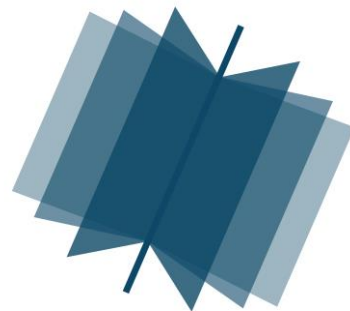


**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЖУРНАЛ**

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

**ISSN 2303-9868 PRINT
ISSN 2227-6017 ONLINE**

Екатеринбург
2017



Периодический теоретический и научно-практический журнал.
Выходит 12 раз в год.
Учредитель журнала: ИП Соколова М.В.
Главный редактор: Меньшаков А.И.
Адрес редакции: 620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, д.
4, корп. А, оф. 17.
Электронная почта: editors@research-journal.org
Сайт: www.research-journal.org

Подписано в печать 18.10.2017.
Тираж 900 экз.
Заказ 26202.
Отпечатано с готового оригинал-макета.
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ",
623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

**№ 10 (64) 2017
Часть 3
Октябрь**

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Журнал имеет свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные тексты с указанием авторства без каких либо ограничений. Тип лицензии CC поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Журнал входит в международную базу научного цитирования **Agris**.

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ПИ № ФС 77 – 51217.**

Члены редколлегии:

Филологические науки: Растягаев А.В. д-р филол. наук, Сложеникина Ю.В. д-р филол. наук, Штрекер Н.Ю. к.филол.н., Вербицкая О.М. к.филол.н.

Технические науки: Пачурин Г.В. д-р техн. наук, проф., Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Герасимова Л.Г., д-р техн. наук, Курасов В.С., д-р техн. наук, проф., Оськин С.В., д-р техн. наук, проф.

Педагогические науки: Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Лукьянова М.И. д-р пед. наук, Ходакова Н.П., д-р пед. наук, проф.

Психологические науки: Розенова М.И., д-р психол. наук, проф., Ивков Н.Н. д-р психол. наук, Каменская В.Г., д-р психол. наук, к. биол. наук

Физико-математические науки: Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Свистунов Ю.А., д-р физ.-мат. наук, проф.

Географические науки: Умывакин В.М. д-р геогр. наук, к.техн.н. проф., Брылев В.А. д-р геогр. наук, проф., Огуреева Г.Н., д-р геогр. наук, проф.

Биологические науки: Буланый Ю.П. д-р биол. наук, Аникин В.В., д-р биол. наук, проф., Еськов Е.К., д-р биол. наук, проф., Шеуджен А.Х., д-р биол. наук, проф.

Архитектура: Янковская Ю.С., д-р архитектуры, проф.

Ветеринарные науки: Алиев А.С., д-р ветеринар. наук, проф., Татарникова Н.А., д-р ветеринар. наук, проф.

Медицинские науки: Ураков А.Л., д-р мед. наук, Никольский В.И., д-р мед. наук, проф.

Исторические науки: Меерович М.Г. д-р ист. наук, к.архитектуры, проф., Бакулин В.И., д-р ист. наук, проф., Бердинских В.А., д-р ист. наук, Лёвочкина Н.А., к.ист.наук, к.экон.н.

Культурология: Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

Искусствоведение: Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

Философские науки: Петров М.А., д-р филос. наук, Бессонов А.В., д-р филос. наук, проф.

Юридические науки: Костенко Р.В., д-р юрид. наук, проф., Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Ергашев Е.Р., д-р юрид. наук, проф.

Сельскохозяйственные науки: Важов В.М., д-р с.-х. наук, проф., Раков А.Ю., д-р с.-х. наук, Комлацкий В.И., д-р с.-х. наук, проф., Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Наумкин В.П., д-р с.-х. наук, проф.

Социологические науки: Замараева З.П., д-р социол. наук, проф., Солодова Г.С., д-р социол. наук, проф., Кораблева Г.Б., д-р социол. наук.

Химические науки: Абдиев К.Ж., д-р хим. наук, проф., Мельдешов А. д-р хим. наук, Скачилова С.Я., д-р хим. наук

Науки о Земле: Горяинов П.М., д-р геол.-минерал. наук, проф.

Экономические науки: Бурда А.Г., д-р экон. наук, проф., Лёвочкина Н.А., д-р экон. наук, к.ист.н., Ламоттке М.Н., к.экон.н.

Политические науки: Завершинский К.Ф., д-р полит. наук, проф.

Фармацевтические науки: Тринеева О.В. к.фарм.н., Кайшева Н.Ш., д-р фарм. наук, Ерофеева Л.Н., д-р фарм. наук, проф.

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК В СФЕРЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ	6
БОТАНИЧЕСКИЕ СЕМЕНА ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ – БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ НОВЫХ ГЕНОТИПОВ МАГАДАНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ.....	13
ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЛОЩАДИ ПИТАНИЯ И МАССЫ СЕМЕННЫХ КЛУБНЕЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ МАГАДАНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ	16
ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНО-МЕЛИОРАТИВНЫХ УДОБРИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА.....	19
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОНОМЕРОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО ДВУУКОСНОГО ДИПЛОИДНОГО СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ СМОЛЕНСКАЯ ГОСХОС.....	23
ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОНОМЕРОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО ОДНОУКОСНОГО ДИПЛОИДНОГО ТИПА В КОНТРОЛЬНЫХ ПИТОМНИКАХ ФГБНУ СМОЛЕНСКАЯ ГОСХОС.....	28
ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ПОСЕВА КУКУРУЗНО-ВИКО-ОВСЯНОГО ФИТОЦЕНОЗА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО КОРМОВОЙ МАССЫ В УСЛОВИЯХ САХАЛИНА.....	32

НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

ОЦЕНКА УГЛА ВПАДЕНИЯ ПРИТОКОВ СРЕДНИХ РЕК (НА ПРИМЕРЕ РЕК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН).....	37
СПОСОБ РАЗЛОЖЕНИЯ КАОЛИНА В ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ	41
К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФАКТИЧЕСКИХ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК	46
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПАСНЫХ ДЛЯ ЗАСТРОЙКИ ЗОН В ДОЛИНЕ Р. КИНДЕРКА (Г. КАЗАНЬ)	51

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН.....	57
ИЗВЛЕЧЕНИЕ ОКСИДА МАГНИЯ ИЗ ХРОМАТНОГО ШЛАМА С ПРИМЕНЕНИЕМ СУЛЬФАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ.....	64
ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮРНОЙ НОМОГРАММЫ НА БАЗЕ ТЕОРЕМЫ СОВМЕЩЕНИЯ	69
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАЛЬНОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ НАСЕЛЕНИЕМ ГОРОДА ПРИ ПОДАЧЕ ВОДЫ ПО ГРАФИКУ	77
СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ.....	81
К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ ДЛИН ШАРНИРНЫХ ЛИНИЙ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАМНЫХ УЗЛОВ	85
ФИТОПРОДУКТЫ С ЭКСТРАКТАМИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА НА ОСНОВЕ СЫВОРОТОЧНО-ПОЛИСАХАРИДНОЙ ФРАКЦИИ.....	90
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЙНОГО МАРМЕЛАДА НА ОСНОВЕ ПЕКТИНОВЫХ ЭКСТРАКТОВ И ФИТОНАСТОЕВ	95

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

ЭЛЕКТРОННО-КЛАСТЕРНЫЙ МЕХАНИЗМ РОСТА КРИСТАЛЛОВ КВАРЦА, ПОЛУЧЕННЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМ МЕТОДОМ.....	99
НОВЫЙ ПОДХОД К УСКОРЕНИЮ МЕТОДА D-MORPH ДЛЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО КВАНТОВОГО УПРАВЛЕНИЯ	104
ДОСТАТОЧНЫЕ УСЛОВИЯ КВАЗИКОРРЕКТНОСТИ СМЕШАННОГО КРАЕВОГО УСЛОВИЯ.....	107
СУЩЕСТВОВАНИЕ И ЕДИНСТВЕННОСТЬ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ ШИРОКОГО КЛАССА ЭРЕДИТАРНЫХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ	112
ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ К ЗАДАЧАМ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ.....	116
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРОЛЛЕРОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИЛОЖЕНИЙ MICROSOFT OFFICE В УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАФЕДРЫ ВУЗА	123

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.031>

Буклагин Д.С.

ORCID: 0000-0001-5290-70-75, доктор технических наук,

Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса

**АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК В СФЕРЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ**

Аннотация

Проанализированы и систематизированы 140 технологий, разработанных в 2015 году в сфере сельского хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности, других подотраслях сельского хозяйства. По результатам выполненных исследований обоснованы предложения по дополнению перечня наилучших апробированных базовых технологий в АПК в количестве 36 технологий, которые введены в опытную базу данных «НДТ в АПК».

Включение апробированных технологий в БД позволяет осуществлять в он-лайн режиме поисковые функции со сложной структурой запросов, получать новую информацию при организации внедрения технологий в сельскохозяйственное производство

Ключевые слова: наилучшая апробированная технология, технологический процесс, паспорт, критерии, экспертный метод, оценка, отбор, внедрение, база данных.

Buklagin D.S.

ORCID: 0000-0001-5290-70-75, PhD in Engineering, Russian Research Institute of Information, Technical and Economic Research on the Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex

**ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS IN THE AREA OF AGRICULTURE
AND PROCESSING INDUSTRY OF RUSSIA**

Abstract

140 technologies developed in 2015 in the field of agriculture, food and processing industry, and other sub-sectors of agriculture were analyzed and systematized in the article. Based on the results of the studies, proposals for supplementing the list of the best proven basic (BPB) technologies in the agro-industrial complex (AIC) in the amount of 36 technologies are substantiated. They are introduced into the experimental database "BPT in the AIC."

The inclusion of proven technologies in the database allows performing search functions online with a complex query structure in order to obtain new information when organizing the introduction of technologies in agricultural production.

Keywords: the best proven technology, technological process, passport, criteria, expert method, evaluation, selection, implementation, database.

В настоящее время технологическое развитие, технологическая модернизация АПК рассматриваются как наиболее эффективные направления роста экономики, увеличения продуктивности растениеводства, животноводства, других подотраслей сельского хозяйства, повышения качества и конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции.

Мероприятия по повышению технологического уровня отечественного АПК приняты Советом при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России и нашли отражение в протокольном решении Совета от 24 ноября 2014 г. №6 «Об инновационном развитии в сфере сельского хозяйства», которое предусматривает разработку перечней наилучших доступных технологий, рекомендованных к внедрению предприятиями агропромышленного комплекса на территории субъектов Российской Федерации при осуществлении сельскохозяйственной деятельности и реализации инвестиционных проектов в сфере производства, переработки, хранения и транспортировки продукции сельского хозяйства, а также при осуществлении инфраструктурного строительства в сельской местности.

В рамках выполнения этого решения по поручению Минсельхоза России ФГБНУ «Росинформагротех» были проведены анализ и отбор наилучших доступных технологий, применение которых способно оказать максимальный социально-экономический эффект и внести существенный вклад в решение вопросов продовольственной безопасности, выполнены работы по оказанию услуг по методическому и информационно-аналитическому обеспечению формирования перечней наилучших доступных технологий, рекомендованных к внедрению предприятиями агропромышленного комплекса на территории Российской Федерации [1].

В этой работе дан анализ баз данных, содержащих результаты научно-технической деятельности научных организаций в сфере АПК, проанализированы и структурированы по кодам ОКВЭД 1200 технологий, применяемых в растениеводстве, животноводстве, переработке отходов и других подотраслях сельского хозяйства, а также в пищеперерабатывающей промышленности.

Разработаны структурированное описание технологий, методика сбора и отбора информации по технологиям, проанализировано 389 технологий, предложенных органами управления АПК субъектов Российской Федерации, ФАНО России, образовательными учреждениями и другими организациями.

В результате систематизации, анализа и отбора представленных разработчиками технологий материалов разработан «Перечень наилучших доступных технологий, рекомендованных к внедрению предприятиями АПК», в который включено 56 технологий, в том числе по подотрасли растениеводство – 33 технологии, животноводства – 13, переработка отходов – 6, переработка сельскохозяйственного сырья – 2, получение продуктов питания – 1, сохранение и повышение плодородия сельскохозяйственных угодий – 1 технология. Из них по тематике справочников НДТ соответствуют 22 технологии, в том числе по животноводству – 13, переработке отходов – 6, переработке

сельскохозяйственного сырья – 2, получению продуктов питания – 1 технология. Создана опытная база данных по технологиям в интенсивном свиноводстве и птицеводстве, производстве продуктов питания, напитков, молока и молочных продукции.

Разработанный перечень должен периодически дополняться апробированными технологиями, использоваться в системе сельскохозяйственного консультирования, а также, по мере накопления информации, может служить базовой основой при формировании отраслевых реестров инновационной продукции в основных подотраслях сельскохозяйственного производства [1], [2].

Цель работы – разработка дополнения к «Перечню наилучших доступных технологий, рекомендованных к внедрению предприятиями АПК на территории субъектов Российской Федерации при осуществлении сельскохозяйственной деятельности». Объектом исследований были новые технологии в сфере производства и переработки сельскохозяйственной продукции, разработанные научными и образовательными учреждениями России.

Системный анализ новых разработок и дополнение разработанного перечня новыми апробированными технологиями направлено на ускорение технологического развития АПК в основных подотраслях сельского хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности и будет способствовать отказу от устаревших технологий, переходу на принципы НДТ и внедрению современных технологий в сельскохозяйственное производство. Основными генераторами инновационной продукции, в том числе технологических разработок, являются министерства и ведомства, обладающие значительным научно-техническим потенциалом в аграрном секторе экономики.

Обоснование информационных ресурсов для сбора материалов по технологиям в АПК

Основными источниками информации по технологическим разработкам являются научно – исследовательские учреждения и организации сельскохозяйственного профиля, подведомственные ФАНО России: 194 федеральных государственных бюджетных научных учреждения, 5 опытных станций, 160 федеральных государственных унитарных предприятия; организации системы высшего и дополнительного профессионального образования Минсельхоза России, включающие в себя, 60 федеральных государственных бюджетных образовательных учреждений высшего профессионального образования (ФГБОУ ВО), 146 малых инновационных предприятий (МИП), 30 учебно-опытных хозяйств (УОХ); 23 учреждения дополнительного образования; научно-исследовательские организации Минсельхоза России: 10 научно-исследовательских институтов, непосредственно подчиненных Минсельхозу России, 16 научно-исследовательских института Росрыболовства, 3 научно-исследовательские института Россельхознадзора [3].

Необходимо отметить, что МИПы, УОХ, опытные станции, федеральные унитарные предприятия, а также информационно-консультационная служба Минсельхоза России, включающая 64 региональных и 561 муниципальных центра сельскохозяйственного консультирования связаны в основном с организацией внедрения научно-технических разработок и технологий.

Кроме приведенных источников информации по разработанным технологиям, информация по агротехнологиям может содержаться в единой государственной информационной системе учета научно – исследовательских, опытно – конструкторских и технологических работ гражданского назначения (ЕГИСУ НИОКТР), введенной в эксплуатацию с 01.01.2014 года. В этой системе учитываются разработки, в том числе в аграрной сфере, независимо от их организационно-правовой формы, формы собственности и источника финансирования [4].

Учитывая изложенное, для сбора и анализа информации по новым технологиям в качестве основных источников использовались:

- информация по новым технологиям, разработанным ФГБОУ ВО и НИИ Минсельхоза России, представленная по письму Депнаучтехполитики от 18.08.2015 г. № 19/1841;
- технологии, разработанные в 2015 г. институтами ФАНО России (отделение сельскохозяйственных наук РАН);
- технологии, введенные с целью учета в ЕГИСУ НИОКТР в 2015 году.

Анализ и систематизация технологий, предложенных ФГБОУ ВО и НИИ Минсельхоза России

В соответствии с поручением Депнаучтехполитики Минсельхоза России от 18.08.2015 г. № 19/1841 информацию по наилучшим доступным технологиям по утвержденной форме (таблица 1) в ФГБНУ «Росинформагротех» представили 13 образовательных учреждений и один НИИ (таблица 2) [5].

Таблица 1 – Форма описаний апробированных наилучших базовых технологий в сфере сельского хозяйства

№ п/п	Показатель	№ п/п	Показатель
1	Наименование технологии	7	Технические средства
2	Зона применения	8	Оформление прав на интеллектуальную собственность
3	Разработчик (головной НИИ, другие разработчики)	9	Показатели эффективности
4	Подробное описание технологических процессов, подпроцессов	10	ВНЕДРЕНИЕ
5	Описание технологических операций	11	Разработанная нормативная техническая документация
6	Технологические параметры процесса, подпроцесса, технологической операции	12	Уровень негативного воздействия на окружающую среду

Таблица 2 – Предложения аграрных вузов и НИИ Минсельхоза России по включению технологий в перечень НДТ

№ п/п	НИИ, Вуз	Количество представленных технологий
1	ФГБНУ «Российский НИИ проблем мелиорации»	2
2	СПб Государственная академия ветеринарной медицины»	2
3	ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский ГАУ им. В.М. Кокова»»	13
4	ФГБОУ ВО «Чувашская ГСХА»	4
5	ФГБОУ ВО «Нижегородская ГСХА»	3
6	ФГБОУ ВО «Ивановская ГСХА имени академика Д.К. Беляева»	2
7	ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ»	1
8	ФГБОУ ВО «Ярославская ГСХА»	1
9	ФГБОУ ВО «Пермская ГСХА имени академика Д.Н. Прянишникова»	6
10	ФГБОУ ВО «Рязанский ГАУ»	2
11	ФГБОУ ВО «Курская ГСХА им. проф. И.И. Иванова»	4
12	ФГБОУ ВО МГАВМиБ	1
13	ФГБОУ ВО «Курганская ГСХА имени Т.С. Мальцева»	14
14	ФГБОУ ВО «Пензенская ГСХА»	1
	Итого	56

Результаты анализа описаний технологий представленных образовательными и научными учреждениями Минсельхоза России приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Анализ описаний технологий, представленных образовательными учреждениями Минсельхоза России

№ п/п	Показатели	Наличие показателей в описании технологий	
		Количество	Доля, %
1	2	3	4
1	Внедрение технологии:		
	на двух и более объектах	21	37
	на одном объекте	33	59
	нет данных	2	4
2	Уровень негативного воздействия на окружающую среду	20	36
3	Экономическая эффективность	56	100
4	Ресурсо- и энергосбережение	19	34
5	Наличие прав на интеллектуальную собственность	28	50
6	Наличие разработанной документации	34	61
7	Не соответствуют поставленной цели	15	28

Приведенные данные свидетельствуют, что слабым звеном в технологическом обеспечении АПК является трансфер разработанных технологий. Так, 59 % технологий апробированы или внедрены только на одном предприятии, на двух и более предприятиях (хозяйствах) внедрено 37 % разработанных технологий. Почти 90% разработанных технологий внедрено в учхозах, обществах ограниченной ответственности и предприятиях региона, где находится образовательное учреждение. Отсутствуют данные по испытанию технологий независимыми организациями. Недостаточно отражены вопросы ресурсо- и энергосбережения, хотя частично эти вопросы включены в раздел экономической эффективности в соответствии с паспортом описания технологий.

