забивались на одинаковую глубину (при разном количестве ударов). Высота сбрасывания ударника в обоих случаях принималась равной 15,0 см. В процессе забивки при каждом ударе измерялся остаточный отказ моделей при помощи индикатора часового типа с точностью до $\pm 0,01$ мм.

Несущая способность моделей определялась путем проведения их динамических испытаний на основе метода, внедренного в практику научных исследований [8]. Динамические испытания состояли в нанесении по модели 3-х ударов с постоянной высоты через 10 сут. после забивки. Средняя величина отказа модели (от залога в три удара) $S_{\text{с}}$ использовалась для расчета силы динамического сопротивления грунта внедрению модели в грунт $F_{\text{гр}}$ по формуле (1), которая в последующем использовалась для определения несущей способности модели сваи $F_{\text{с}}$ по формуле (2) [8]

$$F_{\text{гр}} = (1/k_p S_{\text{с}}) \times \{ QH - [Q(k_m + \mu_c \sin \alpha) \times (H + S_{\text{с}})] - \quad (1)$$

$$- k_b \sqrt{0,5gH^3} - S_{\text{с}}(q_c - Q_{\text{НС}}) \},$$

$$F_{\text{с}} = tF_{\text{гр}} + f, \quad (2)$$

где: k_p - сила динамического сопротивления грунта внедрению модели сваи при ударе, Н; k_p - коэффициент, определяющий долю фактической работы ударника по преодолению сопротивления грунта от идеализированной работы, равной произведению $F_{\text{гр}} S_{\text{с}}$; $S_{\text{с}}$ - остаточный отказ модели, м; Q - вес ударника, Н; H - высота сбрасывания ударника, м; k_m - коэффициент, определяющий долю конструктивного трения от веса ударника при скольжении ударника по направляющему стержню; μ_c - коэффициент трения скольжения; α - угол наклона направляющего стержня от вертикали в градусах; k_b - коэффициент, учитывающий влияние вязкости воздуха; q_c - вес

модели свай, Н; $Q_{НС}$ - вес направляющего стержня, Н; F_c - несущая способность модели, Н; t, f – коэффициенты, соответственно равные 0,8208 и 2,8096 Н.

Результаты исследований. Результаты первой серии испытаний приведены в таблице 4 и на рисунках 1 и 2.

Таблица 4 - Результаты первой серии испытаний моделей свай

Номер модели	Глубина забивки, мм	Остаточный от-каз модели при последнем ударе S_c , мм	Удельная энергоёмкость забивки E_v , Дж/см ³	Сила сопротивления $F_{гр}$, Н	Несущая способ-ность F_c , Н
1	258,3	8,3	0,329	420,2	347,7
2	250,6	8,9	0,350	391,6	317,2
3	229,5	9,9	0,356	351,9	291,6
4	266,7	7,3	0,342	478,3	395,4
5	248,9	9,3	0,347	374,7	310,4
6	241,7	9,6	0,349	362,9	300,7

Примечание – Удельная энергоёмкость забивки E_v представляет собой отношение сум-мы потенциальной энергии всех ударов по модели к объёму ее погруженной части.

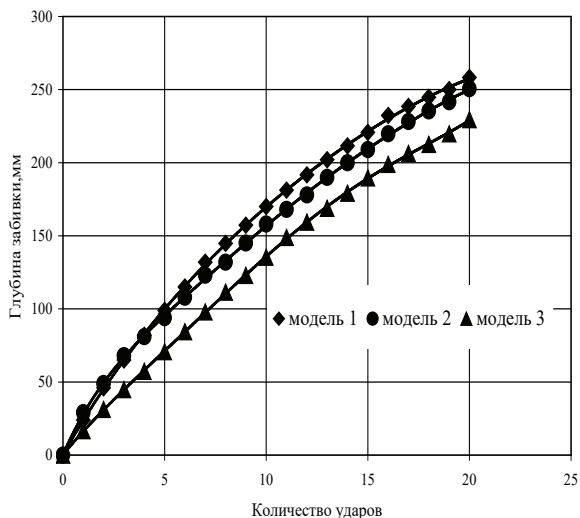


Рисунок 1 - Изменение глубины забивки моделей 1-3 при ударах ударника (первая серия испытаний)

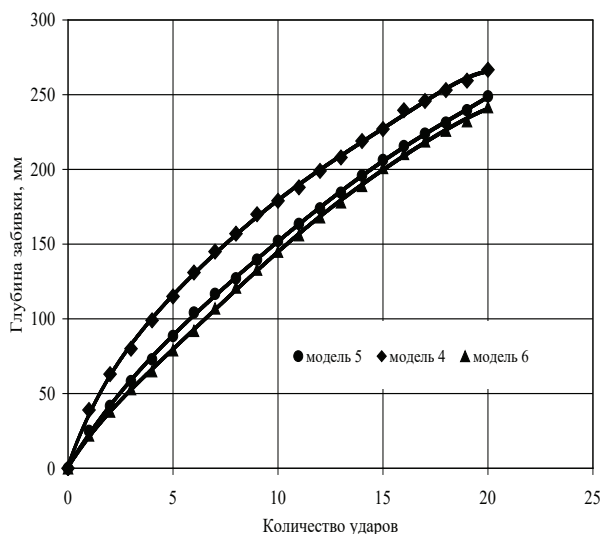


Рисунок 2 - Изменение глубины забивки моделей 4-6 при ударах ударника (первая серия испытаний)

Из результатов испытаний видно, что при одинаковом количестве ударов ударника модели погружены на разную глубину (от 229,5 мм до 266,7 мм, разница составляет 37,2 мм или 16,2%). Наибольшая глубина забивки имеет место для модели 4 с клиновидным острием и углом заострения 30°. Для данной модели свойственны также наименьший отказ (в конце забивки) и соответственно - наибольшая несущая способность. Второе место по погружаемости (по глубине забивки) и несущей способности занимает модель 1 с закругленным острием. Модель 2 с пирамидальным (традиционным) острием по рассматриваемым параметрам находится на третьем месте.

Наименьшая глубина погружения, наибольший отказ и соответственно наименьшая несущая способность характерна для модели 3 с плоским нижним концом. Для моделей 4, 5 и 6 с клиновидным острием прослеживается влияние угла заострения. Так с увеличением угла заострения от 30° до 90° наблюдается уменьшение глубины забивки (на 6,7-9,4%), увеличение отказа (на 27,4-31,5%) и уменьшение несущей

способности моделей (на 21,5-24,0%). Форма нижнего конца моделей и угол заострения моделей с клиновидным острием оказывают влияние и на удельную энергоёмкость забивки. Наибольшей удельной энергоёмкостью обладает модель 3 с плоским нижним концом, а наименьшей – модель 1 с закругленным острием (разница между ними составляет 7,6%).

Результаты второй серии испытаний, представлены в таблице 5 и на рисунках 3 и 4.

Таблица 5 - Результаты второй серии испытаний моделей свай

Номер модели	Глубина забивки, мм	Количество ударов	Остаточный отказ модели при последнем ударе S_c , мм	Удельная энергоёмкость забивки E_v , Дж/см ³	Сила сопротивления $F_{тр}$, Н	Несущая способность F_c , Н
1	202,1	13	10,4	0,276	334,79	277,6
2	200,1	14	10,0	0,312	348,31	288,7
3	198,9	16	9,3	0,329	374,76	310,4
4	199,2	12	12,0	0,287	289,75	240,6
5	198,1	14	11,4	0,310	305,16	253,3
6	201,1	15	11,0	0,317	316,34	262,5

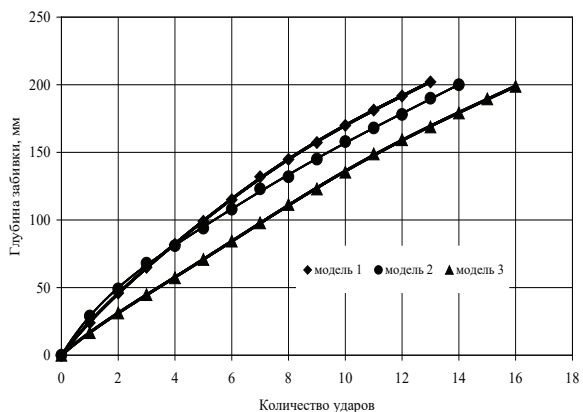


Рисунок 3 - Изменение глубины забивки моделей 1-3 при ударах ударника (вторая серия испытаний)

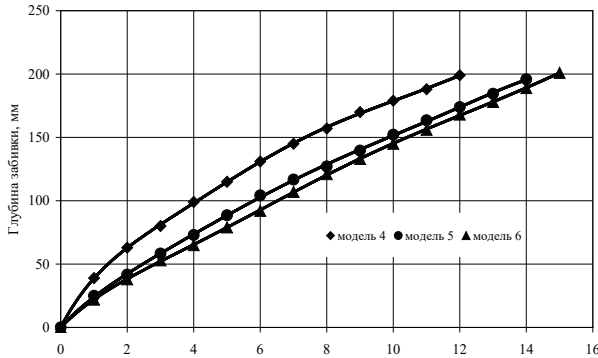


Рисунок 4 - Изменение глубины забивки моделей 4-6 при ударах ударника (вторая серия испытаний)

Модели забиты практически на одинаковую глубину (от 198,1 мм до 202,1 мм, разница составляет 4 мм или 2%) разным количеством ударов ударника (от 12 до 16 ударов, разница составляет 4 удара или 33,3%). Как и в испытаниях второй серии, наибольшая удельная энергоёмкость характерна процессу забивки модели 3 с плоской подошвой, а наименьшая – модели 1 с закругленным острием (разница между ними составляет 16,1%). Удельная энергоёмкость забивки модели 2 с пирамидальным острием на 5,2 % ниже удельной энергоёмкости модели 3. Для моделей 5 и 6 по сравнению с моделью 4 имеет место увеличение рассматриваемого параметра на 8,0 и 10,5% за счет увеличения угла заострения соответственно на 30° и 60°.

Наименьший отказ в конце забивки и соответственно наибольшая несущая способность принадлежит модели 3 с плоским концом. Несущая способность модели 2 с пирамидальным острием на 7,0% ниже несущей способности модели 3. На третьем месте по несущей способности находится модель 1 с закругленной нижней частью (на 3,8% меньше чем у модели 2). Наименьшая несущая способность характерна для модели 4 с клиновидным острием и углом заострения 30°. Для моделей 5 и 6 по сравнению с моделью 4 наблюдается повышение несущей способности на 5,3 и 9,1% за счет увеличения угла заострения соответственно на 30° и 60°.

Как правило, при проектировании свайных фундаментов, сваи в пределах площадки или ее части заглубляются на одинаковую

глубину. Поэтому большой практический интерес для специалистов представляют результаты второй серии испытаний. Учитывая данное обстоятельство для учета влияния формы нижнего конца свай на энергоемкость их забивки и несущую способность, на стадии проектирования свайных фундаментов рекомендуется использовать следующие зависимости, полученные на основе обработки результатов указанной серии испытаний

$$E_v = k_v E_{vb}, \quad (3)$$

$$F_c = k_f F_{cb}, \quad (4)$$

где: k_v и k_f - коэффициенты, учитывающие влияние формы нижнего конца сваи и равные соответственно: 1,05 и 1,08 - для сваи с плоской подошвой (без острия); 0,88 и 0,96 - для сваи с закругленным (полуэллипсоидным) нижним концом; 0,92 и 0,83 - для сваи с клиновидным острием при угле заострения 30°; 0,99 и 0,88 - для сваи с клиновидным острием при угле заострения 60°; 1,02 и 0,91 - для сваи с клиновидным острием при угле заострения 90°; E_{vb} - удельная энергоемкость забивки сваи с пирамидальным острием; F_{cb} - несущая способность сваи с пирамидальным острием.

Обсуждение результатов исследований. Результаты проведенных исследований не подтверждают результаты забивки свай, представленные в работе [3], но положительно сочетаются с результатами опытов, изложенных в работе [1]. Касаясь, результатов опытов, приведенных в работе [2], следует отметить, что они не сопоставимы с результатами наших испытаний. Это обусловлено, тем, что в данном исследовании не изучались особенности формирования зон деформации грунтов вокруг моделей свай. В целом, результаты выполненных работ отличаются от существующих данных, полнотой решения вопроса о влиянии разных форм нижнего конца свай на их энергетические и силовые параметры. Полученные зависимости (3) и (4) позволяют объективно учитывать данный влияющий фактор на практике.

Выводы. На основе результатов проведенных исследований можно сформулировать следующие основные выводы:

1. Форма нижнего конца сваи и угол ее заострения оказывают влияние на погружаемость сваи, удельную энергоемкость ее забивки и несущую способность;
2. Наиболее предпочтительными по несущей способности являются сваи без острия (с плоским нижним концом). Но, они требу-

ют больших энергетических затрат молотов для забивки, чем сваи с иной формой нижнего конца;

3. Сваи с традиционным пирамидальным острием по несущей способности уступают сваям без острия, и они по сравнению с ними менее энергоемки при забивке;

4. По удельной энергоемкости забивки наиболее эффективны сваи с закругленной нижней частью. Кроме того, такие сваи по сравнению со сваями с клиновидным острием обладают большей несущей способностью;

5. Из свай с клиновидным острием по удельной энергоемкости предпочтительны сваи с углом заострения нижней части 30° , а по несущей способности – сваи с углом заострения нижней части 90° .

В заключении следует отметить, что полученные результаты исследований характеризуются новизной и обладают практической ценностью, которая состоит в возможности использования проектными организациями зависимостей (3) и (4) при выборе свай на стадии проектирования свайных фундаментов под здания и сооружения.

Список литературы

1 Буров В.П. О влиянии угла заострения на усилие погружения свай // Труды НИИпромстроя «Во-просы фундаментостроения». – Уфа, 1976. - Выпуск 18. - С.111-114.

2 Лапшин Ф.К. Расчет свай по предельным состояниям. – Саратов: Издательство Саратовского университета, 1979. – 152 с.

3 Колесник Г.С., Рыжков Б.И., Еникеев В.М., Назаров С.Н. Энергоемкость свай без острия и с острием // Кн.: Ресурсосберегающие технологии возведения фундаментов из свай заводской готовности. – Москва: Стройиздат, 1990. - 111 с.

4 Вешняков В.А., Невзоров А.Л. Моделирование погружения свай с помощью программы «Plaxis dynamics» // Сборник статей международной научно-технической конференции «Геотехника Белоруссии: наука и практика». – Минск: БНТУ, 2008. – 316-321.

5 Дыба В.П., Скиба Е.Г. Аналитический расчет несущей способности свай // Сборник трудов международной научно-технической конференции «Современные геотехнологии в строительстве и их научное сопровождение». – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2014. – часть 1. – С.341-345.

6 Метс М., Мусатова Е., Раудсепп Р., Паллав В. Формирование

несущей способности грунтов // Сборник трудов международной научно-технической конференции «Современные геотехнологии в строительстве и их научное сопровождение», СПб-ГАСУ, 2014. – Ч. 1. – С.356-362.

7 Оперативный контроль за плотностью грунтов в условиях строительной площадки при их уплотнении. Руководящий документ в строительстве: РДС РК 5.01-09-2003. - Алматы: Проектная академия «KAZGOR», 2003. – 11 с.

8 *Бекбасаров И.И., Исаков Г.И., Аманбай А.* Погружаемость и энергоёмкость забивки свай и штампов. – Саарбрюккен: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 199 с.

Бекбасаров И.И., доктор технических наук, профессор,
e-mail: bekbasarov.isabai@mail.ru

М.К. Ибатов¹, А.С. Кадыров¹, И.А. Пак¹, Л.М. Барченко¹

¹Карагандинский государственный технический университет,
г.Караганда, Казахстан

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ КАТАЛИТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА АВТОМОБИЛЯ

Аннотация. В статье приводится морфологический анализ конструкций систем каталитической нейтрализации токсичных компонентов отработанных газов. Представлена полная морфологическая карта каталитического нейтрализатора. Был составлен свод условий, исключающий множество гипотетически рабочих каталитических вариантов. Для однозначной характеристики конструкции каталитического нейтрализатора были выявлены необходимые и достаточные признаки каталитического нейтрализатора. На основе проведенного морфологического анализа каталитического нейтрализатора определено возможное количество вариантов конструкций, предложены комбинированные устройства очистки выхлопных газов автомобилей для нейтрализации их выбросов в атмосферу, повышающие эффективность работы каталитического нейтрализатора. В результате формализации конструкции каталитического нейтрализатора по морфологической карте были определены 324 возможные конструкции каталитического нейтрализатора.

Ключевые слова: каталитический нейтрализатор, выхлопные газы, морфологический анализ, конструкция.

• • •

Түйіндеме. Мақалада пайдаланылған газдардың улы құрауыштарын каталитикалық бейтараптандыру жүйелеріндегі құрылымдардың морфологиялық талдауы келтірілген. Негізгі құрылымдық белгілерге негізделген каталитикалық бейтараптандырғыштың толық морфологиялық картасы ұсынылған. Авторлармен көптеген болжалды жұмыс істейтін каталитизаторлардың қабылдауға келмейтін нұсқаларын жоққа шығаратын бірқатар шарттар жинағы құрылды. Каталитикалық бейтараптандырғыштың құрылымдарын бір мағынада сипаттау үшін авторлармен каталитикалық бейтараптандырғыштың қажетті және жеткілікті белгілері анықталды. Авторларға арналған каталитикалық бейтараптандырғышқа жасалған морфологиялық талдау негізінде авторлармен құрылымдар нұсқаларының ықтимал саны анықталады, каталитикалық бей-

тараптандырғыш жұмысының тиімділігін арттыратын атмосфераға шығарылатын автомобильдердің пайдаланылған газдарын бейтараптандыруға арналған біріктірілген құрылғылар ұсынылды. Морфологиялық карта бойынша каталитикалық бейтараптандырғыш құрылымдарын нысанданды

Түйінді сөздер: каталитикалық бейтараптандырғыш, пайдаланылған газдар, морфологиялық талдау, құрылым.

• • •

Abstract. The article gives a morphological analysis of constructions of catalytic neutralization of toxic components of exhaust gases. A complete morphological map of the catalytic neutralizer based on the main constructive features is presented. The authors compiled a set of conditions that exclude many hypothetical working catalysts inadmissible variants. To unambiguously characterize the design of the catalytic neutralizer, the authors have identified the necessary and sufficient characteristics of the catalytic neutralizer. Based on the performed morphological analysis of the catalytic neutralizer, the authors determine the possible number of design options, and offer combined exhaust gas purification devices for vehicles to neutralize their emissions into the atmosphere, which increase the efficiency of the catalytic neutralizer. As a result of the formalization of the catalytic neutralizer design, 324 possible configurations of the catalytic neutralizer were determined from the morphological map.

Keywords: catalytic neutralizer, exhaust gases, morphological analysis, construction.

Введение. В связи с неуклонным ростом автомобильного парка особенно остро стоит проблема загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом. Одним из эффективных решений проблемы загрязнения воздуха транспортом является установка в системе выпуска отработавших газов двигателей внутреннего сгорания каталитического нейтрализатора. Каталитический нейтрализатор (обиходное название – катализатор) в составе выпускной системы предназначен для снижения выброса вредных веществ в атмосферу с отработавшими газами [1]. Он применяется как на бензиновых, так и на дизельных двигателях. Нейтрализатор обычно устанавливается непосредственно за выпускным коллектором, перед глушителем либо встраивается в коллектор. В мировой практике для очистки выхлопных газов ДВС используют различные конструкции нейтрализаторов проточного типа с использованием катализаторов различного химического состава. Для

достижения удовлетворительных результатов катализатор, используемый для нейтрализации должен обладать рядом свойств, обеспечивающих эффективность его использования [1]. Основными требованиями, предъявляемыми к катализатору являются:

- высокая степень активности и селективности;
- оптимальная величина и доступность поверхности активного компонента;
- достаточная устойчивость к воздействию загрязнителей и высоким температурам;
- достаточная прочность;
- оптимальные газодинамические характеристики [2].

Цель работы - изучение и поиск путей улучшения конструкции каталитического нейтрализатора.

Методы исследований. Применён морфологический анализ - метод выбора и комбинирования различных этапов конструирования для достижения поставленной цели. Его трудно использовать при плохо определенных и нечетко сформулированных проблемах [3]. В ходе проведения анализа составляется морфологическая карта решений, из которых по определенным критериям нужно выбрать окончательный вариант. Сущность анализа заключается в том, что в совершенствуемой технической системе выделяют несколько характерных для нее структурных или функциональных морфологических признаков [4]. Каждый признак должен характеризовать, например, какой-то конструктивный узел системы, какую-то ее функцию, какой-то режим работы системы, т.е. параметры или характеристики системы, от которых зависит решение проблемы. В ходе анализа каталитических систем нейтрализации и очистки отработавших газов автомобиля были выбраны следующие признаки (параметры) конструкции каталитического нейтрализатора:

- конструкция огнеупорного корпуса: разборная и неразборная;
- характер макроструктуры: пористая, плотно-однородная, рыхлозернистая;
- материал носителя: металлический (Mg, Al₂O₃, Zr, B) и неметаллический (керамика, силикагель, алюмосиликаты, активированный уголь);
- вид носителя (внутренняя конструкция): шариковый (гранулы, кристаллы) и монолитный (соты, пористая структура);

- по принципу действия: окислительный (Pt, Pd, Cu), восстановительный (Rh, Os, Ir) и восстановительно-окислительный (Pt + Rh);
- по принципу фильтрующего слоя: с неподвижным слоем и с взвешенным слоем (кипящим);
- по наличию вспомогательных устройств.

Основные результаты. Комбинация каталитического нейтрализатора и вспомогательных устройств позволяет повысить эффективность очистки отработавших газов, а также в некоторых случаях увеличить срок службы каталитического нейтрализатора.

Предлагаются следующие вспомогательные устройства: электроподогрев, система SCR, ультразвуковое устройство, озонатор, фильтр. Для ускорения прогрева катализатора целесообразно использовать электроподогрев [5]. Самый простой способ – электрический нагревательный элемент. Однако, сегодня только гибридные машины располагают достаточным напряжением для быстрого прогрева катализатора. Систему Selective Catalytic Reduction (SCR) комбинируют с восстановительным катализатором. В данной технологии химическая реакция восстановления (нейтрализации) отработавших газов происходит избирательно. Это означает, что в составе отработавших газов целенаправленно снижается содержание только оксидов азота. При включённом двигателе и выполнении условий, необходимых для работы системы нейтрализации SCR, насос подаёт мочевину из бака к форсунке мочевины под давлением около 5 бар. Дозирование регулируются с помощью ЭБУ.

Применение *ультразвука* возможно при комбинировании ультразвукового устройства с фильтром. Была предложена усовершенствованная конструкция устройства для очистки выхлопных газов, основанная на их ультразвуковой обработке и позволяющая повысить эффективность снижения вредных выбросов ДВС, повысить срок службы фильтрующих элементов системы выпуска отработавших газов [6].

Устройство для очистки выхлопных газов (рисунок 1) содержит корпус 1, впускные отверстия 2, перфорированные трубы 3, проходящие через корпус закрепленные сваркой, выпускное отверстие 4, ультразвуковые устройства 5 установленные на корпусе и отверстие с пробкой 6 для слива образовавшейся смеси.

Отработанные выхлопные газы поступают через впускные отверстия 3 по перфорированным трубам 2 в корпус 1 и под действием ультразвуковых волн, испускаемых ультразвуковыми устройствами 5, тяжелые частицы, содержащиеся в выхлопном газе оседают на

дне корпуса, очищенный газ выводится в атмосферу через выпускное отверстие 4, образовавшаяся смесь путем снятия пробки 6 вытекает в определенную емкость.

Вследствие этого в атмосферу выделяется выхлопной газ, очищенный от тяжелых примесей.

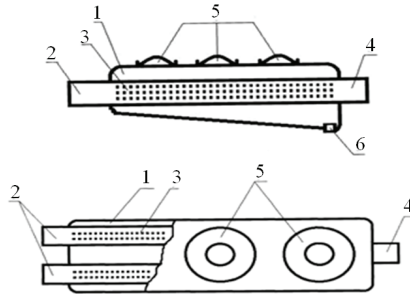


Рисунок 1 - Устройство для очистки выхлопных газов

Также предлагается использовать устройство для керамзитно-динамической очистки выхлопных газов (рисунок 2). Данное устройство содержит следующее оборудование: впускной патрубок 1, приемная камера 2, корпус 3, лопасти 4, вал 5, керамзит 6, выпускная камера 7, отверстия 8, накопительная емкость 9, отверстия с пробкой 10, выпускной патрубок 11. Предлагаемое устройство повышает экологическую безопасность транспортных средств при работе двигателей внутреннего сгорания.

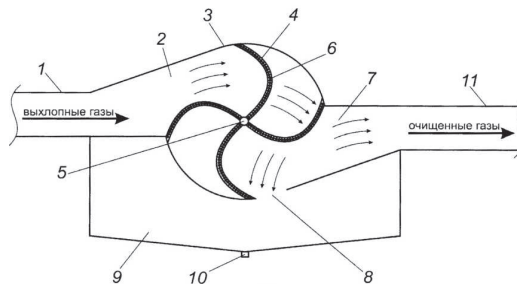


Рисунок 2 - Устройство для керамзитно-динамической очистки выхлопных газов

Керамзит, используемый для работы предлагаемого устройства, известен как лёгкий пористый материал, получаемый путем обжига глины или глинистого сланца. Керамзитовый гравий имеет овальную форму. Данный материал отличается рядом важных эксплуатационных характеристик, таких как высокая прочность, хорошая теплоизоляция, морозоустойчивость, огнеупорность, химическая инертность и кислотоустойчивость, долговечность. Это экологически чистый и относительно недорогой материал [7]. Пористая структура керамзита дает основание предполагать адсорбционные свойства этого материала. На основе вышеприведенных признаков была составлена морфологическая карта каталитического нейтрализатора (таблица 1).

Условия характеризующие существование устройства:

- катализатор состоит из огнеупорного корпуса, конструкция которого может быть разборной или неразборной;
- главную функцию нейтрализатора выполняет активный материал – химический элемент, который может восстанавливать или окислять;
- для стабилизации активного слоя катализатор имеет носитель, который влияет на свойства активной фазы;
- катализатор может комбинироваться с дополнительными устройствами, повышающими эффективность очистки отработавших газов.

Не все конструкции возможны. Определены условия, исключающие множество гипотетически возможных катализаторов, есть и неприемлемые варианты, к примеру:

- каталитический нейтрализатор не должен иметь слабый корпус, без прочного корпуса он не сможет эксплуатироваться на автомобиле;
- химическая реакция в каталитическом нейтрализаторе не может протекать без слоя активного материала, а значит, катализатор не будет выполнять свою главную функцию;
- без носителя не будет поддерживаться стабилизация на его поверхности частиц активной каталитической фазы. Внутренняя конструкция носителя способствует увеличению площади соприкосновения с отработавшими газами, это способствует улучшению химической реакции;

- восстановительно-окислительный катализатор не может быть однослойным, в нем должно быть несколько слоев активного материала, то есть он комбинированный;

- монолитный катализатор не может быть со взвешенным (кипящим) фильтрующим слоем, потому что он имеет плотно-однородную структуру.

Для более точного описания картины необходимо дополнить и рассмотреть некоторые признаки подробнее (таблицы 2, 3).

Представим для примера некоторые из возможных гипотетических конструкций. Для дизельного двигателя наиболее эффективными будут комбинированные каталитические нейтрализаторы с применением двухслойного катализатора с системой SCR или же с сажевым фильтром. Возможно выполнение каталитического нейтрализатора для бензинового двигателя. Катализатор имеет пористую структуру, носителем является керамика, тип катализатора восстановительно-окислительный, а активными материалами являются Rh и Cu (в морфологической карте (таблица 1) обозначена 1*). Конструкция каталитического нейтрализатора, обозначенная 1** в морфологической карте отличается тем, что носителем является оксид алюминия, а активным материалом является Pt и Rh. Вспомогательным устройством служит электроподогрев. Одним из вариантов каталитического нейтрализатора для дизельного двигателя является катализатор, имеющий пористую структуру. Носителем является Mg, тип катализатора восстановительно-окислительный, а активным материалом являются Pt, Rh и Pd. Со встроенным сажевым фильтром и взвешенным фильтрующим слоем. Данная конструкция обозначена в морфологической карте (таблица 1) как 1***.