По данным образовательных учреждений, 39 % предложенных технологий не имеют разработанной документации. Так, в паспорте описания технологий, в разделе «наличие разработанной документации на технологию» указываются различные документы: рекомендации, технологические требования, инструкция, методические указания, технологическая карта, монография, учебное пособие и др. (ссылки на учебные пособия и издания – 24 %, на методические указания и рекомендации – 24, другие документы – 16 %).

Характерной особенностью технологий является их достаточно высокая патентозащищенность. Так, права на интеллектуальную собственность имеют 51 % предложенных технологий (таблица 2).

Анализ и систематизация технологий, разработанных НИИ ФАНО России

Научные учреждения ФАНО России являются основными генераторами научно – технической продукции, в том числе новых технологий, которые публикуются в ежегодных каталогах научно– технической продукции и отчетах Отделения сельскохозяйственных наук РАН (таблица 4) [6], [7], [8], [9].

Таблица 4 – Научно-техническая продукция (НТП) НИИ ФАНО России (отделение сельскохозяйственных наук РАН)

№ п/п	Направление	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
1	2	3	5	7	9
1	Экономика, земельные отношения и социальное развитие села	34/0	31/0	22/0	39/0
2	Земледелие, мелиорация, водное и лесное хозяйство	57/16	56/21	83/13	104/14
3	Растениеводство, защита и биотехнология растений	54/17	38/13	123/7, создано 293 сорта и гибрида с.-х. культур	136/14, создано 335 сортов и гибридов с.-х. культур
4	Зоотехния и ветеринария	59/6	68/6	109/6	137/9
5	Механизация, электрификация и автоматизация с-х производства	72/9	40/5	52/15	62/15
6	Хранение и переработка с-х продукции	71/32	47/27	37/7	29/13
	ИТОГО	347/80	280/72	426/48	507/65

Примечание: в числителе общее количество НТП, в знаменателе – количество технологических разработок.

Приведенные данные показывают, что в 2015 году НИИ ФАНО России было разработано 65 технологий [9].

Поскольку в отчете РАН отсутствует описание технологий в соответствии с принятой формой, в НИИ ФАНО России было направлено запросы с просьбой описать технологии в соответствии с разработанным паспортом с целью анализа и принятия решения по актуализации Перечня НДТ и ввода основных показателей технологий в базу данных. Заполненные формы, полученные от разработчиков, легли в основу подготовки перечня технологий для последующего экспертного отбора технологий в качестве НДТ.

Анализ технологий, учтенных в ЕГИСУ НИОКТР

Единая государственная информационная система учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (ЕГИСУ НИОКТР) введена в действие с 01.01.2014 года [10].

Разработанная система предусматривает возможность учета сведений о НИОКТР, выполняемых организациями независимо от их организационно-правовой формы, формы собственности и источников финансирования.

Для оценки объемов выборки и выбора темы запроса, наиболее отвечающей предмету исследований, были выполнены поисковые запросы по учтенным в ЕГИСУ НИОКТР разработкам прикладного характера. Из 42 работ, направленных на разработку и совершенствование технологий сельскохозяйственного производства было отобрано 10 технологий (прикладные исследования), завершенных в 2015 году. На основе расширенных описаний разработанных технологий, полученных от разработчиков, составлен перечень прикладных технологических разработок в сфере АПК, завершенных в 2015 году и учтенных в ЕГИСУ НИОКТР.

Технологии, представленные отдельными организациями

В процессе работы с материалами основных генераторов технологических разработок в АПК в ФГБНУ «Росинформагротех» поступило предложение по рассмотрению технологии в качестве НДТ для инфраструктурного строительства в сфере сельского хозяйства от ЗАО Группа компаний «Пенетрон-Россия». Предложенная технология применяется при строительстве и реконструкции животноводческих комплексов.

Критерии отбора и выбор экспертной группы для оценки технологий в качестве НДТ

Для определения наилучших доступных технологий разработанные технологии оценивались на соответствие критериям [11]:

- объемы внедрения технологии в Российской Федерации;
- наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду;
- экономическая эффективность внедрения и эксплуатации;
- ресурсо – и энергосбережение;
- период внедрения НДТ.

Кроме указанных критериев, экспертами учитывались и другие факторы, которые могут повлиять на принимаемое решение по отбору технологий в качестве НДТ, например, соответствие технологии приоритетным направлениям и критическим технологиям Российской Федерации, отраслевым стратегиям и программам развития и др.

При отборе технологии в качестве НДТ использовался экспертный метод, предусматривающий следующие условия: эксперты должны быть компетентными специалистами в данной области; количество экспертов должно быть не менее пяти; мнения экспертов должны быть независимыми.

В основу экспертного метода оценки технологий положен анализ использования достижений науки и техники и наилучшее сочетание критериев отнесения технологий к НДТ. При подборе экспертов согласованность их мнений, определяемая по коэффициенту конкордации, должна быть больше или равно 0,8.

В перечень апробированных наилучших базовых технологий, рекомендуемых к внедрению предприятиями АПК, включались технологии, отобранные четырьмя и пятью экспертами.

Для отбора технологий была создана экспертная группа в составе 5-и специалистов: 2 доктора технических наук, 1 доктор экономических наук и 2 кандидата технических наук, имеющих большой опыт работы в области научно – информационной деятельности по механизации сельскохозяйственного производства и переработки сельскохозяйственной продукции.

С целью оценки согласованности мнений экспертной группы, оценки компетентности экспертов при отборе технологий, было проведено два анкетирования. Экспертам было предложено ранжировать виды информационной продукции по степени предпочтительности при организации внедрения инноваций: научно-производственный журнал, монография, учебник, проспект (оперативная информация), обзор (каталог, справочник, а также критерии отбора технологий в качестве НДТ: объемы внедрения технологий в Российской Федерации, наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду (ОС), экономическая эффективность внедрения и эксплуатации, ресурсо-и энергосбережение, период внедрения НДТ. Оценка степени согласованности мнений экспертов производилась путем присвоения ими рангового номера анализируемому фактору. Например, по первому анкетированию фактору, которому эксперт давал наивысшую оценку, присваивался ранг 1, наинизшую – ранг 7. Если эксперт признает несколько факторов равнозначными, то им может присваиваться одинаковый ранговый номер.

На основе результатов ранжирования факторов первого анкетного опроса получено значение коэффициента конкордации $W=0,76$, второго – $W=0,86$ [12]. Среднее значение согласованности мнений экспертов $W=0,81$, что соответствует условиям применения экспертного метода при отборе технологий в качестве НДТ. Кроме того, определены весовые коэффициенты критериев отбора технологий: объемы внедрения технологий – 0,08; наименьший уровень негативного воздействия на ОС – 0,34; экономическая эффективность внедрения и эксплуатации – 0,34; ресурсо-и энергосбережение – 0,22; период внедрения НДТ – 0,02 [1].

Таким образом, при отборе технологий учитывалось, что такие критерии как наименьший уровень негативного воздействия на ОС и экономическая эффективность внедрения и эксплуатации имеют более высокую значимость при отборе технологий, чем другие критерии.

Систематизация разработанных технологий по подотраслям представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Систематизация разработанных технологий по подотраслям*

№ п/п	Подотрасль	Общее кол-во проанализ. технологий	В том числе		
			По письму Минсельхоза России от 18.08.2015 №13/1841	Разработанных НИИ ФАНО России (2015г.)	Учтенных в ЕГИСУ НИОКТР (прикладные, 2015г.)
1	2	3	4	5	6
1	Растениеводство	71	29	33	9
2	Повышение плодородия почв	3	2	-	1
3	Животноводство	26	18	7	1
4	Кормопроизводство	6	2	3	1
5	Переработка с.-х. сырья	2	1	1	-
6	Производство продуктов питания	16	-	13	3
7	Переработка отходов с.-х. производства	3	2	1	-
8	Транспортировка продукции	1	-	1	-
9	Хранение продукции	3	1	2	-
10	Технический сервис	8	1	6	1
ИТОГО		139	56	67	16

Примечание: без учета технологии ЗАО «Пенетрон-Россия».

С учетом принятых критериев технологии, рассматриваемые в качестве НДТ, отбирались экспертами в качестве дополнения к разработанному в 2015 году Перечню НДТ. Технологии, отобранные четырьмя или пятью экспертами, рекомендованы в качестве дополнения к Перечню НДТ. Из технологий, представленных ФГБОУ ВО и НИИ Минсельхоза России отобрано 11 технологий, из технологий, разработанных НИИ ФАНО России – 21, из технологий, учтенных в ЕГИСУ НИОКТР отобрано 3 технологии.

Общая характеристика результатов экспертного отбора технологий представлена в таблице 6 [5].

Таблица 6 – Количественные характеристики результатов отбора технологий

№ п/п	Количество технологий, отобранных	Технологии ФГБОУ ВО и НИИ Минсельхоза России	Технологии НИИ ФАНО России
1	Одним экспертом	9	16
2	Двумя	10	13
3	Тремя	6	8
4	Четырьмя	6	13
5	Пятью	5	8
6	Не отобрано ни одним экспертом	20	9
7	Итого	56	67

Для оценки связей мнений экспертов была использована формула:

$$K = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a+c) \cdot (b+d) \cdot (a+b) \cdot (c+d)}}$$

где a, b, c, d – параметры таблицы сопряженности:

a – количество технологий, отобранных i-тым экспертом и вошедших в эталонную выборку;

b – количество технологий не отобранных i-тым экспертом, но вошедших в эталонную выборку;

c – количество технологий, отобранных i-тым экспертом но не вошедших в эталонную выборку;

d – количество технологий не отобранных i-тым экспертом и не вошедших в эталонную выборку.

Под эталонной выборкой понимаются технологии, отобранные 4-мя экспертами (из 5 экспертов, принимавших участие в отборе технологий).

Нетрудно видеть, что при $b=c=0$, т.е. при полном совпадении мнений эксперта и эталонной выборки $K=+1$, при $a=d=0$, т.е. при полном расхождении мнений эксперта и эталонной выборки $K=-1$, при $K=0$ мнения экспертов при отборе технологий статистически независимы.

Расчеты показали, что коэффициент связи мнений четырех экспертов составил величину 0,6-0,75, у пятого эксперта – 0,22. Это свидетельствует о необходимости тщательного отбора экспертов при проведении экспертной оценки различных проектов.

Таким образом, из 140 технологий экспертами отобрано 36 технологий, включая технологию ЗАО «Пенетрон-Россия», отвечающих критериям НДТ. Эти технологии рекомендованы в качестве дополнения к разработанному в 2015 году опытному структурированному перечню апробированных технологий НДТ в сфере производства и переработки сельскохозяйственной продукции для внедрения предприятиями АПК при осуществлении сельскохозяйственной деятельности. Дополнение включает 16 технологий по растениеводству, 2 технологии по повышению плодородия сельхозугодий, 8 технологий по животноводству, 4 по кормопроизводству, 1 технологию по переработке отходов сельскохозяйственного производства, 4 технологии по техническому сервису и 1 технологию по строительству и реконструкции животноводческих комплексов. Отобранные технологии введены в базу данных «НДТ в АПК» и размещены на сайте ФГБНУ «Росинформагротех».

Выводы

В целях совершенствования организации внедрения технологических разработок в сфере АПК, методологии отбора технологий в качестве НДТ на основе типового описания технологий целесообразно:

1. Дополнить паспорт (типовое описание) технологий показателем ресурсо – и энергосбережения, который входит в число критериев оценки и отбора технологий в качестве НДТ.
2. Разработать рекомендации по структуре типовой документации на технологии, разработанные научными и образовательными учреждениями Минсельхоза России и НИИ ФАНО России.
3. Улучшить взаимосвязь технологических институтов ФАНО России и Минсельхоза России по коммерциализации и организации внедрения технологических разработок в сфере АПК, в том числе в области стандартизации описания и подготовки документации по технологиям, оценки эффективности новых разработок, финансирования внедрения наиболее эффективных технологий на предприятиях АПК.
4. Дополнить структурированный по кодам ОКВЭД имеющийся перечень технологий, технологиями НДТ, рекомендованными к внедрению предприятиями АПК, с целью исключения дублирования при обосновании новых технологических НИР.

Список литературы / References

1. Отчет об оказании услуг по методическому и информационно-аналитическому обеспечению формирования перечней наилучших доступных технологий, рекомендованных к внедрению предприятиями агропромышленного комплекса на территории субъектов Российской Федерации (государственный контракт 766/ГК от 12 ноября 2015 г.) / ФГБНУ «Росинформагротех»; рук. Федоренко В.Ф.; исполн. Мишуров Н.П., Буклагин Д.С., Голубев И.Г., Чавыкин Ю.И. [и др.]. М., 2015. - 332 с.
2. Буклагин Д.С. О создании реестра агротехнологий // Труды ГОСНИТИ. М., 2014. Т.117. - С.38-44.
3. Маринченко Т.Е., Кузьмин В.Н. Научный потенциал аграрного комплекса России // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК (матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф.). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. - С. 186-190.
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 14 ноября 2014 года №1195. «О представлении научными организациями и образовательными организациями высшего образования, осуществляющими за счет бюджетных средств фундаментальные научные исследования и поисковые научные исследования, в Российскую академию наук отчетов о проведенных фундаментальных научных исследованиях и поисковых научных исследованиях,

о полученных научных и (или) научно-технических результатах» [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/70798580/> (дата обращения: 10.11.2016).

5. Анализ апробированных технологий при осуществлении сельскохозяйственной деятельности и реализации инновационных проектов/ ФГБНУ «Росинформагротех»; рук. Федоренко В.Ф.; исполн. Мишуров Н.П., Голубев И.Г., Буклагин Д.С., Чавыкин Ю.И. [и др.]. М., 2016.–203 с.

6. Каталог научно-технической продукции. М.: Россельхозакадемия. 2014. – 350 с.

7. Каталог научно-технической продукции. М.: Россельхозакадемия. 2013. – 430 с.

8. Отчет Отделения сельскохозяйственных наук РАН о выполнении фундаментальных и поисковых научных исследований в 2014 году. М.: ОСХН РАН, 2015.–420 с.

9. Отчет Отделения сельскохозяйственных наук РАН о выполнении фундаментальных и поисковых научных исследований в 2015 году. М.: ОСХН РАН, 2016.–420 с.

10. Единая государственная информационная система учета результатов научно – исследовательских опытно – конструкторских технологических работ гражданского назначения [Электронный ресурс] – URL: rosrid.ru (дата обращения 19.04.2016).

11. Приказ Минпромторга России 31 марта 2015 г. №665. «Об утверждении Методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии» [Электронный ресурс] – URL: <http://www.rcit.ru/spr-rf-15.html> (дата обращения: 15.11.2015).

12. Коэффициент конкордации [Электронный ресурс] – URL: math.semestr.ru/corel/concordance.php (дата обращения 28.03.2016).

Список литературы на английском языке / References

1. Otchet ob okazanii uslug po metodicheskomu i informacionno-analiticheskomu obespecheniju formirovaniya perechnej nailuchshih dostupnyh tehnologij, rekomendovannyh k vnedreniju predpriyatijami agropromyshlennogo kompleksa na territorii subektov Rossijskoj Federacii (gosudarstvennyj kontrakt 766/GK ot12 nojabrja 2015 g.)/ FGBNU «Rosinformagroteh»; ruk. Fedorenko V.F.; ispoln. Mishurov N.P., Buklagin D.S., Golubev I.G., Chavykin Ju.I. [I dr.].M.,2015. 332 s. [Report on the provision of services on methodological and information and analytical support for lists formation of the best available technologies recommended for implementation by agribusiness enterprises on the territory of the constituent entities of the Russian Federation] / V.F. Fedorenko, N.P. Mishurov, D.S. Buklagin, I.G. Golubev, Yu.I. Chavykin at al.// [State contract 766/GK of November 12, 2015].- M.: FSBSI Rosinformagrotekh. 2015.- 332 pp. [in Russian]

2. Buklagin D.S. O sozdanii reestra agrotehnologij [On creation of agricultural technologies register] / D.S. Buklagin // Trudy GOSNITI [On creation of agricultural technologies register] / D.S. Buklagin // [Proceedings of GOSNITI]. M.: 2014. -V. 117.- P. 38-44. [in Russian]

3. Marinchenko T.E., Kuz'min V.N. Nauchnyj potencial agrarnogo kompleksa Rossii [Scientific potential of the Russian agrarian complex] / T.E. Marinchenko, V. N. Kuzmin// Nauchno-informacionnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya APK (mater. VIII Mezhdunar. Nauch.-prakt. Konf.) [Proceedings of the VIII International "Scientific and Practical Conference "Scientific and information support of innovative development of agribusiness"]. - M.: FSBSI Rosinformagrotekh. 2016.- P. 186-190. [in Russian].

4. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 14 nojabrja 2014 goda №1195. «O predstavlenii nauchnymi organizacijami i obrazovatel'nymi organizacijami vysshego obrazovaniya, osushhestvlyajushimi za schet bjudzhetnyh sredstv fundamental'nye nauchnye issledovaniya i poiskovyje nauchnye issledovaniya, v Rossijskuju akademiju nauk otchetov o provedennyh fundamental'nyh nauchnyh issledovaniyah i poiskovyh nauchnyh issledovaniyah, o poluchennyh nauchnyh i (ili) nauchno-tehnicheskikh rezul'tatah» [Decree of the Government of the Russian Federation of November 14, 2014 No. 1195 "On presentation of reports on performed fundamental scientific and exploratory researches to the Russian Academy of Sciences by scientific and higher educational organizations of fundamental scientific research and exploratory scientific research, and scientific and (or) scientific and technical results obtained"].- URL: <http://base.garant.ru/70798580/> (accessed: 10.11.2016). [in Russian]

5. Analiz aprobirovannyh tehnologij pri osushhestvlenii sel'skohozjajstvennoj dejatel'nosti i realizacii innovacionnyh proektov [Analysis of proven technologies in implementation of agricultural activities and innovative projects] / V.F. Fedorenko, N.P. Mishurov, I.G. Golubev, D.S. Buklagin, Yu.I. Chavykin at al. - M.: FSBSI Rosinformagrotekh. 2016.– 203 pp. [in Russian]

6. Katalog nauchno-tehnicheskoy produkcii [Catalog of scientific and technical products]. - M.: Rossel'hozakademija. 2014.– 350 pp. [in Russian]

7. Katalog nauchno-tehnicheskoy produkcii [Catalog of scientific and technical products]. - M.: Rossel'hozakademija. 2013.– 430 pp. [in Russian]

8. Otchet Otdelenija sel'skohozjajstvennyh nauk RAN o vypolnenii fundamental'nyh i poiskovyh nauchnyh issledovanij v 2014 godu [Report of the Division of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences on the implementation of fundamental and exploratory research studies in 2014]. –M.: DAS RAAS. 2015.- 420 pp. [in Russian]

9. Otchet Otdelenija sel'skohozjajstvennyh nauk RAN o vypolnenii fundamental'nyh i poiskovyh nauchnyh issledovanij v 2015 godu [Report of the Division of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences on the implementation of fundamental and exploratory research studies in 2015]. – M.: DAS RAAS. 2016.- 420 pp. [in Russian]

10. Edinaja gosudarstvennaja informacionnaja sistema ucheta rezul'tatov nauchno – issledovatel'skih opytно – konstruktorskih tehnologicheskikh rabot grazhdanskogo naznachenija [Unified state information system for recording of the results of research and development of civil engineering work] – URL: rosrid.ru (accessed: 19.04.2016)] [in Russian]

11. Prikaz Minpromtorga Rossii 31 marta 2015 g. №665. «Ob utverzhdeni Metodicheskikh rekomendacij po opredeleniju tehnologij v kachestve nailuchshej dostupnoj tehnologii» [The Order of the Ministry of Industry and Trade of Russia on March 31, 2015 N. 665. "On the approval of the Methodological Recommendations on the definition of the technology as the best available technology"] [Electronic resource] – URL: <http://www.rcit.ru/spr-rf-15.html> (accessed: 15.11.2015)] [in Russian]

12. Koefficient konkordacii [Coefficient of concord] [Electronic resource] – URL: math.semestr.ru/corel/concordance.php (accessed: 28/03/2016)] [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.044>**Кордабовский В.Ю.**

Старший научный сотрудник,

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

БОТАНИЧЕСКИЕ СЕМЕНА ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ – БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ НОВЫХ ГЕНОТИПОВ МАГАДАНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ**Аннотация**

Использование исходного генетического материала изначально адаптированного к экстремальным условиям произрастания и свободного от заражения вирусной инфекцией, во многом определяет проведение селекционной работы с картофелем в Магаданской области. Выращивание полевой культуры сеянцев из гибридных ботанических семян, значительно повышает эффективность процесса получения и отбора перспективных одноклубневых форм в виде клонов. Проведенные в 2015-2016гг. полевые исследования подтверждают, что такой метод позволяет на раннем этапе селекции выделить лучшие гибридные комбинации для создания новых сортов картофеля.

Ключевые слова: картофель, гибридные семена, сеянцы, селекция, сорт.

Kordabovskiy V.Yu.

Senior Researcher,

Federal State Budgetary Institution "Magadan Research Institute of Agriculture"

BOTANICAL SEEDS OF POTATO HYBRIDS AS A BIOLOGICAL BASIS FOR THE FORMATION OF NEW GENOTYPES OF MAGADAN BREEDING**Abstract**

The use of the original genetic material, initially adapted to the extreme conditions of growth and not subject to viral infection, largely determines the selection of potatoes in the Magadan Region. Cultivation of field crops of seedlings from hybrid botanical seeds significantly increases the efficiency of the process of obtaining and selecting prospective one-bulb forms as clones. Field studies conducted in 2015-2016 confirm that this method enables the selection of the best hybrid combinations at the early stage of breeding to create new varieties of potatoes.

Keywords: potatoes, hybrid seeds, seedlings, selection, variety.

Анализ агроклиматических показателей Магаданской сельскохозяйственной зоны, особенно ее части, прилегающей к берегам Охотского моря, свидетельствует о существовании условий, приближающихся к требованиям картофельного растения. Период с температурой выше 5°C составляет 100 дней, сумма активных температур – 1059°C. За время клубнеобразования выпадает 88 мм осадков, а среднесуточная температура находится в пределах 11,6-12,3°C; относительная влажность воздуха – 74-94 %; продолжительность дня – 15-16 часов [1, С. 50], [2, С. 27]. Необходимо учитывать и высокую пластичность картофеля, его способность под воздействием неблагоприятных факторов окружающей среды, в некоторой степени, изменять свою природу – адаптироваться. Следовательно, определяющим фактором в получении высоких урожаев картофеля в Северо-восточном регионе (Саха Якутия, Камчатский край, Магаданская область и др.), являются не климатические условия, а правильный подбор сортов. Здесь важно внедрять холодостойкие скороспелые сорта и применять индивидуальную сортовую агротехнику [3, С. 57–60], [4, С. 45–51].

Ограниченная теплообеспеченность летнего периода, позволяет возделывать в регионе ранние и среднеранние сорта с короткой фазой вегетации, поэтому, селекционная работа, по выведению новых генотипов картофеля, сосредоточена на получение их раннеспелых форм. Основу для селекционных исследований, проводимых сотрудниками ФГБНУ Магаданский НИИСХ, составляет генетический материал в виде гибридных семян, одноклубневых и перспективных гибридов, созданных на базе ФГБНУ ВНИИКС им. А.Г. Лорха.

В Магаданской области, наиболее оптимальным на первоначальном этапе селекции картофеля на раннеспелость, показал себя прием выращивания рассадным способом перспективных сеянцев из гибридных семян. Это связано, в первую очередь, с распространением вирусной инфекции. Сорта картофеля и одноклубневые гибриды, завезенные из других районов России, при экологическом испытании, оказываются зараженными различными вирусами, а селектируемые нами клубневые популяции, происходящие из ботанических семян – свободны от них [5, С. 114].

В работах Г.А. Мефодьева, при рассадном способе выращивания сеянцев, товарность клубневых репродукций оказалась выше, чем при безрассадном и в среднем за три года составила, в первом случае 76 %, а во втором 69 %. При этом, увеличивались и показатели структуры урожая [6, С. 287–289].

В исследованиях Н.В. Глаз, для решения прикладных задач экспресс-селекции на скороспелость, применяли сверхраннюю уборку пикированной рассады, отбирая одноклубневки сеянцев. При этом шел целенаправленный отбор форм с ранним началом формирования клубней, среди которых был очень высок процент (более 90 %) скороспелых одноклубневых образцов [7, С. 143].

В опытах К. Партоева и др., за 2005-2009 годы, от 40 гибридных комбинаций, выращенных из ботанических семян, выделено 257 перспективных клонов (или 33,5 % от общего количества растений), от которых отобрано 8 популяций с лучшими хозяйственно-полезными признаками [8, С. 718–723].

Важнейшая задача при выращивании гибридных сеянцев первого года жизни – создать оптимальный режим для их первоначального роста, при котором проявится потенциал наследственных возможностей молодых гибридных организмов. Необходимо дифференцировать развитие сеянцев с учетом почвенно-климатических условий ареала возделывания культуры [9, С. 11–14].

Для проведения селекционных исследований в полевых сезонах 2015-2016гг., использовали семенной материал, полученный из ФГБНУ ВНИИКС им. А.Г. Лорха, следующих гибридных популяций: 93.14.99×Аусония,

Удача×Аусония, Наяда×Русский сувенир, Рокко×Русский сувенир, Батя×Крепыш, Катерина×Инноватор, Голубизна×Латона, Жигулевский ×Крепыш, Накра×88.34/14 и Романо×190-4.

Семена картофеля замачивали на сутки в дистиллированной воде, подсушивали и 12-14 мая высевали в бумажные стаканчики, наполненные почвой следующего состава: торфонавозный компост - 4 части, дерновая земля - 2 части, речной песок - 1 часть. Стаканчики выставляли в специально оборудованную теплицу и выдерживали при температуре 20-22°C до появления полных всходов. После появления массовых всходов (24-26 мая) соблюдали следующий температурный режим: днем 14-16°C, ночью 6-8°C.

В течение 4-5 дней, до высадки в открытый грунт, гибриды закаливали: стаканчики с рассадой выносили на улицу при температуре 6-8°C и оставляли в полутени на 2-3 часа, с ежедневным продлением времени экспозиции на 1,5-2 часа.

Высадку рассады провели 24-26 июня в специально нарезанные борозды, предварительно локально внося в них минеральные удобрения из расчета N60P90K90 кг д.в./га; площадь питания одного растения 70×40 см. К этому времени, сеянцы достигли высоты 12-14 см и успели образовать 6-8 настоящих листьев. В период посадки продолжительность дня составляла 19-20 часов, среднесуточная температура воздуха – 8,4-8,7°C, почвы – 10,0-11,5°C.

В целом, предпосадочная температурная закалка, еще полностью неразвившаяся корневая система и отсутствие клубеньков, в связи с небольшим возрастом рассады, а также сложившиеся погодные факторы, положительно повлияли на приживаемость растений (75-85%) и их дальнейшую адаптацию к месту произрастания.

Погодные условия вегетационных периодов 2015 и 2016 годов по температурному режиму благоприятствовали росту и развитию культуры картофеля. Наблюдалось значительное превышение (на 0,9; 1,5; 1,9; 2,0 и 1,6°C в 2015 году) и (на 2,3; 2,7; 0,8; 1,9 и 0,6°C в 2016 году) среднемесячной температуры воздуха в мае, июне, июле, августе и сентябре по сравнению с многолетней. В 2015 году осадков за вегетацию выпало, по сравнению со среднемноголетними показателями, на 46,1 мм меньше. Но это существенно не отразилось на развитии картофеля. Выпавшие во 2-й декаде июня 55,8 мм влаги, что на 41,8 мм больше многолетних, при повышенной среднесуточной температуре воздуха (8,4°C вместо 6,8°C) способствовали интенсивному развитию сеянцев. В 2016 году количество осадков за вегетацию превысило среднемноголетний уровень на 107,4 мм.

В 2015 и 2016 гг. процесс клубнеобразования совпал по времени (1-я декада августа) с благоприятными климатическими факторами - повышенными среднесуточными температурами воздуха и достатком почвенной влаги, что позволило сеянцам сформировать полноценный урожай клубней.

В период вегетации проводили фитопатологические прочистки больных и ослабленных растений, особенно с отклонениями от морфологических признаков. Оценивали гибридные комбинации по устойчивости к фитофторозу и другим болезням, а также по интенсивности роста и развития.

Визуально, к началу уборки, полевая культура сеянцев, по мощности наземной массы не уступала гибридам из других селекционных питомников и, самое главное, сформировала в гнездах полноценные клубни, что позволило отобрать большое количество перспективных клонов.

Картофель убирали при зеленой ботве (29-31 августа), не дожидаясь ее угнетения ранними заморозками. Выкапывали и исследовали по отдельности каждый куст, отбирая по одному вызревшему и выровненному клубню, кроме тех гнезд, которые имели уродливые клубни с глубокими (более 5 мм) глазками и столонным следом, трещинами, расколами и симптомами болезней. Отбраковывали клоны с явными признаками вырождения, сильным поражением фитофторой, паршой и ризоктониозом.

При уборке молодых гибридных растений с зеленой ботвой, формирование клубней не завершается, а прерывается на раннем этапе развития при высокой интенсивности фотосинтеза и ускоренном темпе оттока пластических веществ, вырабатываемых вегетирующей фитомассой. По мнению И.М.Кипера [10, С. 60], это положительно влияет на закрепление признака раннеспелости, которую определяют на втором году жизни, при селекции первого клубневого потомства.

Одним из важнейших критериев эффективности выращивания сеянцев – частота отбора одноклубневок и перспективных клонов. Ее определяют по отношению количества отобранных образцов к общему количеству высаженных в поле растений. В наших исследованиях частота отбора одноклубневок, в зависимости от гибридной популяции, составила 39-50 %, а частота отбора клонов – 2-5 %.

Основной хозяйственно-полезный признак, который необходимо отобрать и закрепить на вновь создаваемых генотипах картофеля – высокая и стабильная урожайность. В среднем за 2015-2016 гг., по результатам исследований, весовая масса клубней у селектируемых гибридных популяций варьировала в следующих пределах, г/куст: 93.14.99×Аусония – 326 - 460 (155 - 219 ц/га), Удача×Аусония - 417 - 610 (198 - 290 ц/га), Наяда×Русский сувенир - 285 - 435 (136 - 207 ц/га), Рокко×Русский сувенир - 440 - 650 (209 - 309 ц/га), Батя×Крепыш - 310 - 425 (147 - 202 ц/га), Катерина×Инноватор – 270 - 430 (128 - 205 ц/га), Голубизна×Латона - 320 - 570 (152 - 271 ц/га), Жигулевский×Крепыш – 260 - 460 (124 - 219 ц/га), Накра×88.34/14 – 430 - 570 (205 - 271 ц/га), Романо×190 - 380- 590 (181 - 280 ц/га). Если рассматривать, что высадку рассады осуществили в третьей декаде июня, а уборку произвели в конце августа, то практически за 65 дней, с учетом приживаемости растений, сеянцы накопили неплохой урожай - от 124 до 309 ц/га.

Получение новых генетических форм, в виде гибридных клонов картофеля, путем выращивания из ботанических семян, наиболее полно соответствует местным почвенно-климатическим условиям севера Дальнего Востока. Такой прием позволяет в полевых испытаниях вывести изначально экологически пластичный, устойчивый к биотическим и абиотическим факторам среды посадочный материал перспективных гибридов, которые будут высажены в питомнике клонов второго года жизни.

Результаты исследований дают основания провести сравнительный анализ комбинаций и выделить лучшие для использования в дальнейшем селекционном процессе.

Список литературы / References

1. Иосифович Н.Л. Земледелие Магаданской области / Н.Л. Иосифович, М.И. Татарченков // Магадан: кн. изд-во, 1968.- С. 50.

2. Хлыновская Н.И. Агроклиматические основы сельскохозяйственного производства Севера / Н.И. Хлыновская // Л.: Гидрометеиздат, 1982.- С.27.
3. Охлопкова П.П. Исследования по картофелю в условиях Якутии / П.П. Охлопкова, Ф.В. Николаева, Т.В. Слепцова, С.П. Ефремова // Сб. научн.тр. Россельхозакадемия. Дальневост. регион. научн. центр. Камч. НИИСХ.- Владивосток: Дальнаука.- 2010.- С. 57- 60.
4. Власенко Г.П. Перспективные сорта картофеля в экологическом испытании на территории Камчатки / Г.П. Власенко // Сб. научн.тр. / Россельхозакадемия. Дальневост. регион. научн. центр. Камч. НИИСХ.- Владивосток: Дальнаука.- 2010.- С. 45- 51.
5. Кордабовский В.Ю. К вопросу семеноводства картофеля в Магаданской области / В.Ю. Кордабовский // Международный научно - исследовательский журнал. - 2015. - Часть 2. - № 4 (35). - С. 114.
6. Мефодьев Г.А. Влияние способов выращивания сеянцев на урожайность клубневых репродукций картофеля / Г.А. Мефодьев // Межд. журнал прикладных и фундаментальных исследований.- 2015.- Часть 2.- № 6. - С. 287- 289.
7. Глаз Н.В. Научно-методические основы создания высокого сортового потенциала картофеля в условиях Российского Приамурья: дис. ... канд. с/х наук: 06.01.05/ Глаз Николай Владимирович.- Благовещенск, 2000.- 143 с.: 61 01-6/365-X.
8. Партоев К. Использование ботанических гибридных семян в селекции картофеля (SOLANUM TUBEROSUM L.) / К. Партоев, С. Наимов, К. Меликов, А. Джумахматов // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. Душанбе, 2010. - Т. 53. - № 9. - С. 718 - 723.
9. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля / Е.А. Симаков, Н.П. Склярова, И.М.Яшина. М.: ООО Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК».- 2006.- С. 11-14.
10. Кипер И.М. Селекция и семеноводство раннего картофеля / И.М. Кипер // М.: Россельхозиздат, 1972. - С. 60.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Iosifovich N. L. Zemledelie Magadanskoj oblasti [Agriculture in Magadan region] / N. L. Iosifovich, M. I. Tatarshenkov // Magadan: kniwnoe izdatel'stvo [Magadan: Book publishing house], 1968. - P. 50. [in Russian]
2. Khlynovskay N. I. Agroklimaticheskie osnovy sel'skhozoyastvennogo proizvodstva Severa [Agroclimatic basis of agricultural production of the North] / N. I. Khlynovskay // L.: Gidrometeoizdat, 1982. - P. 27. [in Russian]
3. Ohlopkova P.P. Issledovaniya po kartofely u ysvoyah Yakytii [Research on potatoes in Yakutia] / P.P. Ohlopkova, F.V. Nikolaeva, T.V. Sleptcova, S.P.Efremova // Sb. naychn. tr. Rossel'hozakademiya. Dal'nevost. region. naychn. tsentr. Kamch. NIISH. [Collection of scientific works. The Russian Academy of Agricultural Sciences. Far Eastern Regional Scientific Center. Kamch. NIISH.] - Vladivostok: Dal'nayka [Vladivostok: Long-distance]. - 2010. - P. 57- 60. [in Russian]
4. Vlasenko G.P. Perspektivnye sorta kartofelya v ekologicheskom ispytanii na territorii Kamchatki [Perspective potato varieties in the ecological test in the territory of Kamchatka] / G.P. Vlasenko // Sb. naychn. tr. Rossel'hozakademiya. Dal'nevost. region. naychn. tsentr. Kamch. NIISH [Collection of scientific works. The Russian Academy of Agricultural Sciences. Far Eastern Regional Scientific Center. Kamch. NIISH.]. - Vladivostok: Dal'nayka [Vladivostok: Long-distance]. - 2010. - P. 45-51. [in Russian]
5. Kordabovskiy V.U. K voprosy semenovodstva kartofelya v Magadanskoj oblasti [On the issue of potato seed production in Magadan region] / V.U. Kordabovskiy // Mesdynarodniy naychno - issledovatel'skiy vyrnal [International research journal]. - 2015. - Part 2. - № 4 (35). - P. 114. [in Russian]
6. Mefod'ev G.A. Vliyanie sposobov vyrashchivaniya seyantsev na yrozhaynost' klubnevyyh reproduktsey kartofelya [Influence of methods of growing seedlings on the productivity of tuber reproductions of potatoes] / G.A. Mefod'ev // Mezhd. Zhurnal prikladnyh i fundamntal'nyh issledovaniy [International Journal of Applied and Fundamental Research]. - 2015. - Part 2. - № 6. - P. 287-289. [in Russian]
7. Glaz N.V. Naychno-metodicheskie osnovy sozdaniya vysokogo sortovogo potentsiala kartofelya v ysvoyah Rossiyskogo Priamyr'ya [Scientific and methodological foundations for the creation of a high potato capacity in the conditions of the Russian Amur Region]: dis. ... PhD in Agriculture: 06.01.05/ Glaz Nikolay Vladimirovich. - Blagoveshchensk, 2000. - 143 p.: 61 01-6/365-X [in Russian]
8. Partoev K. Dzhymahmadov. Ispol'zovanie botanicheskikh gibridnyh semyan v selectii kartofelya (SOLANUM TUBEROSIM L.) [The use botanical hybrid seeds in potato breeding (SOLANUM TUBEROSIM L)] / K. Partoev, S. Naimov, K. Melikov, A.Dzhymahmadov // Doklady Akademii nayk respublikii Tadzhiqistan [Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan]. - Dushanbe, 2000. - T.53. - № 9. - P. 718-723. [in Russian]
9. Metodicheskie ykazaniya po technologii selektsionnogo prottessa kartofelya [Methodical instruction on technology of potato breeding process of potato] / E.A. Simakov, N.P. Sklyarova, I.M. Yashina // M.: ООО Redaktsiya zhurnala «Dostizheniya nayki i tekhniki APK» [Editorial Board of the Journal of the Achievement of Science and Technology of the AIC]. - 2006. - P. 11-14. [in Russian]
10. Kiper I.M. Selektiya i semenovodstvo rannego kartofelya [Selection and seed production of early the potatoes] / I.M. Kiper // M.: Rossel'hozizdat, 1972. - P. 60. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.034>**Кордабовский В.Ю.**

Старший научный сотрудник,

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЛОЩАДИ ПИТАНИЯ И МАССЫ СЕМЕННЫХ КЛУБНЕЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ МАГАДАНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ**Аннотация**

Для высокой и стабильной урожайности вновь создаваемых генотипов картофеля, необходима разработка комплекса приемов агротехники, учитывающих индивидуальные особенности каждого получаемого сорта. Среди этих приемов большое значение имеют величина семенных клубней и площадь питания. В статье показаны предварительные результаты исследований по воздействию этих факторов на продуктивность перспективных гибридов Колымский и Арктика применительно к почвенно-климатическим условиям севера Дальнего Востока. По продуктивности и качеству урожая наиболее оптимальны посадки изучаемых гибридов семенной фракцией весом выше 80 г и площадью питания 70×30 см.

Ключевые слова: картофель, гибриды, площадь питания, семенные клубни, урожайность.

Kordabovskiy V.Yu.

Senior Researcher,

Federal State Budgetary Institution "Magadan Research Institute of Agriculture"

PRELIMINARY STUDY OF NUTRITION AREA AND MASS OF SEED TUBERS ON THE PRODUCTIVITY OF POTATO HYBRIDS OF MAGADAN BREEDING**Abstract**

It is necessary to develop a set of methods of agricultural technology that take into account individual characteristics of each variety for high and stable yields of the newly created genotypes of potatoes. Among these methods, the importance of seed tubers and the nutrition area are of great importance. The article presents preliminary results of studies on the effect of these factors on the productivity of promising hybrids of Kolyma and Arktika in relation to soil and climatic conditions in the north of the Far East. According to the productivity and quality of the harvest, a seed fraction weighing more than 80 g and a feeding area of 70 × 30 cm are the most suitable for the hybrids studied.

Keywords: potatoes, hybrids, nutrition area, seed tubers, yield.

В результате селекционной работы по созданию новых генотипов картофеля, проводимой сотрудниками ФГБНУ Магаданский НИИСХ совместно с селекционным центром ФГБНУ ВНИИКСХ им. А.Г. Лорха, выделен ряд сортообразцов, максимально адаптированных к экстремальным экологическим условиям севера Дальнего Востока. Два наиболее перспективных гибрида - Колымский (ранний) и Арктика (среднеранний) в настоящее время проходят государственные испытания на регистрацию сорта. Гибриды отличаются скороспелостью, высокой стабильной урожайностью (30-50 т/га), устойчивостью к различным заболеваниям, хорошо хранятся и по товарным качествам отвечают требованиям современного рынка [1, С. 175].

Но для успешного ведения картофелеводства недостаточно получения новых сортов, необходимо построение четкой системы агротехники, учитывающей индивидуальные особенности сорта, его биологический и хозяйственно-полезный потенциал. Разработка комплекса агротехнических приемов применительно к каждому создаваемому сорту - необходимое условие повышения урожайности картофеля. Среди этих приемов большое значение имеют величина семенных клубней и площадь питания.

Исследованиями ряда авторов установлено, что лучше для посадки подходят клубни массой от 50 до 120 г. Средние и крупные семена обеспечивают хорошую всхожесть и в начальный период роста растений формируют более мощную корневую систему и вегетативную массу [2, С. 204]. [3, С. 47].

Е.М.Черкашина установила, что для условий Прихотской зоны Магаданской области по комплексу хозяйственно-биологических признаков и недостатке удобрений, наиболее продуктивными являются посадки картофеля крупными нерезанными фракциями, весом 80-120 г. [4, С. 144-147].

В других научных работах допускается целесообразность использования мелких клубней, которые, при сопутствующем загущении, по продуктивности не уступают средним и крупным, а по чистому урожаю (за вычетом веса семян) иногда и превосходят их [5, С. 41], [6, С. 115-122].

В опытах А.Н.Постникова, загущенные посадки мелкосеменной фракцией по схеме 7×15 см, увеличили валовой урожай картофеля, в среднем за 3 года на 20,6 и 6,0 % по сравнению с посадкой 7×25 см, 7×20 см [7, С. 70].

По результатам исследований Касимовой Н.З., Мингалеева С.К. эффективность посадочного клубня массой 50-80 г, повышалась при снижении густоты посадки [8, С. 41-44].

По утверждению В.Л.Перлова, для Магаданской области для ранних и среднеранних сортов картофеля, оптимальная посадка очень мелких клубней (15-30 г), с загущением до 71,4-95,2 тыс., а мелких и средних (30-50 г и 50-80 г) – до 57,1 тыс. растений на 1 га [9, С. 64].

Площадь питания определяет возможность картофеля эффективнее использовать солнечную энергию и питательные вещества почвы. По мнению Б.А. Писарева, оптимальная густота посадки для северных районов Нечерноземья - 50-55 тыс. кустов на 1 га [10, С. 170].

Для изучения влияния площади питания и размера посадочных клубней на продуктивность гибридов картофеля Колымский и Арктика в 2016 году провели стационарные полевые исследования. Опыт заложен на старопойменных, хорошо окультуренных дерново-аллювиальных почвах, со следующими агрохимическими показателями: pH солевой вытяжки 4,6-5,4; содержание гумуса в пахотном слое (по Тюрину) – 2,5-4,6 %, нитратного азота – 0,2-0,79 мг,

аммиачного азота – 2,70-6,90 мг, подвижного фосфора (по Кирсанову) – 110,0-181,5 и подвижного калия (по Масловой) – 8,4-29,5 мг на 100г почвы (по данным химико-аналитической лаборатории ФГБНУ Магаданский НИИСХ).

Сложившиеся за период вегетации температурный и водный режим оказали существенное влияние на рост и развитие картофеля. От начала посадки культуры (конец III декады мая) и до ее уборки (I декада сентября) наблюдалось значительное превышение (на 2,3; 2,7; 0,8; 1,9 и 0,6⁰С) среднемесячной температуры воздуха в мае, июне, июле, августе и сентябре соответственно, по сравнению с многолетней. А сумма активных температур воздуха выше 5⁰С, за этот период составила 1271,3⁰С, что на 270⁰С выше средних многолетних.

Количество осадков превысило среднеемноголетний объем на 107,4 мм, но неравномерность их выпадения отрицательно сказалась на первоначальной стадии развития культуры. Дефицит осадков в I декаде июня – I декаде июля (всего 28,8 мм вместо 60 мм по норме), способствовал задержке появления всходов и замедленному росту вегетативной массы. Но после обильных осадков, во второй декаде июля (123,2 мм), кусты картофеля по высоте и массе ботвы выровнялись практически на всей посадочной площади, и дальнейшее развитие картофеля проходило в благоприятных для культуры условиях произрастания.

Таблица 1 – Урожайность и качество гибридов Колымский и Арктика в зависимости от схемы посадки и массы семенной фракции клубней

Схема посадки, см; густота посадки, шт./га	Семенная фракция, г	Расход семян на 1 га, т	Средний урожай, т/га		Товарность клубней, %	Содержание крахмала,%
			без механических примесей	за вычетом веса семенного материала		
Гибрид Колымский						
70×30 47600 (контроль)	50-80	3,1	37,3	34,2	92,9	12,4
70×15 95200	30-50	3,8	34,5	30,7	87,4	12,1
70×30 47600	30-50	1,9	29,9	28,0	90,1	11,9
70×15 95200	50-80	6,2	37,8	31,6	88,6	12,5
70×15 95200	»80	8,6	38,6	30,0	89,3	12,7
70×30 47600	»80	4,3	39,3	35,0	93,7	12,6
НСР ₀₅ =			1,6 т/га			
Гибрид Арктика						
70×30 47600 (контроль)	50-80	3,1	30,0	26,9	91,8	12,6
70×15 95200	30-50	3,8	28,1	24,3	86,4	12,2
70×30 47600	30-50	1,9	21,4	19,5	88,3	12,0
70×15 95200	50-80	6,2	28,8	22,6	87,6	12,7
70×15 95200	»80	8,6	30,3	21,7	87,8	12,8
70×30 47600	»80	4,3	31,4	27,1	92,7	12,7
НСР ₀₅ =			0,7 т/га			

Анализ показателей продуктивности гибридов Колымский и Арктика (табл. 1), свидетельствует – при одинаковой густоте посадки, урожайность повышается с увеличением веса семенной фракции. Гибрид Колымский, при площади питания 70×30 см, сформировал урожай (без механических примесей) от крупных клубней (> 80г) в количестве 39,3 т/га, а чистый (за вычетом веса семенного материала) 35,0 т/га, что больше на 2,0 и 0,8 т/га, соответственно, по сравнению со средними клубнями (50-80 г) и на 9,4 и 7,0 т/га – с мелкими. У гибрида Арктика, в аналогичном случае вариант с крупными семенами (> 80 г) превысил сбор клубней на 1,4 т/га и чистый на 0,2 т/га, по сравнению с вариантом со средней фракцией клубней (50-80 г) и на 10,0 и 7,6 т/га, соответственно, с мелкой фракцией.

Общий урожай исследуемых гибридов повышался от крупных семян более 80г и на загущенных посадках с площадью питания 70×15 см. При посадке клубнями весом более 80г получено: гибрида Колымский - 38,6 т/га, Арктика - 30,3 т/га; средними (50-80г), соответственно, 37,8 и 28,8 т/га и мелкими (30-50г) - 34,5 и 28,1 т/га. Однако, с вычетом веса посадочного материала, наиболее продуктивны варианты со средней и мелкой фракцией семян (табл.1).

Вес семенных клубней и густота посадки, в значительной степени, влияют на товарные качества картофеля. При одинаковом количестве растений на единицу площади, с увеличением массы посадочных клубней, выход товарной продукции в урожае повышается. Так, при площади питания 70×30 см, товарность клубней гибрида Арктика в варианте семенной фракцией больше 80 г составила 93,7 %, что на 0,8 и 3,6 % выше, по сравнению с вариантами со средними (50×80 г) и мелкими (30×50 г) семенами.

У гибрида Арктика при схеме посадки 70×30 см лучше товарность клубней - 92,7 %, отмечена также в варианте с крупной семенной фракцией клубней (> 80 г), что на 0,9 % выше по сравнению со средней фракцией (50-80 г) и на 5,1 % - с мелкой (30-50 г).

Аналогичные результаты получены и в вариантах с загущенными посадками (70×15 см) - чем больше вес семенной фракции клубней, тем выше товарность полученного урожая.

Как видно из табл. 1, крахмала в клубнях гибридов Колымский и Арктика содержится от 11,9 до 12,8 %, что для условий севера Дальнего Востока считается высоким показателем. Здесь тоже прослеживается определенная закономерность - чем крупнее посадочный материал, тем выше содержание крахмала в выращенных клубнях. Наибольшее количество крахмала - от 12,6 до 12,8 % отмечено в варианте с семенной фракцией выше 80 г; в варианте со средней фракцией (50-80 г) крахмала содержится от 12,4 до 12,7 % и в варианте с мелкой фракцией (30-50 г) - от 11,9 до 12,2 %.

На основании полученных исследований за 2016 год можно сделать предварительные выводы:

- наиболее продуктивны посадки гибридов Колымский и Арктика семенной фракцией клубней весом выше 80 г и площадью питания 70×30 см;
- проводить загущенные посадки гибридов Колымский и Арктика (70× 15 см) из-за высокого расхода семенного материала (8,6 т/га) экономически нецелесообразно;
- использование мелких семенных клубней гибридов Колымский и Арктика весовой фракцией 30-50 г наиболее оптимально при их посадке с густотой 70×15 см (95200 шт./га);
- клубни средней семенной фракции от 50 до 80 г следует высаживать с густотой 47600 кустов на 1 га посадочной площади (70×30 см);
- посадки гибридов Колымский и Арктика семенным материалом выше 80 г образуют наиболее качественный урожай товарных клубней.

Список литературы / References

1. Кордабовский В.Ю. Новые скороспелые сортообразцы картофеля / В.Ю. Кордабовский // Международный научно - исследовательский журнал. - 2016. - Часть 5. - № 6 (48). - С. 175 - 176.
2. Писарев Б.А.. Семеноводство картофеля / Б.А.Писарев, Л.Н. Трофимец // М.: Россельхозиздат, 1982. - С. 204 - 205.
3. Картофель / В кн.: Система земледелия в Камчатской области // Новосибирск, 1982. - С. 47 - 55.
4. Черкашина Е.М. Величина семенных клубней и продуктивность картофеля / Е.М.Черкашина // Сельское хозяйство Севера на рубеже тысячелетий: Сб. научн. тр., 2 часть.- ГНУ Магаданский НИИСХ РАСХН - Магадан, 2004.- С.144 - 147.
5. Сайбурханов Ш.Р. Картофелеводство на Севере / Ш.Р. Сайбурханов // М.: Россельхозиздат, 1988. - С. 41 - 44.
6. Писарев Б.А. Агротехника высоких урожаев картофеля / Б.А. Писарев, С.Н. Карманов и др. // М.: Колос, 1969.- С.115 -122.
7. Постников А.Н. Картофель. 2-е изд., доп. и перераб. / А.Н. Постников, Д.А. Постников // М.: РГАУ-МСХА.-2006.- 160 с.
8. Касимова Н.З. Урожайность и качество клубней картофеля разных групп скороспелости в зависимости от приемов технологии выращивания в условиях Среднего Урала / Н.З Касимова, С.К. Мингалеев // Аграрный вестник Урала.- 2010.- 5(71).- С. 41-44.
9. Перлов В.Л. Картофелеводство на Крайнем Севере / В.Л. Перлов // Магадан: кн. изд-во, 1976.- С. 64.
10. Писарев Б.А. Книга о картофеле. / Б.А.Писарев // М.: Моск. рабочий, 1977. - С. 170.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kordabovskiy V.U. Novye skorospelye sortoobraztzy kartofelya [New early maturing varieties of potatoes] / V.U. Kordabovskiy // Mesdynarodniy naychno - issledovatel'skiy wyrnall [International research journal]. - 2016. - Part 5. - № 6 (48). - P. 175 - 176. [in Russian]
2. Pisarev B.A. Semenovodstvo kartofelya [Potato seed production] / B.A. Pisarev, L.N. Trofimetc // M.: Rossel'hozizdat, 1982. - P. 204-205. [in Russian]
3. Kartofel' / V knige: Sistema zemledeliya v Kamchatskoy oblasti [In the book: Farming system in the Kamchatka region] // Novosibirsk, 1982. - P. 47 - 55. [in Russian]
4. Cherkashina E.M. Velichina semennyh klybney i prodyktivnost' kartofelya [The value of seed tubers and potato productivity] / E.M.Cherkashina // Sel'skoe hozyaystvo Severa na rubezhe tysyacheletiy: Sb. naychn. tr., 2 chast' - GNY Magadanskiy NIISH RASHN [Agricultural of the North at the turn of the millennium: collection of scientific papers, 2 part - State University of Magadan Research Institute of the Russian Academy of Agricultural Sciences] - Magadan, 2004. - P. 144-147. [in Russian]
5. Sayburhanov H. R. Kartofelevodstvo na Severe [Potato growing in the North] / H. R. Sayburhanov // M.: Rossel'hozizdat, 1988. - P. 41 - 44. [In Russian]

6. Pisarev B.A. Agrotehnika vysokih yrozhaev kartofelya [Agrotechnical of high yields] / B.A. Pisarev, S.N. Karmanov i others // M.: Kolos [M.: Ear], 1969. – P. 115-122. [in Russian]
7. Postnikov A.N. Kartofel' 2-e izd., dop. i pererab. [Potatoes. 2 - nd edition supplemented and revised] / A.N.Postnikov, D.A. Postnikov // M.: RGAY - MSHA. – 2006. – 160 p. [in Russian]
8. Kasimova N.Z. Yrozhaynost' i kachestvo klybney kartofelya raznyh grypp skorospelosti v zavisimosti ot priemov tehnologii vyrashchivaniya v usloviyakh Srednego Urala [Yield and quality of tubers of potatoes of different ripening groups depending on the methods of ethnology grown in the conditions of the Middle Urals] / N.Z. Kasimova, Mingaleev S.K. // Agrarny vestnik Urala [Agrarian bulletin of Urals].- 2010. - 5(71). - P. 41-44. [in Russian]
9. Perlov V.L. Kartofelevodstvo na Kraynem Severe [Potato growing in the Far North] / V.L. Perlov // Magadan: kn. izd - vo [Magadan: Book Publishers], 1976. - P. 64. [in Russian]
10. Pisarev B.A. Kniga o kartofele [The book about potatoes] / B.A. Pisarev // M.: Moskovskiy raboshiy [M.: Worker in Moscow], 1977. - P. 170. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.069>Науанова А. П.¹, Айдаркулова Р.С.², Бaimбетова Э.М.³, Кабылбекова Г.К.⁴, Мараткызы Н.⁵, Ахмет У.⁶¹ORCID: 0000-0002-5250-1961, доктор биологических наук, профессор²ORCID: 0000-0003-1602-3672, Кандидат биологических наук,³ORCID: 0000-0002-1552-0258, Доктор PhD,^{1,2,3}Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, в г. Астане⁴ORCID: 0000-0002-2759-0130, Магистр биологии,⁴Карагандинский государственный технический университет, в г. Караганде⁵ORCID:0000-0003-0526-0154 Магистрант⁶ORCID: 0000-0003-3057-3275 Магистрант^{5,6}Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, в г. Астане

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНО-МЕЛИОРАТИВНЫХ УДОБРИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Аннотация

В статье приводятся результаты проведения НИР создания комплексных мелиоративно-удобрительных смесей (КМУС). Микробиологическим способом из растительных остатков были выделены бактерии- *Bacillus mesentericus*, *Bacillus megatherium*, *Sporosarcina ureae*, *Sporolactobacillus inutinus*, и грибы *Curvularia maculans* и *Curvularia interseminata*. В лабораторных условиях созданы 3 вида КМУС, состоящие из почвы, растительных отходов, микробиальной культуры. При создании КМУС учитывали ферментативную, азотфиксирующую активности, ростостимулирующие и деструктивные свойства выделенных штаммов микроорганизмов. Отмечено повышение урожайности пшеницы на 13,4 - 29,5% при внесении в почву различных видов биоудобрений.

Ключевые слова: биоудобрение, плодородие почвы, биологическая активность почвы.