Таким образом, необходимыми и достаточными признаками для однозначной характеристики конструкции каталитического нейтрализатора являются конструкция корпуса, вид активного материала, тип носителя и вид катализатора.

Таблица 1 - Морфологическая карта каталитического нейтрализатора

Параметры конструкции	Неразборная						Разборная								
	Плотная од-нородная			Рыхлозерни-стая			Плотная од-нородная			Пористая			Рыхлозерни-стая		
	Шари-ков.	Моно-лит.	Моно-лит.	Шари-ков.	Моно-лит.	Моно-лит.	Шари-ков.	Моно-лит.	Моно-лит.	Шари-ков.	Моно-лит.	Моно-лит.	Шари-ков.	Моно-лит.	Моно-лит.
Окислитель-ный «Кипящий» слой Неподвижн. слой Восстанови-тельный «Кипящий» слой Восстанови-тельный «Кипящий» слой Восстанови-тельный «Кипящий» слой	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	1	1*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1**	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Восстанови-тельный «Кипящий» слой Неподвижн. слой Восстанови-тельный «Кипящий» слой	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Окислитель-ный «Кипящий» слой Неподвижн. слой Восстанови-тельный «Кипящий» слой	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Окислитель-ный «Кипящий» слой Неподвижн. слой Восстанови-тельный «Кипящий» слой	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Система SCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

Продолжение таблицы 1

Параметры конструкции	Плотная од- нородная			Неразборная			Разборная			Рыхлозерни- стая		
	Шари- ков.	Моно- лит.	Шари- ков.	Шари- ков.	Моно- лит.	Шари- ков.	Шари- ков.	Моно- лит.	Шари- ков.	Моно- лит.	Шари- ков.	
												Моно- лит.
Ультразвуковое Устройство	Окислитель- ный	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	«Кипящий» слой	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	Восстанови- тельный	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	«Кипящий» слой	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	Восстанови- тельный	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	«Кипящий» слой	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	Окислитель- ный	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	«Кипящий» слой	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	Восстанови- тельный	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	«Кипящий» слой	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Озонатор	Окислитель- ный	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	«Кипящий» слой	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	Восстанови- тельный	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	«Кипящий» слой	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	Восстанови- тельный	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	«Кипящий» слой	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	Окислитель- ный	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	«Кипящий» слой	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	Восстанови- тельный	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	«Кипящий» слой	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Фильтр	Окислитель- ный	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	«Кипящий» слой	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	Восстанови- тельный	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	«Кипящий» слой	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	Восстанови- тельный	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	«Кипящий» слой	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	Окислитель- ный	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	«Кипящий» слой	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	Восстанови- тельный	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	«Кипящий» слой	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

0 – существование конструкции невозможно; 1 – возможно существование конструкции

Таблица 2 - Дополнительные признаки конструкции каталитического нейтрализатора: материал носителя

Признаки	Характеристики							
	Металлический				неметаллический			
Материал носителя	оксид алюминия	цирконий	магний	бор	керамика	силикагель	алюмосиликаты	активированный уголь

Таблица 3 - Дополнительные признаки конструкции каталитического нейтрализатора: активное вещество по принципу действия

Признаки	Характеристики							
	Окислительный			Восстановительный				Восстановительно-окислительный
Активное вещество	платина	палладий	медь	родий	осмий	иридий	рутения	Комбинация окислительных и восстановительных катализаторов

Выводы. Морфологический анализ и синтез признаков каталитического нейтрализатора, применяемых для очистки отработавших газов автомобильных двигателей позволил рассмотреть и предложить гипотетически возможные конструкции каталитического нейтрализатора. Формализация конструкции по морфологической карте (таблица 1) каталитического нейтрализатора определяет 324 возможные конструкции, а с учетом данных из таблиц 2 и 3, их число увеличивается до 18744 возможных вариантов

Наиболее эффективными вариантами являются конструкции двухслойных или трехслойных каталитических нейтрализаторов, потому что такой катализатор уменьшает количество продуктов неполного сгорания CO, CH и окислов азота N_xO_y .

Необходимо использование активных материалов (элементов), таких как: Pt, Rh, Pd, Os, Ir, Cu, Cr. Проведенный морфологический анализ позволяет конкретизировать направление дальнейших исследований по проектированию и внедрению новых систем каталитической нейтрализации отработавших газов автомобилей.

Список литературы

1 *Попова Н.М.* Катализаторы очистки газовых выбросов промышленных производств - М.: Химия, 2000.- 176с.

2 *Боресков Г. К., Чесалова В.С.* Производство промышленных катализаторов химической промышленности. – М.: Химия, 2003.- 476 с.

3 *Кадыров А.С., Кадырова И.С.*, Основы научных исследований, 2015.- 276 с.

4 *Сокольский Д.В., Попова Н.М.* Каталитическая очистка выхлопных газов – Алма-Ата, 2001 г.

5 *Shamim T.* Effect of engine exhaust gas modulation on the cold start emissions /International Journal of Automotive Technology, 2011.- Vol. 12 - No. 4 - P. 475–487

6 Патент 26102 Устройство для очистки выхлопных газов /Кадыров А.С., Аскараров Б.Ш., Кабаев Д.Д., Ибатов М.К., Грузин В.В., Республика Казахстан 14.09.2012, бюлл., № 9. - 2с.

7 *Крылов О.В., Третьяков В.Ф.* Каталитическая очистка выхлопных газов автомобильного транспорта, Катализ в промышленности, 2007.- С. 44-54.

Ибатов М.К., профессор, доктор технических наук, e-mail: kargtu@kstu.kz

Кадыров А.С., доктор технических наук, профессор,
e-mail: irina.adilevna@gmail.com

Пак И.А., докторант, e-mail: i.pak@mail.ru

Барченко Л.М., магистрант, e-mail: bumerang888@mail.ru

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

MFTAP 65.29.03

Н. Онгарбаева¹, С. Жиенбаева¹, К.А. Елеукенова², Н. Батырбаева¹

¹Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

²Ұлттық мемлекеттік ғылыми-техникалық сараптама орталығы,
Алматы, Қазақстан

ЖАРМАНЫҢ САПАСЫНА КҮРІШ ДӘНІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІНІҢ ӘСЕРІ

Түйіндеме. Мақалада күріш және жарма өнімдерінің сапалық сипаттамасының зерттеу нәтижелері келтірілген. Күріш дәнінің және жармасының технологиялық қасиеттерін сипаттайтын белгілерінің арасындағы өзара байланысын анықтау үшін зерттеу нысаны ретінде Қызылорда облысы аумағында кең көлемде аудандастырылған Маржан, Янтарь, Лидер, Новатор күріш сұрыптарының үлгілері алынды. Зерттеу барасында олардың органолептикалық, физика-химиялық бағасы және олардың өзара байланысы анықталды. Нәтижелерді талдау сапалы ядро мөлшеріне тек күріш дәнінің сызаттылығы ғана емес, сондай-ақ дәннің құрылымдық белгілері де әсер ететіні туралы болжамдар жасауға мүмкіндік береді. Дәннің жоғары сызаттылығы эндоспермнің әртүрлі консистенциялы болуына негізделген. Ескерілген көрсеткіштер арасындағы анықталған өзара байланыс жарма өндіруде тәуелді белгілеулер бойынша үлгілерді таңдау мүмкіндігінің бар екендігін тұжырымдайды.

Түйінді сөздер: күріш, жарма, технологиялық қасиеттері, жарма шығымы, сапалы ядроның шығымы, сапа белгілері.

• • •

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований качественных характеристик зерна риса и крупы. В ходе исследований оценены их органолептические, физико-химические показатели и определенных взаимосвязи. В качестве исследуемых образцов были взяты на пробу сорта, произрастающие в Кызылординской области, как Маржан, Янтарь, Лидер, Новатор. На основе обработки данных исследований установлены: положительные корреляции между пленчатостью и выходом целого ядра, выходом мучки с выходом крупы, с выходом дробленной ядра, трешинатоватостью. Выявленные в ходе исследования взаимосвязь между показателями позволяет утверждать, что есть возможность отбирать пробы для лучшей производительности и лучшего качества продукта.

Ключевые слова: рис, крупа технологические свойства, выход крупы, выход целого ядра, признаки качества.

Abstract. The article presents the results of studies of the quality characteristics of rice grains and cereals. In the course of the research, their organoleptic, physicochemical parameters were evaluated and their interrelations were determined. As the samples studied, varieties grown in the Kyzylorda region, such as Marzhan, Yantar, Leader, Novator, were sampled. Based on the processing of research data, the following positives were established: positive correlations between firmness and the yield of the whole nucleus, the exit of the starch with the yield of the cereals, with the yield of the crushed core, trehalose. Identified during the study, the relationship between the indicators suggests that it is possible to take samples for better performance and better product quality.

Key words: rice, cereal, technological properties, cereal yield, whole kernel output, quality signs.

Кіріспе. Қазақстан халқының салауатты тамақтану саласында мемлекеттік саясатты іске асыру жолдарының бірі отандық шикізат көздерін табу және азық-түлік өнімдерінің жаңа буынын жасау болып табылады. Азық-түлікті қайта өңдеу өнеркәсібі үшін аса маңызды жармалық дақыл – күріш дәні. Күріштің адамзат тарихында елеулі орны бар, әлемде күрішке деген тұтынушылық сұраныс жыл сайын артып келе жатыр. Біріккен Ұлттар Ұйымы жанындағы Азық-түлік және Ауыл шаруашылық ұйымының болжамы бойынша 2020 жылға күрішке деген сұраныс бидайға қарағанда 2-3 пайызға артады. Қазақстанда күріш дақылы Қызылорда, Алматы және Оңтүстік Қазақстан облыстарында өсіріледі. Күріш дәнінің тағамдық құндылығы өте жоғары. Өзге дәнді дақылдардың ақуызымен салыстырғанда күріш ақуызы лизин және басқа алмастырылмайтын аминқышқылдарына бай. Күріш теңдестірілген диеталық өнім болып табылады (100 г жармада 351 ккал бар): онда адамға қажетті нәрсенің барлығы бар. Калий және натрий, мысалы, күріште 5:1 қатынасындай қамтылған, бұл денедегі сілтілік қышқылдың тепе-теңдігін сақтауға жеткілікті). Барлық жармалардың ішінде күріште ең көп мөлшерде жоғары сапалы крахмал (77,3%) болады. Күріштің құрамында дәрумен мен минералдар бар: оның ішінде фоли қышқылы, В тобының дәрумендері, темір мен мырыш. Мамандардың зерттеулерінде келтірілген мәліметтері бойынша күріште: тағамдық талшықтар - 32,3%, В₁ дәрумені - 22,7%, В₆ дәрумені - 25%, РР дәрумені - 26,5%, холин - 17 %, магний - 29 %, фосфор - 41%, цинк - 15%, мыс - 56%, марганец - 181,5%, селен - 36,4%, молибден - 38,1%, ванадий - 1000%, кремний - 4133,3%, кобальт - 69% [1-4].

Күріштің құрамында холестерин мүлде жоқ. Сондықтан да күріш жармасы диеталық тағамдардың қатарында жүр. Күріш ботқасы ас қорыту ауруларында және диареяда көмекке келеді. Оның құрамында көп мөлшерде көмірсулар мен жасұнықтың ең пайдалы заттары кездеседі. Ежелгі Қытайда дәрігерлер мен ғалымдар күріштің «денені нәрлендіретінін, энергияны қалпына келтіретінін, денеге күш беретінін, ауруды жоятынын» атап айтқан. Жапон зерттеушілері күріштің денсаулыққа ғана емес, интеллектті дамытуға көмектесетінін дәлелдеген [5-7]. Осыған байланысты жарма өнімдерінің тағамдық құндылығы мен оның органолептикалық және технологиялық көрсеткіштерін арттыру мәселелерінің ішіндегі ең бастысы және шикізат ретінде қолданатын дәннің табиғи ерекшеліктері бойынша тиімді пайдалану жолдарын анықтау өзекті мәселе болып табылады. Бұл мәселені түбегейлі зерттеп, сараптай отырып жарма дақылдарын тиімді өңдеу әдістерін қарастыру қажет.

Материалдар мен әдістер. Күріш дәнінің және жармасының технологиялық қасиеттерін сипаттайтын белгілерінің арасындағы өзара байланысын анықтау үшін зерттеу нысаны ретінде Қызылорда облысы аумағында кең көлемде аудандастырылған Маржан, Янтарь, Лидер, Новатор күріш сұрыптарының үлгілері алынды. Бұл сұрыптар соңғы жылдары аймақтың қатал топырақты-климат жағдайында жоғары өнімділік көрсетті. Күрішті өңдейтін жарма өндірушілерінің мәліметтеріне қарағанда осы сұрыптарына тұтынушылар тарапынан сұраныс жоғары.

Тәжірибе жүргізу барысында күріш дәнінің және жарманың сапа көрсеткіштерін анықтау мақсатында мемлекеттік стандарттар және соңғы үлгідегі аспаптар қолданылды. Күріш дәнінің сапасын анықтауда келесідей МЕМСТ қолданылды: ҚР СТ ИСО 13690-2006 (ИСО 13690:1999, IDT) - Астық, бұршақ және олардың өңдеу өнімдері. Жылжымайтын партияларының сынамаларын сұрыптау. МЕМСТ 20290-74 – Дәннің натурасын анықтау әдісі. ҚР СТ ИСО 712-2006 (ИСО 712:1998, IDT) – Астық және оны өңдеу өнімдері. Дәннің ылғалдылығын анықтау әдісі. МЕМСТ 10987-76 Дән. Шынылықты және сызаттылықты анықтау әдісі. МЕМСТ ISO 520-2014 – Астық және бұршақ мәдениеттері. 1000 дәннің салмағын анықтау әдісі. Зерттеу жұмыстары АТУ «АӨЖӨӨТ» кафедрасының техникалық зертханасында орындалды.

Зерттеу нәтижелері. Дән сапасының сипаттамасы үшін келесі көрсеткіштер қолданылады: жалпы (барлық дақылдардың дәндеріне қатысты); арнайы (жекелеген дақылдардың дәндері үшін қолданылатын); қауіпсіздік көрсеткіштері. Жалпы сапа көрсеткіштеріне барлық дақылдардың дәндерінің кез келген партиясында анықталатын міндеттілері жатады; балғындық белгілері (сыртқы түрі, түсі, иісі, дәмі), зиянкестермен зақымдалуы, ылғалдығы және ластануы. Арнайыларға немесе мақсаттыларға дәннің тауарлық-технологиялық қасиеттерін сипаттайтын сапа көрсеткіштері жатады. Күріш сапасын анықтайтын негізгі көрсеткіштері: ылғалдылығы, натурасы, қабықшылығы, сызаттылығы, шынылығы. Зерттеуге арналған күріш сұрыптарының сапалық сипаттамаларын бағалау үшін олардың сынамаларынан үлгі құрастырылып, стандарттық әдіс бойынша ылғалдылығы, 1000 дәннің массасы, натурасы, қоқыс және дәнді қоспасының мөлшері, қауыздылығы, сызаттылығы, шынылығы анықталды және жүргізілген зерттеу нәтижелерінің орташа мәні 1-ші кестеде көрсетілген.

1 – кесте. Зерттелетін күріш дәні үлгілерінің сапа көрсеткіштері

Сұрып	Сапа көрсеткіштері									
	Ылғалдылығы, %	1000 дәннің массасы, г	Шынылығы, %	Қоспалар, %					Сызаттылығы, %	Қауыздылығы, %
				қоқыс			дәнді			
				бүлін- ген	жетіл- меген	сынған	қызыл	сары		
1	13,2	32,8	89	1,0	2,3	1,4	1,9	2,0	4	17,0
2	13,8	30,7	94	1,3	2,2	1,3	2,6	2,2	3	14,8
3	14,0	28,8	88	1,4	2,1	2,9	3,4	2,8	8	16,3
4	14,0	29,9	91	1,7	2,4	2,8	3,7	2,7	6	17,9

Ескерту: 1 – Маржан сұрыбы; 2 – Новатор сұрыбы; 3 – Лидер сұрыбы; 4 – Янтарь сұрыбы

Зерттеуге алынған күріш сұрыптарының үлгілерінің түсін күндіз жарықта, эталонда белгіленген үлгілермен салыстыра отырып анықтадық. Одан кейін, біртұтас астықтың иісін білдік. Ол үшін дән үлгілерін стақанға салып, температурасы 60-70°C су құйып араластырып, шыны қақпақпен жауып қойдық. Сосын 2-3 минут өткеннен кейін иісі анықталды. Сынақ үлгілердің иісі мен түсі қалыпты, өзіндік астыққа тән екендігі белгіленді. Жалпы алынған талдау барысы келесі мәндерді көрсетті:

зерттелетін үлгілер қоқыс және дән қоспаларының саны бойынша бір-бірінен қатты айырмашылығы байқалған жоқ. Соның ішінде ең аз бүлінген қоспа (1,0%) Маржан сұрып үлгісінде, ал ең көп сынған қоспа (2,6%) янтарь сұрыбында болды. Алынған мәліметтерден (1-кесте) зерттелген күріш үлгілерінің ылғалдылығы 13,2 – 14,0% аралығында ауытқыды. Жетілмеген және бүлінген дәндердің жоғары мөлшері Янтарь сұрыбында байқалды сәйкесінше мәндері 2,5, 1,7.

Күріш сұрыптарының Янтарь, Лидер, Новатор, Маржан дәнінің ұзындығының еніне қатынасын (l/b) анықтау кезінде келесі деректермен сәйкесінше (l/b-2,4-2,5); и (l/b-2,3); (l/b-2,5); (l/b-2,3-2,6) сипатталды. Лидер сұрыбының жоғары сыну мөлшері – 2,9%. Лидер және Янтарь күріш сұрыптарының сызатталған өзек мөлшері – 22% және 26% құрады. Маржан сұрыбының құрамындағы қызыл және сары дәндердің мөлшері базистік нормадан аспады – 2,0%. Күріш сұрыптары Новатор және Лидер жақсы қабықшалық көрсеткіштерімен көзге түсті, сәйкесінше мәндері (14,8%) және (16,3%). Маржан сұрыбының 1000 дәнінің массасы – 32,8 г болды, басқа сұрыптармен салыстырғанда жоғары. Осыған қарап астықты ірі дәнді деп бағалауға болады. Ал Лидер сұрыбының 1000 дәннің салмағы - 28,8 г көрсетті.

Шынылық – күріш дәні сапасының маңызды көрсеткіші. Зерттелген күріш үлгілерінің шынылығы 88-94% аралығында ауытқыды. Новатор сұрыбының шынылығы ең жоғары - 94% болды. Лидер сұрыбының шынылық көрсеткіші - 88%. Осылайша алынған мәліметтерді талдау қарастырылған үлгілердің ішінде № 1 және № 2 орташа дәндік үлгілерде шынылығы 89 және 92 % және қоқыс және дәнді қоспалары мөлшері бойынша, сондай-ақ өзегінің сызаттылығы мен қабықшылығы бойынша 1000 дәннің салмағы сәйкесінше 32,8 және 30,7 г болатын жақсы мәндермен сипатталғанын көрсетеді.

Біздің зерттеуіміз күріш дәнінің жеке көрсеткіштері мен жарманың сапасының арасындағы байланысын анықтауға арналды. Сынаққа алынған күріш сұрыптарының үлгілерін арнайы зертханалық қондырғыда қауыздау арқылы жарма өнімдерін алдық. Жарманың жалпы шығымы және ондағы тұтас ядро мөлшері ЛУР-1М зертханалық қондырғысында анықталды. Жарманың сапалық көрсеткіштері 2-кестеде келтірілген. Күрішті жармаға өңдеудің негізгі міндеті – астықтың адам организміне сіңбейтін сыртқы қабатын максималды түрде жою. Сонымен қатар қабықшасы жоқ дәнді тағам ретінде дайындау тез әрі

жеңіл. Өңдеу тәсіліне байланысты күріш ажарланған, жылтыратылған және ұнтақталған болып бөлінеді. Күріш жармасы технологиясында барлық сыртқы және ішкі қабықшаларың, алейронды қабатын және ұрығын жояды, ал жарма толықтай тек эндоспермнен тұрады. Зерттеуге арналған жарма үлгілерінің сапалық сипаттамаларын анықтайтын негізгі көрсеткіштерін ылғалдылығың, құрамының ерекшелігін, жарма шығымың, жарма тазалығың ескереді. Сонымен бірге жарма сапасын түсі (түсінің өзгеруі сапасының нашарлауын және бұзылудың басталуын білдіреді) дәмі және иісі бойынша анықталады. Олар жарма түріне тән, бөгде дәм мен иіссіз болуы керек.

Жармаларды сұрыпқа бөлудің негізгі көрсеткіші сапалы ядро мөлшері болып табылады, ол партиядағы толыққұнды жарма мөлшерін және оның тазалығың көрсетеді. Яғни, жарма сұрыбы жоғары болған сайың, сапалы ядро мөлшері де көп болады.

2-кесте. Зерттелген күріш жарма өнімдерінің сипаттамасы

Сұрып	Ылғалдылығы, %	Жарманың шығымы, %	Сапалы ядроның шығымы, %	Ұнтақтың шығымы, %	Қауыздалмаған дән, %
1	13,5	71,0	95,2	8,1	0,2
2	13,8	72,1	96,8	7,8	0,18
3	14,1	71,0	94,5	8,8	2,0
4	13,2	68,5	82,3	9,5	2,2

Ескерту: 1 – Маржан сұрыбы; 2 – Новатор сұрыбы; 3 – Лидер сұрыбы; 4 – Янтарь сұрыбы

Барлық зерттелген жарма өнімдерінің органолептикалық көрсеткіштері стандарттың «ГОСТ 6292-93. Күріш. Жармасы» талаптарына сәйкес келді. Қарастырылып отырған жарма өнімдерінің ылғалдылықтары 13,2-14,1% аралығында ауытқыды. Белгілі, ылғалдылық сақтау кезінде жармада жүретін процесстер белсенділігімен тығыз байланысты. Стандарт бойынша жарманың ылғалдылығы 13-15% шамада болу керек, себебі ылғалдылығы жоғарылап кетсе, процесстердің белсенділігі жоғарылайды және жарманың ашуы, көгеруі, түйірленуі, өзін-өзі жылыту қаупі туындайды, ал 13%-дан төмен ылғалдылықта жарманың кебуі байқалады. Зерттелген жарма өнімдердің құрамындағы бөгде қоспаның, бұзылған ядроның, қауыздалмаған ядроның, ұнтақтың массалық үлесінің сипаттары стандартта қойылған нормалармен шектелді.

Осы алынған мәліметтер талдау арқылы анықталды. Бұл зерттелген жарма өнімдерін сапалық сипаттамаларының көрсеткіштері бойынша бірінші сұрыпқа жатқызуға болады.

Қазіргі кездегі сапа мәселесі біріншілік мәнге ие болып отыр. Өнімнің сапа стандартына сәйкес – өнім құрамы қажеттілікті қанағаттандыруға жарамды және тағайындалуына сай болуы керек. Өнім сапасына әртүрлі факторлар әсер етеді. Оның аса көп маңыздылығына шикізаттың сыртқы түрі мен сапасы жатады. Жарманың сапасы мен оның құрамына күріш дәнінің технологиялық қасиеттерінің әсерін білу үшін эксперименттік нәтижелерді математикалық өңдеу жүргізілді. Күріш жармасының шығымына ылғалдылық әсер етеді. Дәннің ылғалдылығы 13...14% аралығында болғанда жоғарғы нәтижелер алынады. Осындай дәннің ядросы қатты болғандықтан, қауыздауда және ажарлап жылтыратқанда бүтін, құнды жарма шығымы молырақ болады.

Жарма мен сапалы ядроның шығымы арасындағы тікелей орташа байланыс анықталды ($r = 0,62 \pm 0,18$), ал жарма шығымы мен қабықшалық арасындағы – кері байланыс орташа ($r = -0,52 \pm 0,17$). Сызаттылық дайын өнім сапасының төмендеуіне, негізінен күріш жармасындағы сапалы ядроның мөлшерінің кемуіне алып келеді. Ол күріш дәнінің арнайы қасиеті болып табылады және жарма өндіруде күріш өзегінің бұзылу дәрежесіне көп әсер етеді. Нәтижелерді талдау сапалы ядро мөлшеріне тек күріш дәнінің сызаттылығы ғана емес, сондай-ақ дәннің құрылымдық белгілері де әсер ететіні туралы болжамдар жасауға мүмкіндік береді. Дәннің жоғары сызаттылығы эндоспермнің әртүрлі консистенциялы болуына негізделген.

Сапалы ядро шығымы мен сызаттылық белгілері арасында кері байланыс орнатылған ($r = -0,54 \pm 0,16$). Шынылық пен 1000 дәннің салмағы арасында кері орташа байланыс орнайды ($r = -0,65 \pm 0,06$). Қауыздылықтың жоғары пайызы дәнді ұнтақтаудан қорғайды және осының арқасында сапалы ядроның шығымының артуына ықпал етеді. Дәннің қауыздылығы 18-19% шамада болған кезде оңтайлы үйлеседі. Біздің зерттеуімізде ең негізгі белгілердің бірі 1000 дәннің салмағы болып табылады. Бұл белгімен орташа оң байланысқа ұнтақтың шығымы, ($r = 0,52 \pm 0,10$) және ұнтақталған ядро ($r = 0,49 \pm 0,10$) ие, әлсіз теріс – жарма шығымы ($r = 0,28 \pm 0,11$).

Осылайша, ескерілген көрсеткіштер арасындағы анықталған өзара байланыс жарма өндіруде тәуелді белгілеулер бойынша үлгілерді таңдау мүмкіндігінің бар екендігін тұжырымдайды.

Әдебиеттер

1 Әрінов Қ.К., Мұсынов Қ.М., Алушев А.Қ. Өсімдік шаруашылығы. – Алматы: Дәуір, 2011.-632 б.

2 Костылева Л.М., Францева Н.В. Анализ взаимосвязи между признаками, характеризующими технологические свойства зерна и крупы риса/Вестник аграрной науки Дона, 2013.- №2 (22).- с.68-73

3 Жученко Н.Н., Костылева Л.М., Костылев П.И. Анализ количественных признаков крупнозерных сортообразцов риса/ Вестник аграрной науки Дона, 2014.- № 28.- Т.4 .- с.35-43

4 Миндиашвили, Ф.Л. Формирование потребительских свойств рисовой крупы в процессе технологической переработки .- Дис. Краснодар – 2004.- 155 с.

5 Dong J., Xiao K., Zuo H.L. Stably expressed QTLs for grain shape in rice grown in two Asian countries // IRRN. -2006. -V.31, №2. -p.47-48

6 Ксёэнз М.В., Брикота Т.Б. Оценка качества рисовой крупы/КФ РГТЭУ.- 2009, с.1-12

7 ГОСТ 6292-93 Крупа рисовая. Общие технические условия.- -М.: Изд-во стандартов, 2009.- 6с.