Nauanova A.P.¹, Aidarkulova R.S.², Baimbetova E.M.³, Kabylbekova G.K.⁴, Maratkyzy N.⁵, Ahmet U.⁶¹ORCID: 0000-0002-5250-1961, Doctor of Biological Sciences, Professor,²ORCID: 0000-0003-1602-3672, PhD in Biology,³ORCID: 0000-0002-1552-0258, Doctor PhD,^{1,2,3}Kazakh Agrotechnical University. S.Seifullin, in the city of Astana,⁴ORCID: 0000-0002-2759-0130, Master of Biology,⁴Karaganda State Technical University, in Karaganda,⁵ORCID: 0000-0003-0526-0154, Master's degree, ⁶ORCID: 0000-0003-3057-3275, Master's degree,^{5,6}Kazakh Agrotechnical University. S.Seifullin, in the city of Astana

INFUENCE OF COMPLEX-MELIORATIVE FERTILIZER MIXTURES ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY AND CHEMICAL COMPOSITION OF SOIL IN NORTH KAZAKHSTAN

Abstract

The article presents the results of the research on the development of complex meliorative-fertilizer mixtures (CMFM). Microbiological methods were used to isolate *Bacillus mesenteric*, *Bacillus megatherium*, *Sporosarcina ureae*, *Sporolactobacillus inutinus*, *Curvularia maculans* and *Curvularia interseminata* fungi from the plant remains. 3 types of CMFM were created in the laboratory, consisting of soil, plant waste and microbial culture. Enzymatic, nitrogen-fixing activity, growth-stimulating and destructive properties of isolated strains of microorganisms were taken into account when creating CMFM. An increase in the yield of wheat by 13.4-29.5% was noted when introducing various types of bio-fertilizers into the soil.

Keywords: fertilizer, soil fertility, soil biological activity.

Казахстан – агроиндустриальная страна, в которой сельское хозяйство является сферой жизнедеятельности основной части населения. В сельской местности сегодня проживает сорок три процента населения, и от степени развития сельскохозяйственного производства во многом зависит жизненный уровень не только тех, кто работает здесь, но и тех, кто в той или иной мере связан с этой сферой. С уровнем развития сельхозпроизводства тесно связано благосостояние большинства казахстанцев [1, С. 77].

В условиях интенсивного развития экономических отношений и обеспечения Продовольственной безопасности страны важную роль играет рациональное и эффективное использование земельных ресурсов, в частности земель сельскохозяйственного значения [2, С. 21].

Однако, в последние десятилетия антропогенный процесс оказывает все более существенное негативное влияние на экологические функции почв и их биосферные связи [3, С. 9].

По словам А.С.Сапарова и др. [4, С.91] в настоящее время в Республике Казахстан около 75% территории подвержено повышенному риску опустынивания, а 14% пастбищ достигли крайней степени деградации, и наблюдается снижение почвенного плодородия. Сегодня потери гумуса составляют одну треть от исходного его содержания. Поэтому одной из главных задач является сохранение, повышение и восстановление плодородия почв.

Целью данного исследования является разработка технологии создания комплексных мелиоративно-удобрительных смесей, применяемых для повышения плодородия почв.

Разрабатываемые комплексные мелиоративно-удобрительные смеси (КМУС) отвечают требованиям современных биоэкологических систем сельского и лесного хозяйства и позволяют увеличить разнообразие возделываемых растений, сократить применение агрохимикатов, в т.ч. и минеральных удобрений; применять новые технологии возделывания растений.

Для создания комплексно-мелиоративной удобрительной смеси (КМУС) микробиологическим способом на начальном этапе работы из различных отходов сельского хозяйства методом серийных разведений были выделены несколько групп микроорганизмов. Для выделения видов актиномицетов, грибов и бактерий исследуемый материал высевали на селективных средах Гаузе, КАА, Чапека-Докса и МПА. Общую микробную обсемененность рассчитывали по количеству выросших колоний, количество КОЕ в 1 мл определяли по формуле: $M = a \times 10^n / V$, где a — количество выросших колоний; 10^n — разведение; V — посевная доза (0,1 мл).

На основании деструктивных и ростостимулирующих свойств новых штаммов проведен отбор активных штаммов, которые были использованы для создания КМУС. Для получения биомассы культуры бактерий, актиномицетов и грибов выращивались на качалках, обеспечивающих встряхивание колб со скоростью 200 об/мин в стерильных колбах Эрленмейера на жидкой питательной среде Чапека-Докса, МПА. После окончания культивирования культуральную жидкость отделяли от мицелия грибов путем фильтрования. Измельченную стерильную солому из расчета 4,5 т/га (5 г на 1 кг почвы) равномерно перемешивали со стерильной почвой. Для улучшения разложения органических и минеральных остатков, в компостирующую смесь были добавлены суспензионные культуры нижеупомянутых штаммов и азотфиксирующие микроорганизмы - *Azotobacter chroococcum* штамм № 5, взятых из коллекции лаборатории.

Для создания КМУС были отобраны следующие штаммы:

КМУС 1 (почва, солома, консорциум микроорганизмов *Curvularia maculans* шт. 103 + *Curvularia maculans* шт. 136+ *Azotobacter chroococcum* шт. 5);

КМУС 2 (почва, солома, консорциум микроорганизмов *Sporosarcina ureae* шт. 90+ *Curvularia interseminata* шт. 109+ *Azotobacter chroococcum* шт. 5);

КМУС 3 (почва, солома, консорциум микроорганизмов *Sporolactobacillus inulinus* шт. 113+ *Sporolactobacillus inulinus* шт. 116 + *Azotobacter chroococcum* шт. 5);

В созреваемой массе постоянно осуществлялась искусственная аэрация.

После созревания КМУС были проведены следующие анализы: определены легкогидролизуемый азот, подвижный фосфор, содержание гумуса в почве и интенсивность разложения целлюлозы.

Напряженность и направленность микробиологических процессов трансформации органических остатков в почве можно оценить по показателям численности представителей различных физиологических групп сапрофитной почвенной микрофлоры [5, С.50].

По данным таблицы 1, в вариантах - контроль, КМУС №1, КМУС № 2, КМУС № 3 - количество бактерий на МПА выше, чем на КАА, что говорит о снижении потребления минеральных форм азота и усилении потребления органических форм, вследствие осуществления начальных этапов распада азотсодержащих органических остатков.

К двухмесячному созреванию КМУС-а количество бактерий на МПА и КАА увеличилось в несколько десятков раз, чем было после 30 дней созревания.

Таблица 1 – Численность микроорганизмов КМУС на различных питательных средах

Вариант	МПА	КАА	ЧД		Эшби
	бактерии, млн/г	бактерии, млн/г	бактерии, млн/г	гриб, тыс/г	азотобактер, %
30 дней					
Контроль	164,0	36,0	0,58	-	100
КМУС №1	59,3	8,7	0,42	33,3	100
КМУС №2	10,7	3,3	0,22	140,0	98
КМУС №3	125,3	18,7	4,98	53,3	100
60 дней					
Контроль	204	264	2,1	60	100
КМУС №1	282,7	224	1,8	153,3	100
КМУС №2	258,7	178,7	0,22	46,7	98
КМУС №3	216,0	200,0	1,59	53,3	100

На среде Чапека – Докса наблюдается рост как бактерий, так и грибов. Аэробный азотфиксирующий азотобактер увеличивается также в опытах с соломой, при внесении органических удобрений увеличивается и процесс азотфиксации.

Таким образом, по полученным данным можно судить об активизации процесса минерализации растительных остатков, за счет стимулирования роста численности микроорганизмов. Так как, продуктивность агроценозов во многом определяется составом и численностью микроорганизмов, направленностью и интенсивностью микробиологических процессов [6, С. 110].

После 30 дней созревания КМУС были проведены следующие анализы: определены легкогидролизуемый азот, подвижный фосфор, содержание гумуса в почве (таблица 2).

Во время компостирования микроорганизмы в процессе своей жизнедеятельности перерабатывают отходы на биологически активные вещества и гумус [7, С. 6]. Содержание гумуса на вариантах с использованием разных видов КМУС снижается на 0,15-2,37% по сравнению с контролем. На варианте КМУС №2 содержание гумуса незначительно отличается от содержания гумуса в контроле (0,15%), что связано с тем, что в состав этой смеси входит комплекс бактерий усваивающих минеральные формы азота. Наименьшее содержание гумуса наблюдается на варианте КМУС №3 (8,83%), в составе которого находятся целлюлозоразрушающие грибы, что подтверждает мнение других исследователей о том, что микромицеты интенсивно размножаются и потребляют органические азотсодержащие соединения всей поверхностью мицелия. Содержание гумуса на варианте КМУС №1 понизилось на 1,46% по сравнению с контролем, что объясняется тем, что в состав этого биоудобрения входят как штаммы бактерии, так и микромицета.

Обладая высокой биологической активностью, микроорганизмы постоянно разлагают большое количество органических и минеральных веществ почвы [8, С. 65]. Распад гумуса под влиянием микроорганизмов (как и минерализация других, содержащих фосфор органических веществ) высвобождает минеральные соли фосфорной кислоты в доступном растениям виде. На вариантах с использованием КМУС происходит увеличение подвижного фосфора и легкогидролизуемого азота по сравнению с контролем, т.к. микроорганизмы, входящие в состав биоудобрений, способствуют разложению растительных остатков и приводят к увеличению содержания азота и фосфора. Содержание подвижного фосфора увеличивается на варианте с применением КМУС №2 (22,3 мг/кг почвы), что объясняется тем, что бактерии входящие в состав КМУСа при разложении органических соединений выделяют органические и минеральные кислоты в окружающую среду, которые разрушают труднодоступные соединения фосфора и переводят их в легкоусвояемую форму как для собственного потребления, так и для растений.

Таблица 2 – Агрохимические показатели почв в зависимости от применения различных образцов КМУС

Вариант	Агрохимические показатели почв		
	Гумус, %	N-NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг
Контроль (почва, солома)	11,2	9,8	20,2
КМУС №1	9,74	10,9	20,4
КМУС №2	11,05	10,6	22,3
КМУС №3	8,83	11,1	20,6

Интенсивность процесса компостирования зависит от соотношения азота и углерода в компостируемых материалах [9, С. 112]. Гетеротрофные микроорганизмы составляют растениям конкуренцию в использовании минерального азота. Однако иммобилизованный в органическую форму минеральный азот частично вновь освобождается и становится доступным для растений.

Повышение содержания легкогидролизуемого азота на варианте КМУС №3 (11,1мг/кг почвы) по сравнению с контролем (9,8мг/кг почвы), связано с тем, что грибы, входящие в состав КМУС-а более интенсивно, чем бактерии участвуют в процессах разложения и минерализации органических веществ почвы.

Целлюлозолитическая способность почвы – это один из показателей общей активности ее микроорганизмов и плодородия [10, С. 101].

Для определения целлюлозолитической активности КМУС в лабораторных условиях был заложен опыт с использованием льняных полотен методом аппликации. Льняное полотно помещали в стерильную почву, зараженную микробной массой, составляющей основу лабораторных образцов КМУС, при влажности 60%. Целлюлазную активность КМУС определяли через 2 месяца после закладки опыта.

Степень разложения полотна микроорганизмами из биоудобрений варианта 1 находилась в пределах 45%, а на варианте с использованием КМУС 2 – 44%. Результаты исследований на этих вариантах показывают, что целлюлазная активность микроорганизмов из этих двух консорциумов находятся на одинаковом уровне, т.к. в состав этих биоудобрений входят микромицеты. На варианте с применением КМУС 3 степень разложения клетчатки составила 62% так как, основу этой смеси составляют аэробные гидролитические бактерии, обладающие высокой целлюлазной активностью.

Таким образом, исследуемые нами микроорганизмы обладают средней целлюлозолитической активностью, и для повышения биологической активности почвы рекомендуется использовать КМУС 3, созданный на основе бактерий.

Список литературы / References

1. Исаков А.Ж. Сельское хозяйство Республики Казахстан: вчера и сегодня /А.Ж. Исаков // Вестник КазНУ. Серия экономическая. –2010. – № 6 (82). –С 77-82.
2. Аханов Ж.У. Аналитическая записка о тенденции развития почвенной науки /Ж.У. Аханов // Почвоведение и агрохимия. –2008. –№1. –С. 6-13.

3. Елешев Р.Е. Состояние и перспективы развития агрохимических и агроэкологических исследований в Республики Казахстан / Р.Е. Елешев // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – №1. – С. 21-26.
4. Сапаров А.С. Современные проблемы почвенно-агрохимической науки Казахстана и пути их решения / А.С. Сапаров и др. // Известия Национальной Академии наук Республики Казахстан. Серия аграрных наук. – 2016. – №1. – С. 91-101.
5. Русакова И.В. Влияние биопрепарата Баркон на процесс гумификации соломы /И.В. Русакова и др. // Агрохимия. – 2011. – №1. – с.48-50.
6. Коношина С.Н. Влияние различных агрофитоценозов на распространение фитотоксичных микроорганизмов в почве/ С.Н. Коношина// European science review. – 2014 – №5-6. – С.110-112.
7. Гагиев Г. Простые технологии получения компоста и биогумуса. Руководство к действию / Г. Гагиев и др. Алматы, 2014. – 32 с.
8. Аширбеков М.Ж. Влияние хлопковых севооборотов на микробиологические и биохимические свойства староорошаемых сероземно-луговых почв южного Казахстана / М.Ж. Аширбеков //Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 7 (129). – С.64-69.
9. Смольникова В.В. Особенности компоста, полученного с использованием молочной сыворотки / В.В. Смольникова// Сельскохозяйственная экология. Юг России: экология, развитие. – 2010. – №3. – С. 112-116.
10. Фомина Н.В. Анализ изменения целлюлозоразрушающей способности антропогенно загрязненной почвы / Н.В. Фомина // Вестник КрасГАУ. – 2014. – №7. – С. 101-107.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Iskakov A.Zh. Selskoe khoziaistvo Respubliki Kazakhstan: vchera i segodnia [Agriculture of the Republic of Kazakhstan: Yesterday and Today] / A.Zh. Iskakov // Bulletin of KazNU. Economic series. - 2010. - No. 6 (82). - P. 77-82.
2. Akhanov Zh.U. Analiticheskaya zapiska o tendentsii razvitiya pochvennoi nauki [Analytical Note on the Trends in Soil Science Development] / Zh.U. Akhanov // Soil Science and Agrochemistry. - 2008. - No.1. - P. 6-13.
3. Eleshev R.E. Sostoyanie i perspektivy razvitiya agrokhimicheskikh i agroekologicheskikh issledovaniy v Respublikie Kazakhstan [Status and Prospects of Agrochemical and Agro-ecological Research Development in the Republic of Kazakhstan] / R.E. Eleshev // Soil Science and Agrochemistry. - 2008. - No.1. - P. 21-26.
4. Saparov A.S. Sovremennye problemy pochvenno-agrokhimicheskoi nauki Kazakhstana i puti ikh resheniya [Modern Problems of Soil-agrochemical Science of Kazakhstan and Ways of their Solution] / A.S. Saparov et al. // Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Agricultural Sciences Series. - 2016. - No.1. - P. 91-101.
5. Rusakova I.V. Vliyanie biopreparata Barkon na process gumifikatsii solomy [Influence of Barkon Biopreparation on the Process of Straw Humification] / I.V. Rusakova et al. // Agrochemistry. - 2011. - No.1. - p.48-50.
6. Konoshina S. N. Vliyanie razlichnykh agrofitotsenozov na rasprostraneniye fitotoksichnykh mikroorganizmov v pochve [Influence of Different Agrophytocenoses on the Distribution of Phytotoxic Microorganisms in Soil] / S.N. Konoshina // European Science Review. - 2014 - No.5-6. - P.110-112.
7. Gagiev G. Prostye tehnologii polucheniya komposta i biogumusa. Rukovodstvo k deistviyu [Simple Technologies for Obtaining Compost and Bio-humus. Guide to Action] / G. Gagiev et al., 2014. - 32 p.
8. Ashirbekov M.Zh. Vliyanie khlopkovykh sevooborotov na mikrobiologicheskie i biokhimicheskie svoystva starooroshaemykh serozemno-lugovykh pochv yuzhnogo Kazakhstana [Influence of Cotton Crop Rotations on Microbiological and Biochemical Properties of Old Irrigated Gray Earth Meadow Soils of Southern Kazakhstan] / M.Zh. Ashirbekov // Bulletin of the Altai State Agrarian University. - 2015. - No. 7 (129). - P.64-69.
9. Smolnikova V.V. Osobennosti komposta, poluchennogo s ispolzovaniem molochnoi syvorotki [Features of Compost Obtained with the Use of Milk Serum] / V.V. Smolnikova // Agricultural Ecology. South of Russia: Ecology, Development. - 2010. - No.3. - P. 112-116.
10. Fomina N.V. Analiz izmeneniya tselliulozorazrushaiushchei sposobnosti antropogenno zagriaznenoi pochvy [Analysis of Change in Cellulose-destroying Ability of Anthropogenically Contaminated Soil] / N.V. Fomina // Bulletin of KrasSAU. - 2014. - No. 7. - P. 101-107.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.047>Рекашус Э.С.¹, Курдакова О.В.², Иванова С.В.³¹ORCID: 0000-0001-9540-2333, кандидат сельскохозяйственных наук,²старший научный сотрудник, ³младший научный сотрудник,

Смоленская государственная сельскохозяйственная опытная станция имени А.Н. Энгельгардта в п. Стодолище

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОНОМЕРОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО ДВУУКОСНОГО ДИПЛОИДНОГО СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ СМОЛЕНСКАЯ ГОСХОС**Аннотация**

При обобщении результатов 8 лет исследований из 24 сортономеров клевера лугового двуукосного диплоидного выделены К-5, С-434 и Надежный как более продуктивные, чем стандарт Смоленский 29, в таких стрессовых условиях, как среднекислая почва (рН 4,9-5,0) и слабый недостаток влаги в течение вегетационного периода на фоне высокой обеспеченности растений подвижным фосфором и средней – подвижным калием. При сочетании этих факторов урожайность воздушно-сухого вещества выделенных вариантов более, чем на 19% превышала контроль.

Ключевые слова: клевер луговой, сортообразец, сортоиспытание, урожайность, двуукосный, диплоидный.

Rekashus E.S.¹, Kurdakova O.V.², Ivanova S.V.³¹ORCID: 0000-0001-9540-2333, PhD in Agriculture, ²Senior Research Associate,³Junior Research Associate,

Smolensk State Agricultural Experimental Station named after A.N. Engelhardt in the village of Stodolishche

COMPARATIVE EVALUATION OF THE PERSPECTIVE VARIETIES NUMBERS OF THE MEADOW CLOVER OF THE DOUBLE-CUT DIPLOID SELECTION OF FSBSI SMOLENSK STATE FARM**Abstract**

In generalizing the results of 8 years of research, K-5, C-434 and Nadezhnyi have been singled out among 24 varieties numbers of meadow clover of double-cut diploid as more productive than Smolensk standard 29 under stress conditions such as medium-acid soil (pH 4.9-5.0) and a weak lack of moisture during the growing season against the background of high availability of plants with mobile phosphorus and mobile potassium as the medium. With a combination of these factors, the air-dry matter yield of the selected variants exceeded control by more than 19%.