Онгарбаева Н., доктор технических наук, профессор

Жиенбаева С., доктор технических наук

Елеукенова К.А., кандидат технических наук

Батырбаева Н., доктор PhD

*А.Ж. Хастаева¹, А.К. Смагулов¹, Б.У. Умирзаков³,
М.Т.Нурғалиева², Н.Е.Мырзабаева²*

¹Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

²Казахстанско-Японский инновационный центр, г. Алматы, Казахстан

³Казахский НИИ животноводства и кормопроизводства,
г. Алматы, Казахстан

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МОЛОКА КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ НА ПРЕДПРИЯТИИ «РЗА – АСЫЛ ТҮЛІК» КЫЗЫЛОРДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье представлены материалы по определению жирнокислотного состава молока коров голштинской породы в весенний период на предприятии «Рза – Асыл түлік» Кызылординской области. Исследования проводились на газовом хроматографе Shimadzu GC-2010 Plus с пламенно-ионизационным детектором в Казахстанско-японском инновационном центре. В работе содержатся сведения по исследованию жирнокислотного состава липидов молока коров голштинской породы в весенний период. Так, по содержанию суммы полиненасыщенных жирных кислот преимущество принадлежит коровам I группы – 3,12%, против 2,86% - коровы II группы. Благоприятное соотношение содержания ненасыщенных жирных кислот получено в жире молока у коров I – опытной группы. Содержание насыщенных жирных кислот, больше в молочном жире коров II – группы, и масляной, поступающих в организм в основном лишь с молоком, больше в молочном жире коров этой же группы.

Ключевые слова: жирнокислотный состав, газовая хроматография, молоко, масло, голштинская порода.

• • •

Түйіндеме. Мақалада көктемгі мезгілдегі малды бағу кезеңіндегі Қызылорда облысының «Рза – Асыл түлік» ЖШС-нің голштин тұқымды сиырлар сүтінің май қышқылдық құрамын анықтау бойынша мәліметтер келтірілген. Зерттеу Қазақстан-Жапон инновациялық орталығының отты – иондау детекторымен Shimadzu GC-2010 Plus газды хроматографында жүргізілді. Жұмыста көктемгі мезгілдегі малды бағу кезеңіндегі голштин тұқымды сиырлар сүті липидтерінің май қышқылдық құрамын зерттеу бойынша мәліметтер бар. Жыл маусымының сүтті мал тұқымына байланысты май қышқылдары бойынша

алынған мәліметтер. Мәселен, полиқанықпаған май қышқылдары жиынтығының болуына қарай басымдылық I топ сиырларында – 3,12%, II-топ сиырларында 2,86%. Қанықпаған май қышқылдарының лайықты ара салмағы I – тәжірибе тобы сиырларының сүтінен алынды. Қаныққан май қышқылдары II – топ сиырлары сүтінің майында көбірек және де ағзаға тек сүтпен келетін майлы май қышқылы осы топтың сиырларының сүт майында басым болды. **Түйінді сөздер:** май қышқылдық құрам, газды хроматография, сүт, май, голштин тұқымы.

• • •

Abstract. The article presents materials on the identification of milk fatty-acid composition of Holstein cows in farm of “Rza – Asyl tulik” in Kyzylorda region. The materials researched on gas chromatograph Shimadzu GC-2010 Plus with a flame ionization detector at the Kazakh-Japanese Innovation Center. The paper contains information about study milk lipids of the fatty acid composition of Holstein cows in the spring season. Also, the data of fatty acids depending on the breed of dairy cattle during the year. According to results, sum of polyunsaturated fatty acids commonly belongs to the cows of the group I – 3,12%, 2,86% - the cows of group II. A favorable ratio of the content of unsaturated fatty acids was obtained in milk fat in cows of the experimental group II. The content of saturated fatty acids, more in milk fat of cows of group II, and oil acid which human body mainly get from milk, is higher in milk fat of cows group II.

Keywords: fatty acid composition, gas chromatography, milk, oil, Holstein breed.

Введение. Молоко содержит все необходимые для питания человека вещества - белки, жиры, углеводы, которые находятся в сбалансированных соотношениях и очень легко усваиваются организмом. Кроме того, в нем содержатся многие ферменты, витамины, минеральные вещества и другие важные элементы питания, необходимые для обеспечения нормального обмена веществ [1]. Молочный жир синтезируется в две стадии. На первой стадии образуются жирные кислоты и глицерин, на второй – триглицериды. Глицерин синтезируется в клетках молочной железы из глюкозы или поступает из крови. Основными предшественниками высокомолекулярных жирных кислот являются липиды крови – триглицериды и свободные жирные кислоты (главным образом стеариновая, которая в тканях железы превращается в олеиновую). Низкомолекулярные жирные кислоты и

некоторая часть высокомолекулярных кислот синтезируется клетками молочной железы из ацетата и оксibuтирата, которые интенсивно образуются в рубце животного при сбраживании клетчатки корма микроорганизмами.

Физико – химические свойства жиров определяются свойствами входящих в их состав жирных кислот. Для их характеристики служит так называемые константы, или физические и химические числа жиров. К важнейшим физическим числам относят температуру плавления и отвердевания, число рефракции, к химическим – число омыления, йодное число, число Рейхерта – Мейссля и число Поленске [2]. Жирные кислоты, входящие в состав триглицеридов, определяют физические свойства молочного жира. Жирнокислотный состав молочного жира непостоянен. Изменяется в зависимости от рациона кормления, породы животных, сезона года [3].

Методы исследований. Для выполнения работы в молочном стаде голштинской породы в период сентябрь – октябрь 2017 г. по принципу аналогов было сформировано 2 группы коров по 10 голов в каждой в зависимости от возраста (I группа – 1 отела, II группа – 2 отел и старше), а так же по месяцам лактации. Условия содержания, кормления и доения были сравнительно одинаковыми. Содержание коров на молочной товарной ферме без привязная, доение коров осуществлялось в доильном зале типа «Параллель» в комплектации «Свинговер». Доение - двукратное. Для исследования были взяты пробы, в весенний период, начиная с 10 марта один раз в декаду в итоге 3 раза в мес. всего за март 9 проб от каждой коровы за 1 мес., в течение весеннего период (март, апрель, май) было взято от 20 коров – 180 проб.

Пробоподготовку и определение жирнокислотного состава осуществляли в соответствии с ГОСТ 32915-2014 «Молоко и молочная продукция. Определение жирнокислотного состава жировой фазы осуществлялась методом газовой хроматографии». Для центрифугирования молоко наливали в две центрифужные пробирки (по 50 см в каждую) и центрифугировали при 10000 об/мин. в течение (15 ± 1) мин. Затем снималась верхняя жировая фракция и переливалась в стакан емкостью 250 см^3 , к ней добавлялось 150 см^3 гексана для гомогенизации в гомогенизаторе в течение 3-5 мин. при частоте враще-

ния ножей от 2000 до 5000 об/мин. Далее отделялся гексановый слой с растворенным в нем жиром, который переносился в круглодонную колбу вместимостью 250 см³. Колба, подсоединялась к ротационному испарителю, где полностью отгонялся растворитель при температуре (70±2)°С. Полученная жировая фракция использовалась для приготовления метиловых эфиров жирных кислот.

Исследование жирнокислотного состава проводили на газовом хроматографе Shimadzu GC-2010 Plus с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой Agilent J&W Columns GP-Sii 88 for FAME размером 100м×0,25мм×0.2мкл. Газовое питание детектора осуществлялось от регулятора газовых потоков следующими газами: азот, водород и воздух; максимальная температура детектора 260°С; температурные параметры: 100°С – 5 мин., до 210°С – 8 мин. Со скоростью 4°С/мин., до 240°С – 25 мин. со скоростью 10°С/мин.; объем вводимой пробы – 1 мкл. Поток деление проб 1/40.

Результаты исследования. Данные исследования жирнокислотного состава жира молока коров отражены на рисунках 1 и 2.

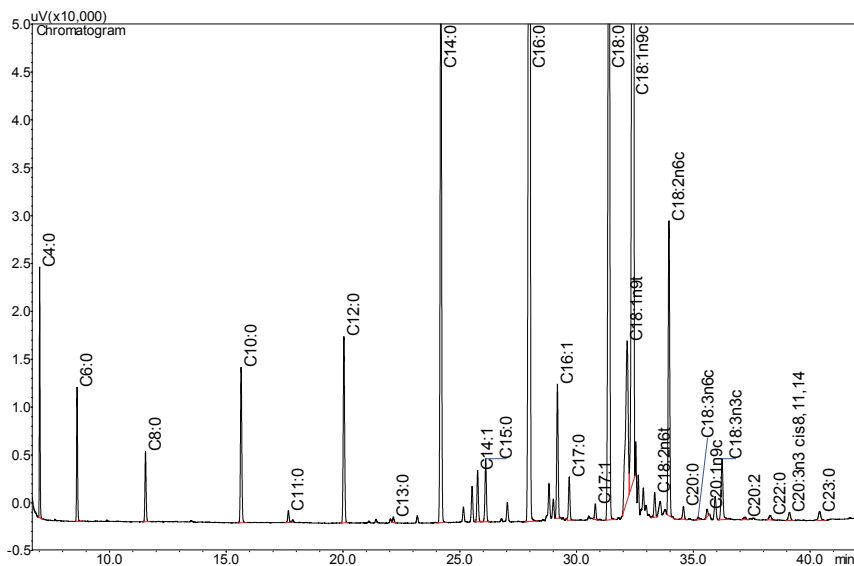


Рисунок 1 – Хроматограмма молочного жира I – группы

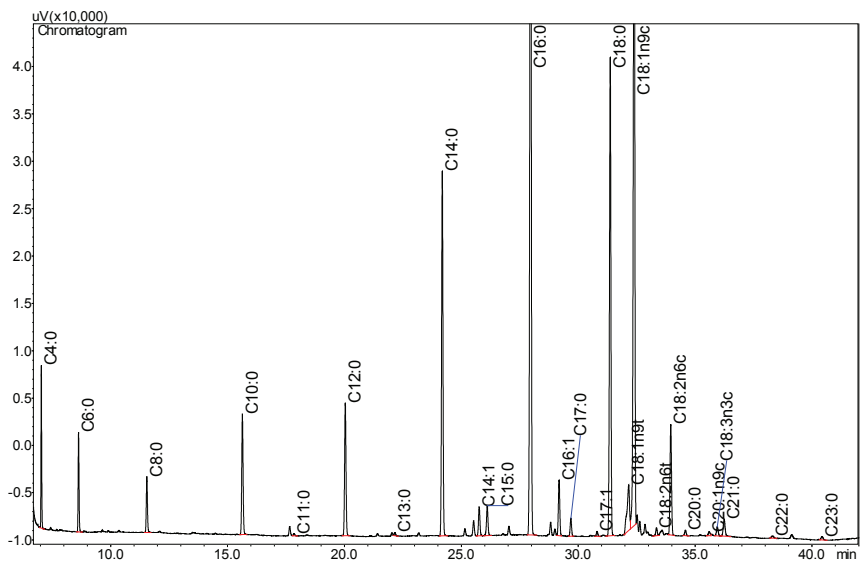


Рисунок 2 – Хроматограмма молочного жира II – группы

Таблица 1 – Жирнокислотный состав молока коров голштинской породы

Условное обозначение жирной кислоты	Наименование жирной кислоты по тривиальной номенклатуре	Массовая доля жирной кислоты, % от суммы жирных кислот по ГОСТ Р 52253-2004	I группа n=10	II группа n=10
Насыщенные жирные кислоты				
C4:0	Масляная	2,0-4,2	1,45	2,14
C6:0	Капроновая	1,5-3,0	1,01	1,71
C8:0	Каприловая	1,0-2,0	0,67	1,24
C10:0	Каприновая	2,0-3,5	1,67	3,07
C12:0	Лауриновая	2,0-4,0	2,08	3,56
C14:0	Миристиновая	8,0-13,0	7,43	9,68
C16:0	Пальмитиновая	22,0-33,0	23,84	24,72
C18:0	Стеариновая	9,0-13,0	12,97	12,98
C20:0	Арахидиновая	до 0,3	0,17	0,16
C22:0	Бегеновая	до 0,1	0,08	0,09

Продолжение таблицы 1

Мононенасыщенные жирные кислоты				
C14:1	Миристолеиновая	0,6-1,5	0,59	0,79
C16:1	Пальмитолеиновая	1,5-2,0	1,58	1,55
C18:1	Олеиновая	22,0-32,0	29,43	23,98
Полиненасыщенные жирные кислоты				
C18:2	Линолевая	3,0-5,5	3,75	3,29
C18:3	Линоленовая	до 1,5	0,93	0,3
Насыщенные кислоты			51,37	59,35
Ненасыщенные кислоты			36,28	29,91
Мононенасыщенные кислоты			31,6	26,32
Полиненасыщенные кислоты			4,68	3,59
Прочие			12,35	10,74

Концентрация насыщенных жирных кислот – в жире молока коров I опытной группы составило – 51,37%, во II опытной группе – 59,35%. Концентрация мононенасыщенных жирных кислот соответственно – 31,6% и 26,32%. Количества полиненасыщенных жирных кислот (C18:2; C18:3) – 4,68% и 3,59% (таблица 1).

Насыщенные жирные кислоты с числом атомов углерода до восьми остаются при комнатной температуре жидкими. Изменение в соотношении насыщенных жирных кислот в молочном жире определяет способность его к плавлению, а также обуславливает консистенцию, вкус и запах масла [4]. В структуре жирнокислотного состава молочного жира молока коров опытных групп содержание насыщенных жирных кислот (C4:0; C6:0; C8:0; C10:0; C12:0; C14:0; C16:0; C18:0; C20:0; C22:0) составило в I группе – 51,37% и во II группе – 59,35%, в том числе количества пальмитиновой кислоты (C16:0) в I группе – 23,84% и во II группе – 24,72%. Маселная кислота (C4:0) в I группе – 1,45% и во II группе – 2,14%. Стеариновая кислота (C18:0) – 12,97%; 12,98%. Каприловая кислота (C8:0) – 0,67% и 1,24% соответственно.

Содержание мононенасыщенных жирных кислот (C14:1; C16:1; C18:1) составило в I группе – 31,6% и во II группе – 26,32%, в том числе миристолеиновая кислота (C14:1) – в I группе – 0,59% и во II группе – 0,79%. Пальмитолеиновая кислота (C16:1) – 1,58%; 1,55%. Олеиновая кислота (C18:1) – 29,43% и 23,98% соответственно.

Содержание полиненасыщенных жирных кислот (С18:2; С18:3) составило в I группе – 4,68% и во II группе – 3,59%, в том числе линолевой кислоты (С18:2) – в I группе – 3,75% и во II группе – 3,29%. Линоленовая кислота (С18:3) – 0,93%; 0,3%.

В составе мононенасыщенных жирных кислот (UNSAT MONO) максимальное количество характерно для олеиновой кислоты (С18:1) 29,43% и 23,98% в I и II группах соответственно. В жире молока коров 2-го и старше отелов (II-группа) олеиновой кислоты было меньше на 5,45%.

В составе полиненасыщенных жирных кислот (UNSAT POLY) максимальное количество характерно для линолевой кислоты (С18:2) 3,75% и 3,29% в I и II группах соответственно. В жире молока коров 2-го и старше отелов (II-группа) линолевой кислоты было меньше на 0,46%.

Количество биологически важных полиненасыщенных жирных кислот (линолевой, линоленовой и арахидоновой) в молочном жире по сравнению с растительными маслами невысокое и составляет 3-5%. Их содержание в жире весной и летом (по данным В.П. Аристовой, В.Г. Атраментовой, М.В. Залашко, Л.И. Купрене и др.) выше, чем осенью и зимой [5]. Полиненасыщенные жирные кислоты характеризуются высокой биологической активностью – они участвуют в клеточном обмене веществ и обладают антисклеротическим действием [6]. В молочном жире по содержанию наиболее биологически важных полиненасыщенных жирных кислот преимущество принадлежит молоку коров I группы – 4,68%, против 3,59% - коров II группы.

Таким образом, в результате исследования жирнокислотного состава жира молока коров голштинской породы весеннего периода лактации выявлено различие между двумя опытными группами по количеству насыщенных жирных кислот 7,98% в пользу коров I группы. Ненасыщенных жирных кислот 6,37% в пользу коров I группы.

Выводы.

По содержанию суммы полиненасыщенных жирных кислот преимущество принадлежит коровам I группы – 3,12%, против 2,86%- коровы II группы;

Благоприятное соотношение содержания ненасыщенных жирных кислот получено в жире молока у коров I – опытной группы;

Содержание насыщенных жирных кислот, больше в молочном жире коров II – группы.

Список литературы

1 *Шейфель, О.А.* Биохимия молока и молочных продуктов: Конспект лекций // Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2010. – 126 с.

2 *Горбатова К.К.*, Биохимия молока и молочных продуктов: учеб. К.К. Горбатова, П.И. Гунькова; под.общ.ред. К.К. Горбатовой. – 4-ое изд., перераб. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2010. – 336 с.

3 *Андрианов Ю.П., Вышемирский Ф.А., Качераускис Д.В. и др.* Производства сливочного масла: Справочник. Под ред. д.т.н. Ф.А. Вышемирского. – М.: Агропромиздат, 1988. – 303с.

4 *Барабанщиков Н.В.*, Молочное дело. – 2-ое изд., пераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. -351 с.

5 *Горбатова К.К.* Биохимия молока и молочных продуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 344с.

6 ГОСТ Р 52253-2004 Масло и паста масляная из коровьего молока (с Изменением №1). Общие технические условия. – Введ.01.07.2005г. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2004. - 31 с.

Хастаева А.Ж., докторант, e-mail: gera_or@mail.ru.

Смагулов А.К., доктор биологических наук, профессор,
e-mail: a_k.smagulov@mail.ru.

Умирзаков Б.У., кандидат сельскохозяйственных наук

Нурғалиева М.Т., директор Казахстанско-японского инновационного центра,
e-mail: meruet-79@mail.ru.

Мырзабаева Н.Е., магистр, e-mail: murzanurgul@gmail.com

У.Ч. Чоманов¹, Г.С. Кененбай¹, Т.М. Жумалиева¹

¹Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности,
г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЯ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация. Проведен анализ сбалансированности аминокислотного состава разработанных колбасных изделий по сравнению с традиционными изделиями данного вида - варено-копченой колбасой «Московская». Цель работы - исследование аминокислотного состава и сбалансированности разработанных готовых функциональных колбасных изделий с применением биологической добавки из жмыха льняных, тыквенных и кунжутных семечек. В результате исследований установлено, что применение растительного сырья в производстве колбас положительно влияет на биологическую ценность готовых изделий. Область применения – мясная, пищевая промышленность, перерабатывающие отрасли всех форм собственности.

Ключевые слова: мясные продукты, пищевые добавки, белок, аминокислоты, колбасы.

• • •

Түйіндеме. Шұжық өнімдерінің амин қышқылдарының құрамының дәстүрлі шұжық өнімі – пісіріліп-ысталған «Московская» шұжығымен салыстырғандағы теңгерімдігіне талдау жүргізілді. Ұсынылған жұмыстың мақсаты – зығыр, асқабақ және күнжіт тұқымынан биологиялық қоспасын қолдану арқылы алынған дайын функционалды шұжықтардың амин қышқылдық құрамын және құрамының теңгерімдігін зерттеу. Зерттеу нәтижесінде шұжық өндірісінде өсімдік шикізатын пайдалану дайын өнімнің биологиялық құндылығына оң әсерін тигізетіні анықталды. Қолдану саласы – ет, тамақ өнеркәсібі, өңдеуші салаларының барлық меншік нысандары.

Түйінді сөздер: ет өнімдері, қоспалар, ақуыз, амин қышқылдары, шұжықтар.

• • •

Abstract. It was carried out the analysis of the balance of the amino acid composition of the sausage products developed in comparison with the traditional products

of this type - boiled-smoked sausage "Moskovskaya". The aim of the presented work is to study the amino acid composition and balance of the developed ready-made functional sausages with the use of a biological additive from the linseed meal, pumpkin and sesame seeds. As a result of the research it was established that the use of vegetable raw materials in sausage production positively affects the biological value of finished products. Application area - meat, food industry, processing industries of all forms of ownership.

Keywords: meat products, nutritional supplements, protein, amino acids, sausages.

Введение. Неправильное питание – частая причина развития нарушений в деятельности человеческого организма. Путем изменения характера питания можно воздействовать на обмен веществ и адаптационно-компенсаторные возможности организма и т.д. Результаты скрининговых обследований свидетельствуют о значительных нарушениях в рационе питания населения страны, в том числе избыточном потреблении животных жиров, недостатке полноценных белков, полиненасыщенных жирных кислот, пищевых волокон, дефиците витаминов (группы В, А и С), минеральных веществ, особенно кальция, железа, селена, йода. Исходя из этого, актуальными являются разработки продуктов функционального питания, отвечающих научно обоснованным рекомендациям по рациональному питанию [1]. Наиболее перспективным базовым продуктом для функционального питания является мясная продукция, так как мясо является источником полноценного белка, отличается высокой биологической ценностью и по показателям аминокислотного состава является схожим с эталоном, предложенным ФАО/ВОЗ. Это делает его ценным сырьем для производства функциональных продуктов [2].

Основное направление исследований по разработке мясных продуктов связано с целью улучшения обмена веществ и повышения иммунных свойств организма человека путём коррекции жирового и углеводного составляющего продукта без снижения биологической ценности белкового состава [3-7]. В этой связи проводилось исследование аминокислотного состава и сбалансированности разработанных готовых мясных изделий, в которых применялись биологические добавки из жмыха льняных, тыквенных и кунжутных семечек.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в лаборатории «Технология переработки и хранения продуктов

животноводства». Экспериментальные образцы вырабатывались в условиях мясоперерабатывающего цеха Казахского научно-исследовательского института перерабатывающей и пищевой промышленности. Контрольные образцы вырабатывались согласно рецептуре колбасы варено-копченой марки «Московская» (СТ РК 1333-2005). Содержание аминокислот в образцах определяли на аминокислотном анализаторе в испытательной лаборатории ТОО «Нутритест» по стандартной методике Р № 09-40-99.

Результаты исследований. Анализ сбалансированности химического и аминокислотного состава разработанных варено-копченых мясных изделий проводился в сравнении с соответствующими показателями для традиционных изделия данного вида - варено-копченной колбасы «Московская» [8]. Химический состав контрольных и опытных продуктов представлен в таблице 1.

Таблица 1- Химический состав контрольных и опытных образцов колбасных изделий

Наименование	Содержание, г/100 г готового продукта	
	Колбаса «Московская», варено-копченая	Опытный образец
Белки	19,1	19,8
Жиры	36,6	36,8
Углеводы	0,2	0,35
Клетчатка	-	0,61
Зола	4,4	4,56
Влага	39,7	40,01

Жмых льняных, тыквенных и кунжутных семечек введенный в фарш в качестве рецептурного ингредиента в количестве 20% (опыт), обусловил наличие в готовом продукте такого структурного полисахарида, как клетчатка и содержание белка на уровне контрольных образцов.

Клетчатка и структурные полисахариды, содержащиеся в жмыхе льняных, тыквенных и кунжутных семечек, вследствие высоких гидрофильных свойств, незначительно повысили содержание влаги в готовой продукции (на 0,8%). Биологическая ценность варено-копченых колбас характеризовалась сбалансированностью содержанию аминокислот. Характеристика данных состава аминокислот

белков разработанных и традиционных мясных продуктов по сравнению эталоном белка рекомендованного ФАО ВОЗ представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Сравнительный состав незаменимых аминокислот белков функциональных мясных продуктов

Аминокислота	Идеальный белок ФАО/ВОЗ, г/100г белка	Содержание, г/100г белка	
		Колбаса «Московская», варено-копченая	Опытный образец
Незаменимые аминокислоты			
Лизин	5,5	1,31	1,30
Лейцин	7,0	1,32	1,32
Изолейцин	4,0	0,87	0,9
Валин	5,0	0,95	0,96
Треонин	4,0	0,81	0,81
Метионин + цистин	3,5	0,47	0,48
Триптофан	1,0	0,25	0,28
Фенилаланин + тирозин	6,0	1,59	1,59
Заменимые аминокислоты			
Аланин	-	1,14	1,17
Аргинин	-	1,32	1,17
Аспарагиновая кислота	-	2,0	1,67
Гистидин	-	0,86	0,94
Глицин	-	0,98	0,99
Глутаминовая кислота	-	2,86	2,71
Пролин	-	0,47	1,078
Серин	-	0,72	0,75
Цистеин	-	0,30	0,32
Тирозин	-	0,78	0,78

Как показывают результаты исследований по составу незаменимых аминокислот, более приближенным к составу эталонного белка является опытный образец продукта. Наиболее высокие показатели при определении количества незаменимых аминокислот получены для изолейцина (0,9г/100г белка), для триптофана (0,28г/100г белка), что обосновано сравнительно высоким содержанием данных аминокислот в составе жмыха льняных, тыквенных и кунжутных семечек.

Результаты исследований отражают высокую степень полноценности белков и сбалансированность рассматриваемых продуктов по сравнению с традиционным продуктом. Определяли биологическую ценность мясных продуктов путём сравнения аминокислотного состава изучаемых белков со шкалой аминокислот, рекомендованной Продовольственным комитетом Всемирной организации здравоохранения. Этот методический приём носит название аминокислотного сора (рисунок 1).

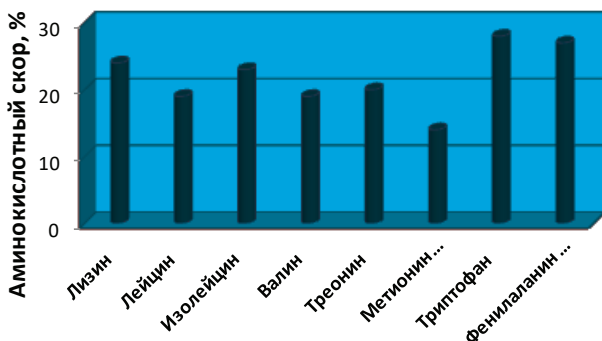


Рисунок - 1. Аминокислотный сор незаменимых аминокислот функциональных мясных продуктов

Согласно результатам исследований самый высокий аминокислотный сор наблюдается у фенилаланин+тирозина порядка 27%, лизина - 24% и триптофана – 28%. Что касается различий содержания аминокислот между продуктами, то они незначительны, их диапазон составил 0,02-0,3 г/100 г белка.

Обсуждение результатов. Исследованиями выявлено, что опытные образцы имели более высокие показатели триптофана (0,28г/100 г белка) по сравнению с контрольной продукцией (0,25г/100г). Аминокислотный сор триптофана для функциональных колбасных изделий равен 28%. Известно, что триптофан участвует в синтезе витамина РР, отсутствие его в пище вызывает пеллагру. Дисбаланс триптофана в организме ведет к тяжелым заболеваниям, таким как туберкулез, рак, диабет. Повышение содержания триптофана в

опытных образцах колбас обусловлено высоким содержанием данной аминокислоты в применяемых добавках [9].

Результаты расчета аминокислотного сгора показывают высокие показатели также для фенилаланин+тирозина (27%). Из тирозина синтезируются такие биологически активные вещества, как тиреоидные гормоны (тироксин, трийодтиронин), предшественник катехоламинов (дофамин, адреналин, норадреналин) и пигмента меланина, гомогенизат является предшественником токоферолов. С обменом тирозина связаны ряд наследственных заболеваний [5]. Содержание лизина в опытных образцах удовлетворяет требования ФАО/ВОЗ на 24%. Лизин необходим для нормального формирования костей и роста детей, способствует усвоению кальция и поддержанию нормального обмена азота у взрослых. Лизин участвует в синтезе антител, гормонов, ферментов, формировании коллагена и восстановлении тканей [9]. На основе проведенных исследований выявлено, что при применении растительных добавок с высоким содержанием полиненасыщенных кислот наблюдается незначительное увеличение содержания аминокислот. Данные результаты показывают, что замена мясного сырья жмыхом льняных, тыквенных и кунжутных семечек не снижает биологическую ценность белков в готовом продукте.

Заключение. Аминокислотный состав разработанных колбасных изделий с функциональными свойствами доказывает его высокую биологическую ценность. Кроме того, по сравнению с традиционной технологией производства предлагаемая технология позволит снизить себестоимость продукции за счет замены дорогостоящего мясного сырья вторичным растительным сырьем, что в свою очередь увеличит доступность продукции для всех слоев населения.

Источник финансирования исследований - Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан.

Список литературы

1 Комаров Н.В., Савилова К.Г., Левина А.С. Низкокалорийные эмульсионные системы для продуктов геродиетического питания // Масложировая промышленность. – 2007. - №6. - С.8-9.