Keywords: meadow clover, variety, variety testing, yield, double-cut, diploid.

Ценность клевера лугового обусловлена высокими кормовыми качествами, относительно низкой энергоемкостью выращивания, невысокой требовательностью к плодородию почв, высокой азотфиксирующей способностью, повышенным накоплением в почве биологического азота и достаточной устойчивостью местного семеноводства [1, С. 40], [2, С. 790]. Определяющим фактором реализации биологического потенциала культуры является сорт [1, С. 40]. Обзор научных публикаций последних лет позволяет заключить, что наиболее активными направлениями современной отечественной селекции клевера лугового является ультрааннеспелость [3, С. 21], [4, С. 27], зимостойкость [5, С. 16], [6, С. 16], кислотоустойчивость [7, С. 27], [8, С. 34], высокая урожайность кормовой массы и семян [9, С.7], а также широкая норма реакции на комплекс абиотических, биотических и антропогенных факторов [5, С. 16], [6, С. 16], [9, С.7]. В ФГБНУ Смоленская ГОСХОС ведется работа по созданию и изучению селекционного материала клевера лугового двуукосного диплоидного, в результате которой можно выделить перспективные сортообразцы по комплексу хозяйственно ценных признаков.

Цель работы. По комплексу хозяйственно-ценных признаков (урожайность зеленой массы и воздушно-сухого вещества, выход основной культуры и воздушно-сухого вещества) выделить перспективные сортообразцы клевера лугового двуукосного диплоидного типа для выведения новых сортов.

Методика исследований. Опыты закладывались в селекционном севообороте ФГБНУ Смоленская ГОСХОС в период 2008-2014 гг. Наблюдения и учеты проводились с 2009 по 2016 гг. в конкурсном сортоиспытании посевов второго и третьего года жизни согласно методическим рекомендациям [10] и [11]. Повторность опытов четырехкратная, размещение вариантов систематическое последовательное. Подготовка почвы была общепринятой для Нечерноземья. Удобрения не применялись. Предшественником клевера лугового в 2008, 2010 и 2014 гг. был картофель, в 2009, 2011 и 2013 гг. – лен-долгунец, в 2012 г. – зерновые. Посев осуществляли вручную рядовым способом (с шириной междурядий 20 см) под покров яровых зерновых культур (ячмень, овес, тритикале). Норма высева 10 млн. всхожих семян на 1 га. Использование травостоев двуукосное. Первый укос проводили в фазу начала цветения, второй – при достижении укосной спелости. Учетная площадь делянки 10 м². Статистическую обработку данных выполняли методом дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова [12, С.282-285] с использованием программы Microsoft Office Excel 2003. Проводили сравнительную оценку 24 вариантов и стандарта Смоленский 29 (табл. 1).

Таблица 1 – Изучаемые сорта и сортообразцы клевера лугового двуукосного диплоидного

Сорт, сортообразец	Происхождение	Сорт, сортообразец	Происхождение
Смоленский 29 (стандарт)		Смоленская ГОСХОС	
Надежный	Смоленская ГОСХОС	Т-4	Смоленская ГОСХОС
А-13	Смоленская ГОСХОС	Т-5	Смоленская ГОСХОС
К-5	Смоленская ГОСХОС	У-1	Смоленская ГОСХОС
К-7	Смоленская ГОСХОС	Ч-113	Смоленская ГОСХОС
П-166	Смоленская ГОСХОС	Ч-114	Смоленская ГОСХОС
Р-4	Смоленская ГОСХОС	Ч-115	Смоленская ГОСХОС
С-434	Смоленская ГОСХОС	Ч-116	Смоленская ГОСХОС
С-438	Смоленская ГОСХОС	Ч-117	Смоленская ГОСХОС
С-439	Смоленская ГОСХОС	Ч-118	Смоленская ГОСХОС
С-440	Смоленская ГОСХОС	№359	ВИР
С-443	Смоленская ГОСХОС	№436	ВНИИ кормов
Т-1	Смоленская ГОСХОС	№441	ВНИИ кормов

Примечание: ВИР – Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова; ВНИИ кормов – Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса.

Условия проведения исследований. Почва опытных участков дерново-подзолистая среднесуглинистая. Средние агрохимические показатели приведены в табл. 2. По данным [13] и [14] погодные условия за вегетационный период 2008-2016 гг. характеризовались значительным разнообразием. Развитие растений за вегетационный период 2008 г. происходило при повышенной влагообеспеченности и нормальной теплообеспеченности. 2009 г. был избыточно влажным с нормальным температурным режимом, 2010 г. – очень теплым и слабо засушливым, 2011-2013 гг. – теплыми с нормальными условиями увлажнения, 2014-2016 гг. – теплыми и слабо засушливыми.

Таблица 2 – Средние агрохимические показатели пахотного слоя почвы (0-20 см) на опытных участках

Год закладки опыта	Гумус, %	P ₂ O ₅ подв., мг/кг	K ₂ O _{подв.} , мг/кг	pH _{сол.}
2008	2,30	>250	170	5,2
2009	2,30	232	102	4,9
2010	2,30	239	113	5,0
2011	2,30	239	113	5,0
2012	2,30	>250	170	5,2
2013	2,30	250	114	5,0
2014	2,34	>250	170	5,2

Результаты исследований. Из данных таблицы 3 следует, что по урожайности зеленой массы в 2009 и 2010 гг., а также в сумме за эти годы исследований не выявлено ни одного сортообразца, превзошедшего стандарт.

Таблица 3 – Продуктивность сортообразцов посева 2008 г.

Вариант	Зеленая масса, т/га			Воздушно-сухое вещество, т/га		
	2009 г.	2010 г.	В сумме за 2009-2010 гг.	2009 г.	2010 г.	В сумме за 2009-2010 гг.
Смоленский 29 (st)	64,9	21,8	86,7	18,03	7,25	25,28
К-5	65,6	22,9	88,5	16,39	8,64	25,03
К-7	51,6	12,1	63,7	11,82	4,36	16,18
№359	54,0	13,9	67,9	11,71	5,17	16,88
№436	54,8	18,4	73,2	12,16	5,91	18,07
№441	66,2	20,9	87,1	15,15	6,37	21,52
Надежный	68,6	24,6	93,2	15,36	7,96	23,32
А-13	54,2	12,9	67,1	12,70	3,60	16,30
НСР ₀₅	6,7	3,9	7,7	1,59	1,29	2,04

В 2009 г. варианты К-7, №359, №436, А-13 по рассматриваемому показателю достоверно уступали стандарту 15,6-20,5%. Остальные номера находились на уровне сорта Смоленский 29. В 2010 году сортообразцы К-7, №359 и А-13 также статистически значимо были менее продуктивными (-36,2...-44,5%). В сумме за 2009-2010 гг. у К-7, №359, №436 и А-13 отмечалась недостаточная урожайность по сравнению с контролем (-15,6...-26,5%), остальные варианты были на его уровне.

В связи с достоверно меньшей, чем у Смоленского 29, продуктивностью зеленой массы у большинства изучаемых сортономеров, а также с меньшим выходом воздушно-сухого вещества (27,8% в контроле, 21,7-25,0% у сортономеров) в 2009 году, в сумме за период 2009-2010 гг. все варианты, кроме К-5 и Надежный, были на 14,9-36,0% менее урожайными по сбору воздушно-сухого вещества, чем стандарт. К-5 и Надежный достоверно от него не отличались.

Таблица 4 – Продуктивность сортообразцов посева 2009 и 2010 гг.

Вариант	Зеленая масса (2010 г.), т/га	Воздушно-сухое вещество (2010 г.), т/га
Смоленский 29 (st)	37,4	9,64
К-5	39,4	11,81
Надежный	41,1	9,80
НСР ₀₅	3,6	0,97
Вариант	Зеленая масса (2011 г.), т/га	Воздушно-сухое вещество (2011 г.), т/га
Смоленский 29 (st)	48,8	12,54
Надежный	59,2	14,55
С-434	55,5	14,16
С-440	55,7	15,51
С-438	54,3	13,94
С-439	53,4	13,15
П-166	56,6	15,10
С-443	53,3	14,80
К-7	52,3	13,70
НСР ₀₅	9,9	2,59

В связи с неблагоприятными погодными условиями в 2010 г., повлиявшими как на ход вегетации, так и на подготовку к перезимовке клеверов, с посевов 2009 и 2010 гг. удалось получить данные за один год пользования (см. табл. 4). В стрессовых условиях 2010 г. по урожайности зеленой массы выделился Надежный (+9,9% к контролю), а по сбору воздушно-сухого вещества – К-5 (+22,5%), благодаря более высокому выходу воздушно сухого вещества (в 1 укосе 29,0%, во 2 укосе 39,5%, против 24,4% в 1 укосе и 36,4% во 2 укосе у Смоленского 29).

После перенесения неблагоприятных условий вегетации 2010 г. среди посевов первого года пользования в 2011 г. отметился сорт Надежный (урожайность зеленой массы на 21,3% больше стандарта) и сортономер С-440 (на 23,7% больше, чем у Смоленского 29, продуктивность воздушно-сухой массы).

Посевы сортообразцов в конкурсном сортоиспытании, заложенном в 2011 г., за весь период наблюдений развивались в благоприятных условиях вегетации. Вариантов, статистически достоверно более продуктивных, чем стандарт, за это время не было выделено (табл. 5).

Таблица 5 – Продуктивность сортообразцов посева 2011 г.

Вариант	Зеленая масса, т/га			Воздушно-сухое вещество, т/га		
	2012 г.	2013 г.	В сумме за 2012-2013 гг.	2012 г.	2013 г.	В сумме за 2012-2013 гг.
Смоленский 29 (st)	86,5	30,8	117,3	22,10	6,74	28,84
Т-1	85,0	31,1	116,1	20,93	7,28	28,21
Т-4	88,8	26,0	114,8	19,15	6,06	25,21
Т-5	87,8	26,9	114,7	19,58	6,57	26,15
П-166	84,2	29,1	113,3	20,25	6,26	26,51
Р-4	86,1	28,6	114,7	19,56	5,97	25,53
К-7	72,0	21,9	93,9	18,03	5,25	23,28
№359	74,0	23,7	97,7	18,40	4,80	23,20
С-439	78,6	22,8	101,4	18,20	4,80	23,00
НСР ₀₅	9,0	4,7	11,6	2,27	1,09	2,81

В посевах первого года пользования, заложенных в 2012 г., по урожайности зеленой массы на 23,9% превзошел стандарт вариант С-439 (табл. 6). Достоверно более высокая продуктивность воздушно-сухого вещества таких сортообразцов, как К-7, С-439, П-166, №359 (+18,5-56,6% к контролю) объясняется более высоким содержанием воздушно-сухого вещества, чем у Смоленского 29 (у изучаемых вариантов 21,9-30,4% в 1 укосе, 25,0-26,8% во 2 укосе; у стандарта – 20,1 и 24,7% соответственно).

Таблица 6 – Продуктивность сортообразцов посева 2012 г.

Вариант	Зеленая масса (2013 г.), т/га	Воздушно-сухое вещество (2013 г.), т/га
Смоленский 29 (st)	38,5	8,16
С-434	42,9	9,18
К-7	42,4	9,67
С-439	47,7	10,35
П-166	43,6	10,31
№359	43,7	12,78
Р-4	40,1	9,32
НСР ₀₅	5,8	1,33

Сортономера С-434 и Р-4 по рассматриваемым показателям находились на уровне Смоленского 29.

В 2015 г. (табл. 7) номера С-434 и У-1 были статистически значимо более продуктивными, чем контроль, по урожайности зеленой массы и воздушно-сухого вещества (на 34,3-44,4% и 35,2-38,5% соответственно).

Таблица 7 – Продуктивность сортообразцов посева 2013 г.

Вариант	Зеленая масса, т/га			Воздушно-сухое вещество, т/га		
	2014 г.	2015 г.	В сумме за 2014-2015 гг.	2014 г.	2015 г.	В сумме за 2014-2015 гг.
Смоленский 29 (st)	28,4	9,9	38,3	7,41	3,38	10,79
С-439	25,3	7,1	32,4	7,82	2,37	10,19
С-434	30,9	14,3	45,2	11,00	4,57	15,57
Р-4	28,2	9,8	38,0	8,34	3,57	11,91
№359	28,5	7,6	36,1	8,95	2,74	11,69
У-1	28,1	13,3	41,4	9,23	4,68	13,91
НСР ₀₅	5,9	2,4	8,0	1,83	0,84	2,56

Данные варианты следует выделить и по суммарному за 2 года пользования сбору воздушно-сухого вещества (+28,9-44,3% к стандарту). Вариант У-1 характеризовался более высоким содержанием воздушно-сухого вещества (в 2014 г. 26,7-33,2% против 25,3-26,1% в контроле; в 2015 г. 35,2%, против 34,2% у стандарта).

По данным таблицы 8 в конкурсном сортоиспытании закладки 2014 г. во второй год пользования выделились посеы Надежного и Ч-117 (+24,2 и 27,4% к контролю соответственно). Зеленая масса сортономера Ч-117 также была достоверно более урожайна, чем у Смоленского 29, по сумме за 2 года пользования на 20,4%. По сбору воздушно-сухого вещества все изучаемые варианты данного цикла исследований были на уровне стандарта.

Таблица 8 – Продуктивность сортообразцов посева 2014 г.

Вариант	Зеленая масса, т/га			Воздушно-сухое вещество, т/га		
	2015 г.	2016 г.	В сумме за 2015-2016 гг.	2015 г.	2016 г.	В сумме за 2015-2016 гг.
Смоленский 29 (st)	17,7	31,4	49,1	6,03	7,44	13,47
Надежный	18,9	39,0	57,9	5,72	8,57	14,29
Ч-113	19,0	37,3	56,3	5,63	7,95	13,58
Ч-114	17,5	35,0	52,5	5,61	8,18	13,79
Ч-115	16,4	32,4	48,8	5,72	7,33	13,05
Ч-116	18,6	37,4	56,0	5,86	8,29	14,15
Ч-117	19,1	40,0	59,1	6,01	8,84	14,85
Ч-118	16,6	32,7	49,3	5,91	7,35	13,26
С-434	17,0	33,1	50,1	5,58	8,35	13,93
С-439	15,2	30,6	45,8	5,49	6,57	12,06
П-166	15,9	31,3	47,2	5,44	6,81	12,25
НСР ₀₅	2,8	7,2	9,6	0,96	1,63	2,46

Заключение. Таким образом, за 8 лет исследований из 24 сортономеров можно выделить К-5, С-434 и Надежный как более продуктивные, чем стандарт, в условиях среднекислых почв (рН_{сол.} 4,9-5,0), высокой обеспеченности подвижным фосфором, средней – подвижным калием, а также теплого и слабо засушливого вегетационного периода.

Список литературы / References

1. Дыцкова Т.А. Сорты клевера лугового ГНУ «Смоленская ГОСХОС» и особенности их семеноводства / Т.А. Дыцкова, О.В. Курдакова // Актуальные проблемы животноводства и пути их решения: Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Смоленск, 2010. – С.40-41.

2. Mallarino A.P. Nitrogen transfer from white clover, red clover, and birdsfoot trefoil to associated grass / A.P. Mallarino, W.F. Wedin, C.H. Perdomo and others // *Agronomy Journal*. – 1990. – Vol. 82. – Issue 4. – P. 790-795.
3. Пайвина Т.Т. Селекция клевера лугового раннеспелого типа / Т.Т. Пайвина, М.Ю. Новоселов, С.Г. Пайвин // *Кормопроизводство*. – 2000. - № 10. – С.21-23.
4. Харьков Г.Д. Ультрараннеспелые сорта клевера лугового в полевом травосеянии Нечерноземья / Г.Д. Харьков, В.А. Фигурин, Е.И. Халявина // *Достижения науки и техники АПК*. – 2002. - № 2. – С.27-29.
5. Новоселов М.Ю. Оценка исходного материала клевера лугового по основным хозяйственно-ценным показателям в условиях Костромской области / М.Ю. Новоселов, О.А. Караванова // *Кормопроизводство*. – 2007. - № 2. – С.16-18.
6. Новоселов М.Ю. Результаты и перспективы экологической селекции клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) / М.Ю. Новоселов, А.С. Новоселова, Л.В. Дробышева и др. // *Кормопроизводство*. – 2007. - № 9. – С.16-19.
7. Онучина О.Л. Методы и результаты селекции клевера лугового на повышенную кислотоустойчивость / О.Л. Онучина, М.И. Тумасова // *Кормопроизводство*. – 2007. - № 4. – С.27-28.
8. Тумасова М.И. Селекция клевера лугового на алюмотолерантность / М.И. Тумасова, Н.А. Демшина, М.Н. Грипась и др. // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2006. - № 8. – С. 34-38.
9. Грипась М.Н. Основные методы и результаты адаптивной селекции клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) в условиях Северо-Востока Нечерноземной зоны России: Дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05: защищена: 01.10.2003 / Грипась Мария Николаевна, М., 2003. – 211 с.
10. Методические указания по селекции и первичному семеноводству клевера / под ред. З.Ш. Шамсутдинова, А.С. Новоселовой, С.А. Бекузаровой. – М.: Типография Россельхозакадемии, 2002. – 72 с.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: Вып. 1. Общая часть / под общ. ред. М.А. Федина. – М., 1985. – 269 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: С основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
13. Архив погоды в Рославле [Электронный ресурс] – URL: http://rp5.ru/archive.php?wmo_id=26882&lang=ru (дата обращения: 08.08.2017).
14. Погода в Рославле [Электронный ресурс] – URL: http://meteocenter.net/26882_fact.htm (дата обращения: 08.08.2017).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Dyckova T.A. Sorta klevera lugovogo GNU «Smolenskaja GOSHOS» i osobennosti ih semenovodstva [Varieties of red clover bred in the state scientific institution «Smolensk GOSHOS» and features of their seed production] / T.A. Dyckova, O.V. Kurdakova // *Aktual'nye problemy zhivotnovodstva i puti ih reshenija: Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Actual problems of animal husbandry and ways of their solution: Collected materials of the international scientific-practical conference]. – Smolensk, 2010. – P.40-41 [in Russian].
2. Mallarino A.P. Nitrogen transfer from white clover, red clover, and birdsfoot trefoil to associated grass / A.P. Mallarino, W.F. Wedin, C.H. Perdomo and others // *Agronomy Journal*. – 1990. – Vol. 82. – Issue 4. – P. 790-795.
3. Pajvina T.T. Selekcija klevera lugovogo rannespelogo tipa [Selection of red clover early-ripening type] / T.T. Pajvina, M.Ju. Novoselov, S.G. Pajvin // *Kormoprodukcija* [Fodder Production]. – 2000. - № 10. – P.21-23 [in Russian].
4. Har'kov G.D. Ul'trarannespelye sorta klevera lugovogo v polevom travosejanii Nechernozem'ja [Ultra-ripe varieties of red clover in the field grass seeding of Non-Chernozem region] / G.D. Har'kov, V.A. Figurin, E.I. Haljavina // *Dostizhenija nauki i tehniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC]. – 2002. - № 2. – P.27-29 [in Russian].
5. Novoselov M.Ju. Ocenka ishodnogo materiala klevera lugovogo po osnovnym hozjajstvenno-cennym pokazateljam v uslovijah Kostromskoj oblasti [Evaluation of red clover sorts by main indicators in the Kostroma region] / M.Ju. Novoselov, O.A. Karavanova // *Kormoprodukcija* [Fodder Production]. – 2007. - № 2. – P.16-18 [in Russian].
6. Novoselov M.Ju. Rezul'taty i perspektivy jekologicheskoj selekcii klevera lugovogo (*Trifolium pratense* L.) [Results and prospects of ecological selection of red clover (*Trifolium pratense* L.)] / M.Ju. Novoselov, A.S. Novoselova, L.V. Drobysheva and others // *Kormoprodukcija* [Fodder Production]. – 2007. - № 9. – P.16-19 [in Russian].
7. Onuchina O.L. Metody i rezul'taty selekcii klevera lugovogo na povyshennuju kislotoustojchivost' [Methods and results of selection of red clover for resistance to soil acidity] / O.L. Onuchina, M.I. Tumasova // *Kormoprodukcija* [Fodder Production]. – 2007. - № 4. – P.27-28 [in Russian].
8. Tumasova M.I. Selekcija klevera lugovogo na aljmotolerantnost' [Selection of red clover for resistance to aluminum ions] / M.I. Tumasova, N.A. Demshina, M.N. Griпас' and others // *Agrarnaja nauka Evro-Severo-Vostoka* [An Agrarian Science of Euro-North-East]. – 2006. - № 8. – P. 34-38 [in Russian].
9. Griпас' M.N. Osnovnye metody i rezul'taty adaptivnoj selekcii klevera lugovogo (*Trifolium pratense* L.) v uslovijah Severo-Vostoka Nechernozemnoj zony Rossii [Main methods and results of adaptive selection of red clover (*Trifolium pratense* L.) in the North-East of the Non-chernozem zone of Russia]: dis. ... of PhD in Agriculture: 06.01.05: defense of the thesis: 01.10.2003 / Griпас' Marija Nikolaevna, M., 2003. – 211 p. [in Russian].
10. Metodicheskie ukazanija po selekcii i pervichnomu semenovodstvu klevera [Methods of selection and primary seed production of clover] / edited by Z.Sh. Shamsutdinova, A.S. Novoselovoj, S.A. Bekuzarovoj. – M.: Tipografija Rossel'hozakademii, 2002. – 72 p. [in Russian].
11. Metodika gosudarstvennogo sortoispytanija sel'skohozjajstvennyh kul'tur: Vyp. 1. Obshhaja chast' [The method of state variety testing of agricultural crops: Issue 1. The general part] / edited by M.A. Fedina. – M., 1985. – 269 p. [in Russian].
12. Dospehov B.A. Metodika polevogo opyta: S osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovanij [Methodology of field experience: With methods of statistical processing of research results] / B.A. Dospehov. – M.: Kolos, 1979. – 416 p. [in Russian].
13. Arhiv pogody v Roslavle [Weather archive in Roslavl] [Electronic resource] – URL: http://rp5.ru/archive.php?wmo_id=26882&lang=ru (accessed: 08.08.2017) [in Russian].
14. Pogoda v Roslavle [Weather in Roslavl] [Electronic resource] – URL: http://meteocenter.net/26882_fact.htm (accessed: 08.08.2017) [in Russian].