2 Прохасько Л.С., Гридчина В.Р., Симоченко Е.В., Бакирова Л.С., Турсунбаева А.К. Продукты функционального питания животного происхождения // Молодой ученый. - 2015. - №4. - С. 238-241.

3 Жукова С.Б., Степаненко Т.С. Обзор разработки перспективных направлений создания функциональных продуктов для геродиетического питания людей страдающих заболеваниями опорно-двигательного аппарата // Процессы и аппараты пищевых производств. – 2010. – №1. – С. 23.

4 Асланова М.А. Функциональные продукты на мясной основе, обогащенные растительным сырьем // Мясная индустрия. – 2010. – № 6. – С. 45–47.

5 Базарнова, Ю.Г. Повышение пищевой ценности мясных продуктов // Мясная индустрия. – 2005. – № 2. – С. 42–43.

6 Могильный М.П. Современные подходы к производству мясных функциональных продуктов в общественном питании // Известия вузов. Пищевая технология. – 2008. – № 4. – С. 35–38.

7 Шалимова О.А. Применение нетрадиционного сырья в технологии мясного производства // Мясные технологии. – 2007. – № 5. – С. 32.

8 Скурухин И.М. Тутельян В.А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания. – Москва: Дели Принт, 2007. – С. 223.

9 Окусханова Э.К., Асенова Б.К., Ребезов М.Б., Омаргалиева Н.К., Есимбеков Ж.С. Аминокислотный состав паштетов на основе мяса марала и белкового обогатителя // Food Processing: Techniques and Technology, 2015.- №4. – С.71-72.

Чоманов У.Ч., доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, e-mail: chomanov_u@mail.ru.

Кененбай Г.С., кандидат технических наук, e-mail: gkenenbay@mail.ru.

Жумалиева Т.М., магистр, e-mail: torgyn-zh@mail.ru.

F.V. Shestakov¹

¹«OBIS» LLP, Almaty c., Kazakhstan

STEAM CONDENSATION IN THE ATMOSPHERIC MOISTURE AND CONDENSATION PROCESSES IN FRACTURED AND KARST RESERVOIR ROCKS

Abstract. This article reviews the main scientific publications on atmospheric moisture condensation and condensation processes in fractured and karst reservoir rocks. Analysis of the results of experiments and observations showed that the recommendation previously proposed by the scientists on not taking into account condensation component in balance calculation, is untenable and it needs to be clarified and finalized. The discovery of the negative impact of water of condensation on the development of karst in frozen rocks makes it possible to solve the ecological problems of these regions in a new way. To conduct research at different altitudes on cliffs were installed devices for measuring humidity, temperature, pressure. Indications from these devices were being taken for a week. However, in connection with the restructuring, the financing of these interesting and important works was discontinued. The study of steam condensation of and condensation processes in fractured and karst reservoir rocks is particularly important for the karst areas of Kazakhstan (Uluchur, Susingen plateau, etc.), where the condensation component of water resources (according to preliminary data of the Institute of Geology of Academy of Sciences of Kazakh SSR) may have a major role.

Keywords: atmospheric moisture condensation and condensation processes, karst, condensation sources, balance formula of Dublyansky, renewable resource of fresh water, steam condensation in frozen rocks.

• • •

Аннотация. В статье произведен обзор основных научных публикаций по конденсации атмосферной влаги и конденсационным процессам в трещинно-карстовых коллекторах. Анализ результатов экспериментов и наблюдений показал, что ранее предложенная учеными рекомендация не учитывать в балансовых расчетах конденсационную составляющую несостоятельна и, ее необходимо уточнить и доработать. Открытие негативного воздействия конденсационных вод на развитие карста в мерзлых породах позволяет по-новому решать экологические проблемы этих районов. Для проведения исследований на разных

высотах на уступах были установлены приборы для измерения влажности, температуры, давления. С этих приборов в течение недели снимались показания. Однако финансирование этих интересных и важных работ было прекращено. Исследование конденсации атмосферной влаги и конденсационных процессов в трещинно карстовых коллекторах особенно важно для закарстованных районов Казахстана (плато Улчур, Сусинген и др.), где конденсационная составляющая водных ресурсов (по предварительным данным ИГГ АН РК) может играть основную роль.

Ключевые слова: сор конденсация атмосферной влаги, конденсационные процессы, карст, конденсационные источники, балансовая формула Дублянского, возобновляемый ресурс воды, пар в мерзлых породах.

• • •

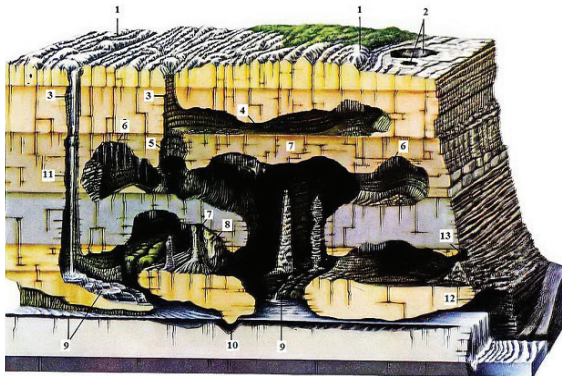
Түйіндеме. Бұл мақалада жарықшақ-карстық коллекторлардағы атмосфералық ылғал мен конденсациялық үрдістердің конденсациясы бойынша негізгі ғылыми басылымдарға шолу жасалған. Эксперименттер мен байқаулардың нәтижелерінің талдауы ғалымдардың бұрынғы ұсыныстары баланстық есептерде конденсациялық құраушыны ескермейтінін, оның негізсіз екенін көрсетті, оны анықтап, аяқтау қажет. Кертпештерде әр түрлі биіктіктерде зерттеулер жүргізу үшін ылғалдылықты, температураны, қысымды өлшеу үшін аспаптар орнатылды. Осы аппараттардан аптаның ішінде көрсеткіштер жазылып алынды. Алайда қайта құруға байланысты осы қызықты және маңызды жұмыстардың қаржыландырылуы тоқтатылды. Жарықшақ-карстық коллекторлардағы атмосфералық ылғалдың және конденсациялық үрдістердің зерттелуі, әсіресе Қазақстанның карстық аудандары (Улчур үстірті, Сусинген және т.б.) үшін маңызды, мұнда су ресурстарының конденсациялық құрамдас бөлігі (Қазақ КСР ҒА Тау-кен ісі институтының алдын-ала деректері бойынша) негізгі рөлді атқаруы мүмкін.

Түйінді сөздер: атмосфералық ылғалдың конденсациясы және конденсациялық үрдістер, карст, конденсациялық көздер, Дублянскийдің қатып қалған жыныстардағы су буының конденсациясы, конденсациялық су.

According to the geological postulates of F.P. Savarensky, under the Karst (from Karst (German), after the name of Krasus limestone plateau in Slovenia) - the phenomena associated with the activity of groundwater, expressed in the desalination of soluble rocks (limestones, dolomites, gypsum) and formation of voids (canals, caves) in rocks, often accompanied by failures and subsidence of the back and the formation of funnels, lakes and other depressions on the surface of the Earth" [1]. Karst is characterized by a complex of surface (funnels, karrens, gutters, hollows,

caverns, etc.) and underground (karst caves, galleries, cavities, lines) forms of relief. Intermediates between surface and subterranean forms are shallow (up to 20 m) karst wells, natural tunnels, mines or dips. Karst funnels or other elements of surface karst, through which surface waters leave the karst system, are called ponors (Figure 1).

Fissured and fissured-karst rocks are widespread everywhere and often occupy huge spaces. The waters confined to them are very diverse, which is closely related to the conditions of their formation and the time of their contact with the water-bearing rocks. Karst waters are underground waters, forming lying or moving in cracks and karst rocks, formed with the inevitable participation of dissolution processes. Usually, leaving in karstic cavities, water accumulates deep under the ground. Very often it serves as a source of water supply. For example, the water supply of Crimea resort is almost entirely dependent on karst water. Finally, without karst, there would not have been many mineral springs of Czechoslovakia, Hungary, the USA and our "Borjomi, Narzan and Essentuki". For the development of karst is not enough only soluble rock and water. If it is dense, without cracks, limestone or even gypsum is poured by water, it can stand for hundreds of years, turn into a saturated solution, but will not create



1 - carrens; 2 - funnels; 3 - natural mines and wells; 4 - cave gallery; 5 - vertical cave cavity; 6 - stalactites; 7 - stalagmites and stalagnate (filamentary column); 8 - filigree draperies; 9 - underground watercourses; 10 - siphon; 11 - underground waterfall; 12 - mainsail with a karst source of Fontaine de Vaucluse type; 13 - entrance to the cave system

Figure – 1 Scheme of karst processes in the mountain massif [2]

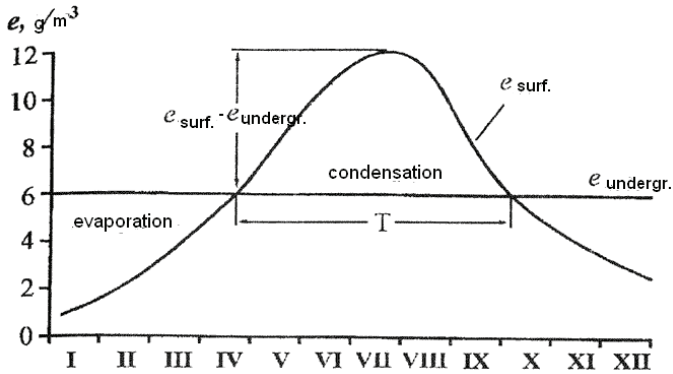
karst forms. For the growth of funnels and caves, it is necessary that the rock has pores or cracks along which water would carry away the dissolution products. Passing through the cracks, the water not only dissolves, but also erodes the rock, accelerating the growth of cracks and voids, preparing conditions for failures and extensive underground passages.

Industrial enterprises of Kazakhstan, the Urals, most of Leningrad and many other cities use karst waters. However, wherever cooking and other salts are being quarreled, the water is unsuitable for either technique or for everyday life. So, in Western Yakutia, artesian water is not water, but brine.

Until recently, it was believed that in the formation and feeding of fissured-karst waters, mainly infiltration waters [3] take part, and the possibility of their condensation feeding in balance calculations was not taken into account. It has now become clear that the accumulation of empirical material has led researchers to critically reconsider their attitude to the old paradigm. It turned out that the solid of the Earth is corroded not only by rainwater and running water penetrating deep into it, but also by the so-called condensation moisture. In underground voids, this moisture is rapidly saturated with carbon dioxide and becomes even more active solvent of carbonate rocks than water seeping from above; there is reason to believe that condensation moisture is ten times more active. But in fact, perhaps, in all over the world you will not find a cave, where there would be no condensation moisture. For example, T.I. Ustinova painstakingly calculated that in the summer in the cave cavities of the Crimea for each cubic meter of emptiness there is at least half a liter of condensation water. Subsequent researchers have proved that this figure can be significantly increased.

It all began with a thorough study of the agrophysicist A.F. Lebedev, who found that "pumping" through the pores and cracks in the rocks of a large amount of air is not necessary for condensation. Water vapor moves independently from areas with large to regions with a smaller partial pressure of water vapor and air temperature. From this it follows that in a warm period condensation is theoretically possible in fractured rocks and karstic cavities, and in cold period - evaporation (Figure 2). [4]

For the period from 1869 to 1987 about 1000 scientific articles have been published on the problem of condensation of atmospheric moisture [5]. To date the number of publications has increased significantly. 10% of the researchers consider that condensation of atmospheric moisture under the ground is impossible, 30% believe that the condensation of the warm



T – condensation duration, days ($e_{surf} - e_{undgr}$) – absolute air humidity, mm of mercury

Figure - Line of absolute humidity (mm of mercury) on the surface (e_{surf}) and underwater, in neutral zone of caverns (e_{undgr}).

period is compensated by the evaporation of the cold period and its role in the water balance is negligible, 50% assigns some role to it in the water balance, but abstains from quantitative estimates and only 10% recognize its significant hydrogeological significance. In modern reference and methodological literature it is noted that *“in connection with the complexity and laboriousness of quantitative determination of condensation in balance studies, it is not yet expedient to take it into account”* [6, p.120]; *“due to practical difficulties of definition, condensation is conditionally taken into account along with precipitation and evaporation”* [7, p. 89] and others.

The greatest volume of research of condensation processes in fissured-karst cavities falls to the share of speleologists and karstologists. However, they still do not have a common point of view on the problem.

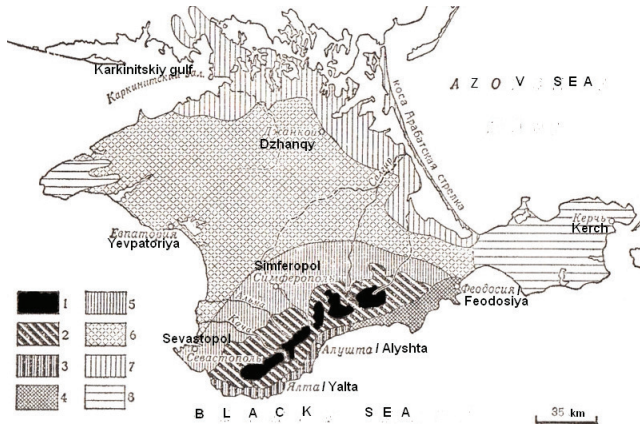
A review of the work on the role of condensation in speleogenesis and karstology was carried out by V.N. Dublyansky, in which he gives a summary of these opinions. Thus: E. Martel rejects its possibility, F. Tromb and N.A. Gvozdetzky give it a significant role, and B.A. Gergedava - even the dominant role in speleogenesis. In the fundamental summary of D. Ford and A. Williams it is only mentioned that condensation has a seasonal course, and condensation waters produce significant corrosion work [8].