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.057>Рекашус Э.С.¹, Курдакова О.В.², Иванова С.В.³¹ORCID: 0000-0001-9540-2333, кандидат сельскохозяйственных наук;²старший научный сотрудник; ³младший научный сотрудник,

Смоленская государственная сельскохозяйственная опытная станция имени А.Н. Энгельгардта

ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОНОМЕРОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО ОДНОУКОСНОГО ДИПЛОИДНОГО ТИПА В КОНТРОЛЬНЫХ ПИТОМНИКАХ ФГБНУ СМОЛЕНСКАЯ ГОСХОС**Аннотация**

В ходе изучения 17 сортообразцов клевера лугового одноукосного диплоидного типа выделена популяция местного происхождения Н-2, которая по урожайности воздушно-сухого вещества более чем на 15% превышала стандарт в условиях повышенной влагообеспеченности и нормальном температурном режиме на среднекислой дерново-подзолистой почве с высоким содержанием подвижного фосфора и средним – подвижного калия. В теплый год со слабым недостатком влаги на почве со схожим плодородием данный вариант не уступал контролю.

Ключевые слова: клевер луговой, одноукосный, диплоидный, селекция, сортообразец, контрольный питомник, урожайность, воздушно-сухое вещество.

Rekashus E.S.¹, Kurdakova O.V.², Ivanova S.V.³¹ORCID: 0000-0001-9540-2333, PhD in Agriculture,²Senior research fellow; ³Junior researcher,

Smolensk State Agricultural Experimental Station named after A.N. Engelhardt

PRODUCTIVITY OF VARIETY NUMBERS OF CLOVER MEADOW OF SINGLE-CUT DIPLOID TYPE IN CONTROL NURSERIES OF FSBSI SMOLENSK SRAES**Abstract**

A population of local origin H-2 was identified during the study of 17 varieties of single-cut clover meadow of diploid type, which by the yield of air-dry matter exceeded the standard by more than 15% in the conditions of high moisture availability and normal temperature regime on medium soddy podzolic soils with a high content of mobile phosphorus and medium content of mobile potassium. In a warm year with a weak lack of moisture on the soil with a similar fertility this variant was not inferior to control.

Keywords: clover meadow, single-cut, diploid, selection, variant, control nursery, yield, air-dry substance.

В современной экономической ситуации, в условиях ограничения импорта животноводческой продукции необходимо укрепление отечественного животноводства, что невозможно без интенсивного развития кормопроизводства. В связи с этим очень актуально расширение семеноводческих посевов многолетних трав [1, С. 43]. Это означает, что такое направление научных исследований, как создание новых генотипов с улучшенными сложными экономически значимыми свойствами (продуктивность, качество), повышенной устойчивостью к био- и абиотическим факторам среды [2, С. 434], отвечает современным реалиям [3, С. 29]. Решение задачи совместить в одном растении комплекс важнейших хозяйственно-биологических свойств сопряжено с теоретическими и прикладными успехами в области селекции [4, С. 54]. Сортам кормовых трав свойственна гетерозиготность и, как следствие, популяционная разнокачественность, что обеспечивает лучшее приспособление к неблагоприятным условиям среды. В процессе выведения новых сортов эта особенность учитывается путем использования исходного материала с максимальным генетическим разнообразием [5, С. 13]. Для перспективных сортов кормовых культур характерны, среди прочих, такие хозяйственно ценные признаки, как высокая семенная и кормовая продуктивность и устойчивость к повышенной кислотности почвы [6, С. 25]. Традиционно считается, что клевер луговой одноукосного типа по сравнению с двухукосным более долговечен и зимостоек [7, С. 13], т.е. дополняет его в зеленом конвейере своими достоинствами. В связи с этим, как показывают современные публикации [3], [8], [9], селекционная работа над позднеспелыми формами этой культуры также результативна и востребована.

Методика исследований. Цель работы: по сочетанию хозяйственно ценных признаков (урожайность воздушно-сухого вещества, содержание основной культуры в зеленой массе и выход воздушно-сухого вещества) отобрать перспективные сортономера клевера лугового одноукосного диплоидного в контрольных питомниках для использования в следующих этапах селекции.

Контрольные питомники закладывались в селекционном севообороте ФГБНУ Смоленская ГОСХОС в 2006, 2007 и 2012 годах. Наблюдения, полевые и лабораторные испытания выполняли по методическим рекомендациям [10], [11] и [12, С. 61-68] в период 2007-2009 гг., а также с 2013 по 2014 гг. на сортономерах клевера второго и третьего года жизни. Повторность опытов двукратная, размещение вариантов стандартное, дактиль-методом. Подготовка почвы была общепринятой для Смоленской области [13, С. 61-63]. Удобрения под изучаемую культуру не вносили. Предшественником клевера лугового в 2006 и 2007 гг. был картофель, в 2012 г. – яровые зерновые. Способ посева рядовой, вручную. Ширина междурядий 20 см. Сев трав проводили под покров ячменя и овса. Норма высева 10 млн. всхожих семян на 1 га. Использование травостоев одноукосное в начале цветения. Учетная площадь делянки 10 м². Статистический анализ данных вели методом приведения к среднему стандарту по В.Г. Вольфу в изложении Доспехова Б.А. [14, С.289-293] с помощью программы Microsoft Office Excel 2003. В качестве испытуемых вариантов выступали 2 сорта (Седум, ФГБНУ Ленинградский НИИХС «Белогорка», и Стодолищенский, ФГБНУ Смоленская ГОСХОС), 11 местных популяций (К-6, популяция на основе генотипической смеси одноукосных диплоидов из Архангельской, Кировской, Московской и Смоленской областей; Л-37, популяция контрольного питомника, заложеного в 2002 г.; Н-2, Н-3, Н-6, Н-7, Н-8, Н-9, Н-10, Н-11, популяции селекционного питомника, заложеного в 2005 г.; У-6, популяция конкурсного сортоиспытания посева 2008 г.) и 4 популяции из других регионов (№420, №447 и №448 из Кировской области, а также №446 из Республики Беларусь, Могилевской области). Вышеперечисленные варианты сравнивали с контролем – сортом Новичок.

Условия проведения исследований. Почва опытных участков дерново-подзолистая среднесуглинистая. Степень гумусированности средняя (2,34%). рН солевой вытяжки среднекислая (4,9-5,0). Обеспеченность растений подвижным фосфором высокая (232-250 мг/кг), калием – средняя (102-120 мг/кг).

Вегетация растений происходила в различных погодных условиях [15], [16]. 2006 г. был теплым и избыточно влажным. Развитие растений в 2008 г. шло на фоне повышенной влагообеспеченности и нормальной теплообеспеченности. 2009 г. был избыточно влажным с нормальным температурным режимом, 2010 г. – очень теплым и слабо засушливым, 2011-2013 гг. – теплыми с нормальными условиями увлажнения, 2007 и 2014 гг. – теплыми и слабо засушливыми.

Результаты исследований. В контрольном питомнике, заложенном в 2006 г., среди посевов первого года пользования не удалось выделить варианты, которые по продуктивности статистически достоверно превышали стандарт (табл. 1).

Таблица 1 – Урожайность сортообразцов, приведенная к среднему стандарту, посев 2006 г.

Вариант	Зеленая масса, т/га	Воздушно-сухое вещество, т/га
	2007 г.	2007 г.
Новичок (st)	47,2	18,73
Седум	46,6	16,66
Л-37	43,3	18,04
Н-2	46,8	20,60
Н-3	45,0	14,12
Н-6	47,6	12,63
Н-7	44,3	14,96
Н-8	44,3	16,08
Н-9	39,8	15,95
Н-10	43,6	16,75
Н-11	44,2	11,72
НСР ₀₅	5,9	2,22

Сортономер Н-9 значительно, на 15,7%, уступил контролю по сбору зеленой массы с единицы площади. Остальные варианты находились на уровне сорта Новичок в пределах статистической погрешности (-8,3...+0,8%). В связи с тем, что недостаточная продуктивность зеленой массы у таких опытных вариантов, как Н-3, Н-6, Н-7, Н-8 и Н-11 сопровождалась и меньшим, по сравнению с контролем, выходом воздушно-сухого вещества (26,3-36,5%, против 39,7% у Новичка), данные номера продемонстрировали достоверно меньшую урожайность воздушно-сухого вещества (-14,1...-32,6%). Недобор по данному показателю у сортообразца Н-9 (-14,8%) объяснялся низкой урожайностью зеленой массы, на фоне высокого содержания воздушно-сухого вещества (40,1%).

Если в питомнике, заложенном в 2007 г., не отмечено вариантов, стабильно и статистически значимо превышающих стандарт по зеленой массе, то по урожайности воздушно-сухого вещества выявлены значительные сортовые различия (табл. 2).

Таблица 2 – Урожайность сортообразцов, приведенная к среднему стандарту, посев 2007 г.

Вариант	Зеленая масса, т/га			Воздушно-сухое вещество, т/га		
	2008 г.	2009 г.	В сумме за 2008-2009 гг.	2008 г.	2009 г.	В сумме за 2008-2009 гг.
Новичок (st)	70,6	28,7	99,3	14,89	6,94	21,83
Седум	76,3	29,2	105,5	14,57	7,08	21,65
Стодолищенский	71,8	31,7	103,5	11,05	8,57	19,62
Л-37	75,6	29,6	105,2	16,89	8,33	25,22
Н-2	72,5	27,9	100,4	18,61	6,58	25,19
Н-3	76,6	30,1	106,7	16,31	7,42	23,73
Н-6	68,6	29,0	97,6	12,88	7,96	20,84
Н-7	75,5	31,6	107,1	17,94	7,94	25,88
Н-8	71,9	28,3	100,2	20,64	7,48	28,12
Н-9	74,1	32,8	106,9	13,50	8,16	21,66
Н-10	70,4	32,6	103,0	13,41	8,09	21,50
Н-11	68,1	27,6	95,7	14,29	6,38	20,67
№420	69,1	25,0	94,1	15,05	4,82	19,87
№447	66,8	27,5	94,3	16,41	6,68	23,09
№448	71,5	27,9	99,4	18,60	6,37	24,97
НСР ₀₅	5,9	5,8	8,3	1,13	1,42	1,84

В 2008 г. у таких номеров, как Л-37, Н-2, Н-3, Н-7, Н-8, №447, №448, прибавка к стандарту была достоверной и лежала в пределах 10,2-38,6%. Содержание воздушно-сухого вещества у сорта Новичок, в среднем, составляло 21,1%, у вышеперечисленных вариантов – 21,3-28,5%. Продуктивность Стодолищенского, Н-6, Н-9 и Н-10 была значительно, на 9,3-25,8% ниже, чем у стандарта. У рассматриваемых вариантов отмечено и низкое содержание воздушно-сухого вещества (15,4-19,1%), что также отрицательно повлияло на урожайность посевов. Н-11 и №420 были на уровне стандарта.

В 2009 г. сорт Стодолищенский был достоверно урожайнее Новичка на 23,5%, №420 значительно уступал ему (-30,5%), у остальных номеров не отмечено различий по сравнению со стандартом. Содержание воздушно-сухого вещества в контроле составило 24,2%, у Стодолищенского – 27,3%, у №420 – 19,3%, у остальных вариантов – в пределах 22,8-28,0%.

В сумме за 2008-2009 гг. по сбору воздушно-сухого вещества с 1 га выделились Н-8 (+28,8%), Н-7 (+18,6%), Л-37 (+15,5%), Н-2 (+15,4%), №448 (+14,4%) и Н-3 (+8,7%). Варианты Стодолищенский и №420 достоверно уступили стандарту 9,0-10,1%. Остальные были на уровне контроля.

За период наблюдений и учетов 2013-2014 гг. не выделено сортономеров, более продуктивных, чем Новичок, по зеленой массе (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность сортообразцов, приведенная к среднему стандарту, посев 2012 г.

Вариант	Зеленая масса, т/га			Воздушно-сухое вещество, т/га		
	2013 г.	2014 г.	В сумме за 2013-2014 гг.	2013 г.	2014 г.	В сумме за 2013-2014 гг.
Новичок (st)	29,0	26,0	55,0	6,50	6,78	13,28
№446	28,3	31,5	59,8	5,65	5,02	10,67
У-6	24,9	31,5	56,4	6,41	7,71	14,12
К-6	31,5	29,9	61,4	8,44	9,33	17,77
НСР ₀₅	5,5	7,3	7,5	2,60	1,53	3,31

В 2013 году содержание воздушно-сухого вещества в контроле составило 24,7%, у испытуемых вариантов – 22,3-26,2%. В 2014 г. по рассматриваемому показателю №420 выглядел хуже стандарта (16,2% против 26,1% соответственно), а К-6 – лучше его (31,2%). Это позволило данному номеру быть достоверно более продуктивным по сбору воздушно-сухого вещества с 1 га, чем Новичок (прибавка 37,6%). За два года исследований рассматриваемый вариант был на 33,8% более урожайным, чем стандарт.

Закключение. Среди изученных сортономеров клевера лугового одноукосного диплоидного типа следует выделить Н-2, который более чем на 15% продуктивнее стандарта по урожайности воздушно-сухого вещества в условиях повышенной влагообеспеченности на среднекислой дерново-подзолистой почве с высоким содержанием подвижного фосфора и средним – подвижного калия. В период со слабым недостатком влаги данный вариант не уступает контролю. Также требуется более длительное изучение сортообразца К-6.

Список литературы / References

1. Меремьянина И.А. Оценка сложногогибридных популяций люцерны / И.А. Меремьянина, В.В. Кенийз // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – №12. – С. 43-46.
2. Программа фундаментальных научных исследований государственных академий на 2013-2020 годы [Электронный ресурс] . – URL: <http://www.ras.ru/scientificactivity/2013-2020plan.aspx> (дата обращения: 16.08.2017).
3. Корелина В.А. Новый сорт клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) Приор / В.А. Корелина, О.Б. Батакова // Кормопроизводство. – 2017. – №7. – С. 29-33.
4. Михайлова С.К. Технологические свойства зерна озимой пшеницы в контрольном питомнике / С.К. Михайлова, Р.К. Янкевич // Электронный научный журнал. – 2016. – № 1(4). – С. 54-58.
5. Уразова Л.Д. Использование метода поликросса в селекции овсяницы луговой / Л.Д. Уразова, О.В. Ложкина // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 5. – С. 13-15.
6. Косолапов В.М. Состояние и перспективы селекции многолетних кормовых культур / В.М. Косолапов, С.В. Пилипко // Кормопроизводство. – 2017. – №7. – С. 25-29.
7. Акманаев Э. Д. Влияние абиотических условий на урожайность одноукосного и двухукосного сортов клевера лугового в Среднем Предуралье / Э. Д. Акманаев, А. С. Богатырева // Пермский аграрный вестник. – 2017. – №1 (17). – С. 12-18.
8. Грипась М.Н. Новый высокопродуктивный, толерантный к болезням сорт клевера лугового Трифон / М.Н. Грипась, Е.Г. Арзамасова, Е.В. Попова и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2013. – №2 (33). – С. 19-23.
9. Липовцына Т.П. Новый сорт клевера лугового Сальдо / Т.П. Липовцына, Ю.Е. Леонидов // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – №11. – С. 69-72.
10. Методические указания по селекции и первичному семеноводству клевера / под ред. З.Ш. Шамсутдинова, А.С. Новоселовой, С.А. Бекузаровой. – М.: Типография Россельхозакадемии, 2002. – 72 с.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: Вып. 1. Общая часть / под общ. ред. М.А. Федина. – М., 1985. – 269 с.
12. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: Вып. 2. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. – М., 1989. – 195 с.
13. Конова А.М. Региональная система земледелия Смоленской области / А.М. Конова, А.Ю. Гаврилова, Э.С. Рекашус и др. – Смоленск: Типография ФГУП «Агронаучсервис» Россельхозакадемии, 2013. – 280 с.