Long-term studies of the karst of the Crimea, the Caucasus and oth-

er regions of the former USSR attest to the great role of condensation in the formation of karst waters and speleogenesis (Figure 3). The most significant contribution to the clarification of the significance of condensation water in fissured-karst collectors and their share in the balance and formation of groundwater belongs to the recently graduated doctor of geological and mineralogical sciences, professor Viktor Nikolayevich Dublyansky. The inconsistency of the infiltration theory for a number of geographic regions was proved by numerous studies later. So, in response to the conclusions of the Crimean expedition of geologists T.I. Ustinova and L.G. Reznikova (1955-1956 yy.), who reduced themselves to the assertion that condensation moisture can provide the activity of just one small source, and in fact is impossible, the geologist V.N. Dublyansky and the mathematician V.V. Ilyukhin came to the directly opposite conclusions. Used as a basis the limestone remains Mangup - the source of the second ridge of the Crimean Mountains, where there are no glaciers, and practically no snow deposits, isolated and surrounded by precipices, a source that has been operating since the 12th century! No wonder, at this time was the capital of the principality Theodoro Gothia, and then the Turkish fortress. Having processed the data, V.N. Dublyansky came to the conclusion that in the whole Main Ridge of the Crimean Mountains air exchange in the karst cavities occurs from 1 time in 5 days to 157 times a day, i.e., on average 14 times a day! The actual duration of condensation for the Crimea under various conditions averages from 44 to 238 days a year, and its magnitude for all voids of the Crimean mountains reaches 7.1% of the annual amount of precipitation, i.e., the condensation water yields almost all year-old runoff of the Crimean rivers! These facts can be explained solely by the condensation origin of water. The experiments made it possible to put forward the hypothesis of "open cracking", that is, the use of many small cracks as capacitors [10].

Another peculiarity of the condensation processes occurring in the fissure-karst reservoirs is the multiple repetition of interfacial transformations in the daily cycle in the three-component system "water vapor-liquid water-fissure-karst collector". At the same time, in the presence of an appropriate temperature regime, conditions are created for the formation of condensation waters.

Similar studies confirming the participation of condensation in the formation of groundwater are described for a number of other regions. The review of the huge factual material produced by V.N. Dublyansky allowed him to distinguish four levels of research (global, regional, local and objective),



1 - karst vertex surface of the Yaila; 2 - mountain slopes of Yaila with forest landscape; 3 - mediterranean landscape of South shore of Crimea; 4 - eastern part of the southern coast (Mediterranean landscape); 5 - southern forest-steppe and forest-shrub landscapes of cuesta ridges; 6 - the steppe Crimea, farmed plains landscape; 7 - Prisivashiye, dry steppe landscape with fragments of semi-desert; 8 - Tarkhankut peninsula and Kerch peninsula, hilly-steppe landscape
 Figure 3 - Landscape scheme of the Crimea [9]

on which it is expedient to use different methodological approaches and methods of studying condensation. This methodical approach is justified by the fact that data obtained at one level is not always transposed to another [4,7]. There are also more unique types of condensation in the permafrost zone. Most researchers of the North of Russia say that on the Olenyok Plateau between the rivers Lena, Anabar and Vilyuy, where the world's most powerful layer of frozen soils is a mile and a half, there are many karst lakes and funnels. It turns out that the permafrost for water travel is not an obstacle at all? But the way of its formation and movement differs from ordinary flowing waters. Thus arose the hypothesis of film water.

Back in 1890 G.Ya. Bliznin [4, 7] voiced a thought that seemed incredible at the time, that water can move in a frozen rock. True, not by a stream, not by a drop, but by a film. And only a half-century studying the film water began I.A. Tyutyunov [11] and later many other scientists. Now many specialists in geocryology are interested in this topical issue for any construction on frozen soils. They were convinced that only free water freezes in frozen ground. And everywhere in the permafrost there is liquid

water in the capillaries penetrating any sedimentary rock, and so-called adsorption water enveloping a thin film of the individual particles of which the rock is composed. Such water freezes is not at zero, but at minus 25°C, but more often starting from -45 - -50°C. And in the permafrost, apparently, there is no colder minus 17°C.

The movement of adsorption-film water is very difficult and not completely studied. Its movement depends on the mineral composition, and on the exchange cations of rocks, their density, the degree of water saturation of the permafrost and much, much more. Simplifying, we can say this: film moisture passes from one rock particle to another because of a change in the attraction field when cooling the upper layers of frozen soil. Specialists in the limb of the permafrost distinguished three layers. The upper, active, with a thickness of 20 centimeters to three meters and freezing in winter, but thawing in the summer. Under the active layer up to a depth of four meters there is always a frozen layer that changes its temperature - in the summer it is warmer and in winter it is colder. Because of these thermal stresses, frozen cracks appear in the frozen rocks, in which water can enter. Still lower is the third, all the time cold and very powerful layer with a constant negative temperature. Any fluctuation in the temperature of rocks stimulates the movement of adsorption-film water to where it is colder. Especially active it moves with a temperature fluctuation from 0°C to -5°C. Traveling, the film water dissolves the limestone it clings to.

Migrating to the freezing front, the water film gives way to fresh moisture. This is sometimes repeated several times a year, when a piece of rock freezes and thaws. With a rapid loss of soil moisture due to the outflow of film water, water vapor, which turns into condensation moisture, also travels several times a year in permafrost. Of course, many details still need to be clarified, but the general scheme of the karst in frozen soils is already clear. And, as you can see, it differs significantly from ordinary karst. However, the result is the same: even in permafrost soils, underground cavities grow, there are gaps and funnels, rivers disappear ... The only difference is that the permafrost binds up rocks, and this longer masks the underground cavities, which are very dangerous for any construction. And it's useful to know about this not only for specialist in geocryology and geographers, but also for drillers, road and pipeline workers - in general, everyone who works on economic development of the northern territories.

At present, the problems of film water, its forms and migration options are rather fully considered in the thesis of Komarov Iliya Arkadiyevich [12]. However, it does not consider condensation processes in fissured-karst

rocks within permafrost. Studying them in connection with the expected global warming and solving the practical needs of the northern regions is one of the most pressing contemporary problems of the planet. The complexity of describing the phase state of water in real frozen rocks is associated with the need to simultaneously take into account the influence of a significant number of factors on it. This, for example, adsorption and capillary forces, the interaction of particles of a dissolved substance with each other, with water and a mineral skeleton, changes in the entropy of the components of the system, changes in the porosity of rocks during phase transitions of water. The questions of the theory of phase equilibrium remain unclear, with an increase in the number of components of the pore substance of rocks, for example, when they are salinized, contaminated with oil products. Both natural and intensively progressive technogenic salinization of soils is widespread in the cryolithozone. Pollution of oil products by the environment in case of accidents at fields, leakage during their transportation and storage is a serious environmental problem for the northern regions. Strengthening of technogenic pressure on the environment predetermines the need for a whole range of scientific research aimed at ensuring the sustainable and safe operation of natural and natural-technical systems.

More properties of bound water require more detailed investigation, in particular, the heat of crystallization, which depends not only on the interaction of water with a solid mineral skeleton, but also on moisture, temperature, pore space structure, and pore composition. There are difficulties connected with both the lack of experimental methods of research and the inadequate elaboration of theoretical questions of the thermodynamics of bound water. In view of all of the above, studies of the conditions of phase equilibrium of pore water in frozen rocks are relevant both in the scientific-theoretical and practical terms. Thus, as follows from the above material, the condensation of vaporous moisture from the atmosphere and condensation processes play a significant role in the formation of fissures and karst collectors, their shape of the volume of cracks and pores, in the creation and maintenance in a stable state of volumes of accumulation of condensation waters sufficient to solve water management tasks in some areas and facilities.

- Condensation waters should be taken into account in all water balance calculations carried out in the areas of the distribution of fissures and fissured-karst rocks.

- The formulas proposed by V.N. Dublyanskiy for calculating the share of condensation waters in the general underground drainage are

sufficiently substantiated and confirmed experimentally at all levels. Above mentioned development can be recommended as educational and methodical manuals.

- The discovery of multiple inter-phase transformations in fissured-karst collectors and the possibility to increase the number of micro-cracks with open porosity allows one to come close to the problem of creating artificial condensation springs with a given capacity. This innovation allows improving the water supply of previously unpromising areas

- The discovery of regularities in the development of negative condensation processes in caves with the presence of Paleolithic painting allows us to select or create and maintain the necessary thermal and moisture regime for preserving the heritage of our ancestors.

- Condensation processes occurring in the karstic rocks of the North cause significant damage and their development is a threat especially in connection with the expected warming.

References

1 *Savarenskiy F.P.* Hidrogeologiya Uchebnik dlya VUZov: M-L-N., "Gorgeonefteizdat", 1933. - 321 s.

2 *Bel'tyukov G. V.* O formirovanii karstovykh form za schet kondensatsionnykh vod//Probl. komp. izuch. karsta gornyykh stran. Tbilisi-Tskhaltubo, 1989.

3 *V.N. Dublyanskiy* Problema kondensatsii v karstovedenii i speleologii Mezhvuz. sb. nauch. tr. [Электронный ресурс]: / Perm. un-t. - Perm', 2001. Режим доступа: http://www.rgo-speleo.ru/biblio/dubl_kondens.htm

4 Kondensatsiya vodyanykh parov v pochvogruntakh i prizemnom sloye. Bibliograficheskiy ukazatel' za 1877-1987 gg. /Sost. F. V. Shestakov. Alma-Ata: Nauka, 1989.

5 *Borevskiy B.V., Khordikaynen M.A., YAzvin L.S.* Razvedka i otsenka ekspluatatsionnykh zapasov mestorozhdeniy podzemnykh vod v treshchinno-karstovykh plastakh. M: Nedra, 1976.

6 *Osnovy gidrogeologii. Obshchaya gidrogeologiya.* Novosibirsk: Nauka, 1980.

7 Kondensatsiya vodyanykh parov v pochvogruntakh i prizemnom sloye. Bibliograficheskiy ukazatel' za 1877-1987 gg. /Sost. F. V. Shestakov. Alma-Ata: Nauka, 1989.

8 Rybalka.com [Электронный ресурс], Ландшафты Крыма Режим доступа: <http://www.rybalka.com/dictionary/term/1478/>

9 *Dublyanskiy V.N.* Metodika rascheta kondensatsii vlagi v treshchinno-karstovykh kollektorakh//Byul. NTI, ser. Hidrogeol. i inzh. geol. 1969.- № 6.

10 *Tyutyunov I.A.* Protsessy izmeneniya i preobrazovaniya pochv i gornykh porod pri otritsatel'noy temperature. M., 1960. – 212 s.

11 *Komarov I.A.* Termodinamika promerzayushchikh i merzlykh dispersnykh porod. VAK RF 04.00.07, Inzhenernaya geologiya, merzlotovedeniye i gruntovedeniye, M., 1999.

12 *Savarenskiy F.P.* Hidrogeologiya Uchebnik dlya VUZov: M-L-N., "Gorgeonefteizdat", 1933. - 321 s.

Шестаков Ф.В., кандидат геолого-минералогических наук,
e-mail: feoshestacov@yandex.kz

Абсадыков Б.Н. - доктор технических наук, доцент

Алексюк П.Г. - кандидат биологических наук

Алиев С.Б. - доктор технических наук, профессор

Алиханов К.Д. - доктор PhD

Алменов Т.В. - кандидат технических наук

Альпеисов Ш. А. - доктор биологических наук, профессор

Арынова Р.А. - доктор биологических наук, профессор

Байкенова Г.Г. - доктор химических наук, профессор

Бакушев А.А. - кандидат технических наук, доцент

Баракоев Б.Б., кандидат биологических наук, ассоц.профессор

Баюл К.В. - кандидат технических наук (Украина)

Бостанова С.К. - кандидат сельскохозяйственных наук

Васильянова Л.С. кандидат химических наук

Велямов М.Т. - доктор биологических наук

Джапаров Р.Ш. - кандидат сельскохозяйственных наук

Захаров В.П. - кандидат технических наук, доцент

Златов Н. - доктор PhD, профессор (Болгария)

Исаева К.С. - кандидат технических наук

Камбурова В. - доктор PhD (Болгария)

Каримова Л.Ж., кандидат экономических наук, доцент

Кененбай Г., кандидат технических наук

Кендюх Е.И. - кандидат экономических наук

Лесбаев Б.Т. - кандидат химических наук, доцент

Махметов Б.М. - кандидат технических наук, доцент

Мендебаев Т.Н. - кандидат технических наук

Мустафин Р.А. - кандидат технических наук

Мустахметов М. - доктор сельскохозяйственных наук

Муханова А.М. - кандидат технических наук

Нургазы К. - кандидат биологических наук

Омирзакова Э.Ж. - кандидат технических наук, доцент

Орынгожин Е.С. - доктор технических наук, академик

Осипов С.В. - кандидат геолого-минералогических наук

Отарбаев Б.К., кандидат ветеринарных наук, ассоц.профессор

Пащенко Г.Н. - кандидат технических наук

Плохих Р.В. - кандидат географических наук

Рахимгалиева С.Ж. - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Садыков К.И. - доктор математических наук, профессор

Сапарбаева У.Ж., кандидат сельскохозяйственных наук

Сарбакенова Ш.Т. - кандидат ветеринарных наук

Сарсенбаев Ж.Ж. - кандидат экономических наук

Семушкина Л.В. - кандидат технических наук

Смагулов Д.У. - доктор технических наук

Сущих Ю.В. - кандидат ветеринарных наук

Токтасынов Ж.Н. - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Фёдоров Б.В. - доктор технических наук

Цапова О.А. - кандидат экономических наук, доцент

Чередниченко А.В. - доктор географических наук

Чоманов У.Ч. - доктор технических наук, профессор

Шеншарова Д.А. - доктор технических наук

Регистрационное свидетельство № 7528-Ж
от 01.08.2006 г.
выдано Министерством культуры и информации
Республики Казахстан

Отв. редактор *Л.Н. Гребцова*
Редактор текста на казахском языке *Т.Т. Садырова*
Редактор текста на английском языке *Ж.Ж. Саурбаев*
Компьютерная верстка и дизайн *Н.Т. Раймкулова*
Обложка *Е.С. Кадырова, Л.Н. Гребцовой*

Подписано в печать 20.12.2018.
Формат 60x84/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Усл. п. л. 11,0. Тираж 350 экз. Заказ 105.

Редакционно-издательский отдел НЦ ГНТЭ.
050026, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 221