14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: С основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
15. Архив погоды в Рославле [Электронный ресурс]. URL: http://rp5.ru/archive.php?wmo_id=26882&lang=ru (дата обращения 08.08.2017).
16. Погода в Рославле [Электронный ресурс]. URL: http://meteocenter.net/26882_fact.htm (дата обращения 08.08.2017).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Merem'janina I.A. Ocenka slozhnogibridnyh populjacij ljucerny [Estimation of complex hybrid populations of alfalfa] / I.A. Merem'janina, V.V. Kenijz // Dostizhenija nauki i tehniki APK [Achievements of Science and Technology of AIC]. – 2015. – Vol. 29. – № 12. – P. 43-46 [in Russian].
2. Programma fundamental'nyh nauchnyh issledovanij gosudarstvennyh akademij na 2013-2020 gody [Program of fundamental scientific research of state academies for 2013-2020] [Electronic resource]. – URL: <http://www.ras.ru/scientificactivity/2013-2020plan.aspx> (accessed: 16.08.2017) [in Russian].
3. Korelina V.A. Novyj sort klevera lugovogo (Trifolium pratense L.) Prior [Novel variety of red clover (Trifolium pratense L.) «Prior»] / V.A. Korelina, O.B. Batakova // Kormoproizvodstvo [Fodder Production]. – 2017. – №7. – P. 29-33 [in Russian].
4. Mihajlova, S.K. Tehnologicheskie svojstva zerna ozimoy pshenicy v kontrol'nom pitomnike [Technological properties of grain of winter wheat in the control nursery] / Mihajlova S.K., Yankialevich R.K. // Jelektronnyj nauchnyj zhurnal [The Electronic Scientific Journal]. – 2016. – № 1(4). – P. 54-58. doi: 10.18534/enj.2016.01.54 [in Russian].
5. Urazova L.D. Ispol'zovanie metoda polikrossa v selekcii ovsjanicy lugovoj [Utilization of polycross in breeding of meadow fescue] / L.D. Urazova, O.V. Lozhkina // Dostizhenija nauki i tehniki APK [Achievements of Science and Technology of AIC]. – 2012. – № 5. – P. 13-15 [in Russian].
6. Kosolapov B.M. Sostojanie i perspektivy selekcii mnogoletnih kormovyh kul'tur [Current status and trends in breeding of perennial forage crops] / B.M. Kosolapov, C.V. Pilipko // Kormoproizvodstvo [Fodder Production]. – 2017. – №7. – P. 25-29 [in Russian].
7. Akmanaev E.D. Vlijanie abioticheskikh uslovij na urozhajnost' odnookosnogo i dvuukosnogo sortov klevera lugovogo v Srednem Predural'e [Influence of abiotic conditions on the yield of single and double-crop clover meadow in Middle Preduralie] / E.D. Akmanaev, A.S. Bogatyreva // Permskij agrarnyj vestnik [Perm Agrarian Journal]. – 2017. – №1(17). – P. 12-18 [in Russian].
8. Gripas' M.N. Novyj vysokoproduktivnyj, tolerantnyj k boleznjam sort klevera lugovogo Trifon [The new high-productive and disease-tolerant red clover variety Triphon] / M.N. Gripas', E.G. Arzamasova, E.V. Popova and others // Agrarnaja nauka Evro-Severo-Vostoka [An Agrarian Science of Euro-North-East]. – 2013. – №2 (33). – P. 19-23 [in Russian].
9. Lipovcyna T.P. Novyj sort klevera lugovogo Sal'do [New variety of meadow clover «Saldo»] / T.P. Lipovcyna, Y.E. Leonidov // Dostizhenija nauki i tehniki APK [Achievements of Science and Technology of AIC]. – 2016. – T. 30. – №11. – P. 69-72 [in Russian].
10. Metodicheskie ukazaniya po selekcii i pervichnomu semenovodstvu klevera [Methods of selection and primary seed production of clover] / edited by Z.Sh. Shamsutdinova, A.S. Novoselovoj, S.A. Bekuzarovoj. – M.: Tipografija Rossel'hoz akademii, 2002. – 72 p. [in Russian].
11. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozjajstvennyh kul'tur: Vyp. 1. Obshhaja chast' [The method of state variety testing of agricultural crops: Issue 1. The general part] / edited by M.A. Fedina. – M., 1985. – 269 p. [in Russian].
12. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozjajstvennyh kul'tur: Vyp. 2. Zernovye, krupjanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury [The method of state variety testing of agricultural crops: Issue 2. Cereals, legumes, corn and fodder crops.]. – M., 1989. – 195 p [in Russian].
13. Konova A.M Regional'naja sistema zemledelija Smolenskoj oblasti [Regional system of agriculture in the Smolensk region] / A.M. Konova, A.U. Gavrilova, E.S. Rekashus and others. – Smolensk: Tipografija FGUP «Agronachservis» Rossel'hoz akademii, 2013. – 280 p [in Russian].
14. Dospehov B.A. Metodika polevogo opyta: S osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij [Methodology of field experience: With methods of statistical processing of research results] / B.A. Dospehov. – M.: Kolos, 1979. – 416 p. [in Russian].
15. Arhiv pogody v Roslavle [Weather archive in Roslavl] [Electronic resource]. URL: http://rp5.ru/archive.php?wmo_id=26882&lang=ru (accessed: 08.08.2017) [in Russian].
16. Pogoda v Roslavle [Weather in Roslavl] [Electronic resource]. URL: http://meteocenter.net/26882_fact.htm (accessed: 08.08.2017) [in Russian].

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.060>Чувиллина В.А.¹, Карабанова С.А.²¹ORCID: 0000-0003-0180-1849, кандидат сельскохозяйственных наук,

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Сахалинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ПОСЕВА КУКУРУЗО-ВИКО-ОВСЯНОГО ФИТОЦЕНОЗА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО КОРМОВОЙ МАССЫ В УСЛОВИЯХ САХАЛИНА**Аннотация**

В статье изложены результаты трехлетних исследований (2013-2015 гг.) по изучению влияния сроков посева на продуктивность и качество кормовой массы трехкомпонентного фитоценоза (кукурузо-вико-овсяного) в условиях муссонного климата островного региона. Погодные условия июня на о. Сахалин (как правило, низкие ночные и дневные температуры воздуха, высокая влажность и плохое прогревание почвы в пахотном горизонте) оказывают существенное влияние на выбор срока посева фитоценозов с кукурузой, относящейся к теплолюбивым культурам. Наиболее стабильной кормовая продуктивность кукурузо-вико-овсяной смеси формируется при посеве во II декаду июня, когда устанавливается положительный тепловой режим. В зависимости от года исследований за 88-93 дня вегетации кукурузо-вико-овсяного фитоценоза можно получить до 80,5 т/га зеленой и 13,9 – сухой массы, 1,7 – сырого протеина, 12,8 т/га – кормовых единиц и до 130,8 ГДж/га – обменной энергии.

Ключевые слова: кукуруза, трехкомпонентный фитоценоз, срок посева, кормовая продуктивность, питательность.

Chuvilina V.A.¹, Karabanova S.A.²¹ORCID: 0000-0003-0180-1849, PhD in Agriculture,

Federal State Budget Scientific Institution "Sakhalin Scientific Research Institute of Agriculture"

EFFECT OF SOWING TIME OF CORN-VETCH-OAT PHYTOCENOSIS ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF THE FEEDING MASS UNDER THE CONDITIONS OF SAKHALIN**Abstract**

The paper describes the results of three-year studies (2013-2015) on the effect of sowing time on the productivity and quality of feeding mass of the three-component phytocenosis (corn-vetch-oat) under the monsoon climate of the island region. The weather conditions in June on Sakhalin Island (typically low night and daytime air temperatures, high humidity and poor warming of the soil in the plow horizon) have a significant influence on the sowing time of phytocenoses with corn, related to heat-loving crops. The most stable feeding productivity of corn-vetch-oat mixture is formed during sowing in the second decade of June, when a positive thermal regime is established. Depending on the year of research for 88-93 days of vegetation of corn-vetch-oat phytocenosis, it is possible to obtain up to 80.5 tonnes/ha of green and 13.9 tonnes/ha of dry weight, 1.7 tonnes/ha of crude protein, and 12.8 tonnes/ha of fodder units and up to 130.8 GJ/ha of the exchange energy.

Keywords: corn, three-component phytocenosis, sowing period, fodder productivity, nutritional value.

Решение важной задачи – повышение продуктивности животноводства на региональном уровне должно основываться на выращивании таких кормовых культур, которые способны формировать стабильную урожайность и качественную кормовую массу в конкретных условиях произрастания.

Кукуруза является одной из лучших силосных культур. По своим кормовым достоинствам, универсальности использования она превосходит многие другие зерновые культуры, обладает биологической пластичностью, высокой кормовой продуктивностью и способна формировать урожай даже при неблагоприятных природных условиях [1].

Возделывание гибридов кукурузы на зеленый корм и силос сроков спелости, соответствующим региональным условиям, и своевременная их уборка позволяют заготавливать корм с высокой концентрацией обменной энергии [2].

Кукуруза относится к теплолюбивым культурам. Для формирования высокого урожая ей необходима сумма положительных температур не менее 1800-2000°C [1]. По Сахалинской области средняя сумма положительных температур вегетационных периодов 2006-2014 гг. составила 2143°C, что почти на 1000°C выше, чем в 80-90 годах (1123°C) [3]. Такое увеличение суммы положительных температур и использование новых скороспелых гибридов кукурузы дают возможность возделывания ее в условиях муссонного климата Сахалина.

По результатам агроэкологических испытаний, проведенных в ФГБНУ СахНИИСХ, выделен раннеспелый сорт кукурузы Бирсу [4].

Для более полной реализации биологических особенностей и создания высокопродуктивных, устойчивых агроценозов целесообразнее использовать кукурузу в смешанных посевах. Многочисленными опытами доказано, что в многокомпонентных фитоценозах, по сравнению с одновидовыми, повышается урожайность зеленой массы и, что очень важно, на 12-15 % увеличивается сбор переваримого протеина с единицы площади [5].

Предварительные исследования показали, что наиболее продуктивными в условиях Сахалина является кукурузо-вико-овсяная травосмеси [6].

Цель настоящей работы – изучить влияние сроков посева кукурузо-вико-овсяного фитоценоза на продуктивность и качество кормовой массы в условиях муссонного климата островного региона.

Новизна исследований заключается в том, что впервые в условиях Сахалина изучены сроки посева и другие технологические приемы возделывания кукурузы в чистом виде и смешанных фитоценозах на корм для дальнейшего использования в системе зеленого и сырьевого конвейеров.

Методика исследований. Исследования проводили на опытном участке ФГБНУ СахНИИСХ в 2013-2015 гг. Почва опытного участка лугово-дерновая среднесуглинистая хорошо окультуренная с высоким содержанием обменного калия (48,7 мг) и подвижного фосфора (112,9 мг); сумма минеральных форм азота – 1,07 мг, гидролитическая кислотность – 5,5 ммоль на 100 г сухой почвы; pH_{кол.} 5,5.

Посев трехкомпонентной смеси проводили в три срока: первый – I декада июня (03.06), второй – II декада июня (10-11.06), третий – III декада июня (17-20.06 в зависимости от года исследований). Площадь делянки – 5 м². Повторность четырехкратная. Расположение делянок рендомизированное. Норма высева на 1 га: кукурузы – 25 кг, овса – 55, вики – 30 кг всхожих семян. Использовали сорта: кукурузы – Бирсу; овса – Сахалинский; вики яровой – Льговская 85.

Приемы возделывания кукурузо- вико- овсяного фитоценоза: зяблевая вспашка на глубину 22-25 см, дискование в 2 следа весной, внесение диаммофоски (300 кг/га в физическом весе) с последующей заделкой, посев семян на глубину 5-6 см.

Погодные условия за годы проведения исследований были типичными для Сахалина (неустойчивое увлажнение и недостаточное количество тепла в начале вегетации растений). Сумма активных температур за вегетационный период (с июня по сентябрь включительно) соответствовала в 2013 г. 2306°C, 2014 г. – 2214°C, 2015 г. – 2183°C. Влажность была в пределах нормы.

Низкие ночные температуры воздуха в мае и первой декаде июня (в пределах 2-8°C) оказали неблагоприятное воздействие на начальный период роста и развития кормовых культур, особенно кукурузы. Июнь на Сахалине, как правило, холодный и дождливый.

Гидротермические факторы последующего периода вегетации были удовлетворительными для роста и развития однолетних кормовых культур и способствовали формированию высоких урожаев зеленой массы хорошего качества.

Учеты и наблюдения выполняли в соответствии с Методикой полевого опыта [7] и Методическими указаниями по проведению опытов с кормовыми культурами [8].

Результаты исследований. Определение оптимальных сроков посева как кукурузы, так и кукурузо- вико- овсяной смеси являются важнейшим агротехническим приемом при разработке технологии их возделывания в условиях неустойчивой погоды Сахалина, особенно в начальный период вегетации.

Появление листьев и наступление фенологических фаз развития растений зависят от обеспеченности кукурузы теплом. Оптимальная температура, при которой формируются вегетативные органы, – 18-20°C, генеративные – 19-23°C. В годы исследований тепловой режим июня был недостаточным, поэтому на первоначальных стадиях роста и развития растения кукурузы выглядели угнетенно. Однако в последующие месяцы вегетационного периода, как ростовые процессы, так и процессы формирования фаз онтогенеза кукурузы проходили в более благоприятном режиме.

Погодные условия июня (как правило, низкие ночные и дневные температуры воздуха, высокая влажность, плохое прогревание почвы в пахотном горизонте) вносили свои коррективы в сроки посева травосмеси.

В 2015 г. наиболее продуктивным оказался третий срок посева, в 2014 г. – второй (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние сроков посева на кормовую продуктивность кукурузо- вико- овсяного фитоценоза в зависимости от года исследований (за 2013-2015 гг.)

Выход с 1 га, т	Год	Срок посева		
		1 срок	2 срок	3 срок
Зеленой массы *	2013	110,2	73,0	66,5
	2014	70,5	80,5	66,5
	2015	50,2	65,2	79,8
Сухого вещества	2013	19,3	13,0	11,4
	2014	13,5	13,9	11,7
	2015	9,8	11,8	17,1
Сырого протеина	2013	0,70	1,33	1,28
	2014	1,50	1,66	1,20
	2015	0,97	1,18	1,61
Кормовых единиц	2013	9,1	11,2	10,0
	2014	12,0	12,8	10,6
	2015	8,0	9,8	13,7
Обменной энергии, ГДж/га	2013	166,8	116,0	104,7
	2014	123,5	130,8	104,7
	2015	86,3	104,2	151,7
Примечание * НСР ₀₅ : 2013 г. – 5,8 т/га, 2014 г. – 4,2 т/га, 2015 г. – 4,7 т/га.				

Однако в среднем за три года исследований максимальную урожайность зеленой и сухой массы кукурузо- вико- овсяный фитоценоз сформировал при первом сроке посева. Другие показатели продуктивности – сбор кормовых единиц, сырого протеина были выше при втором и третьем сроках посева (рисунок).

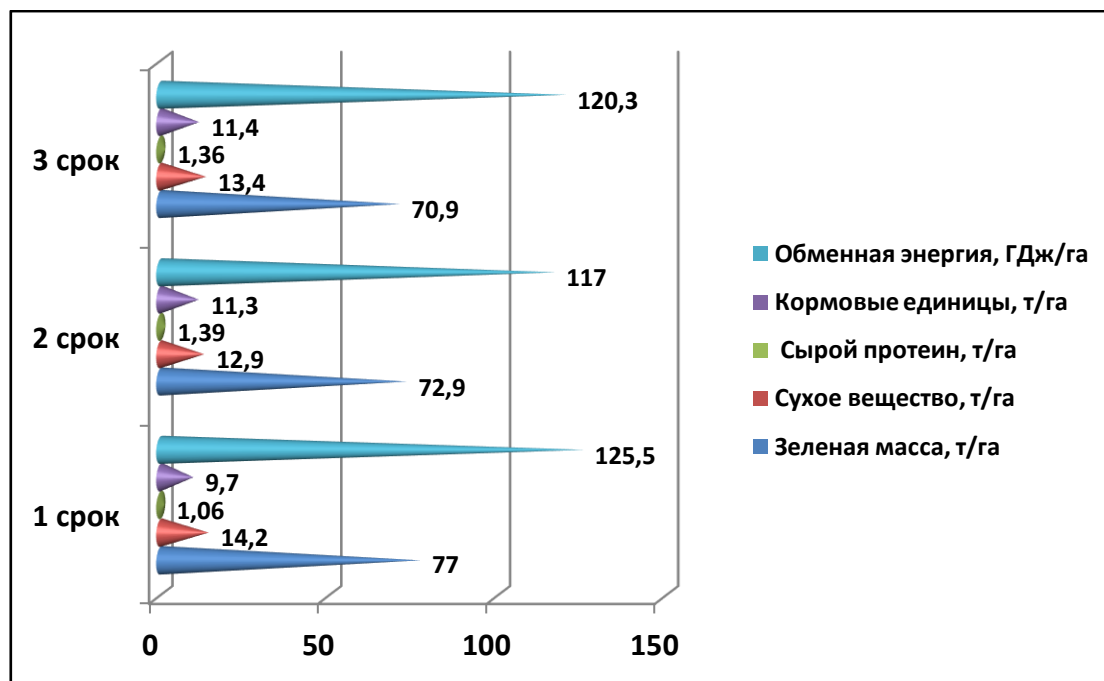


Рис. 1 – Кормовая продуктивность кукурузо-вико-овсяного фитоценоза в зависимости от срока посева (среднее за 2013-2015 гг.)

Следует отметить, что кормовая продуктивность кукурузо-вико-овсяного фитоценоза в целом по годам изучения была более стабильной при втором и третьем сроках посева, что связано с установлением благоприятного водного и температурного режимов в начальный период вегетации растений.

На формирование фазы молочно-восковой спелости кукурузы в смешанном фитоценозе при первом сроке посева понадобилось 90-100 дней, при втором – 88-93 и при третьем – 80-86 дней в зависимости от года исследований.

Высота всех видов растений в кукурузо-вико-овсяном фитоценозе была незначительно выше при первом сроке посева (таблица 2), что, в какой-то мере, повлияло на урожайность зеленой массы.

Таблица 2 – Высота растений кукурузо-вико-овсяного фитоценоза в фазу молочно-восковой спелости (за 2013-2015 гг.)

Срок посева	Культура	Год			Среднее
		2013	2014	2015	
1 срок	кукуруза	166,3	185,1	122,0	157,8
	овес	113,1	112,4	119,3	114,9
	вика	127,7	135,4	178,9	147,3
2 срок	кукуруза	163,1	165,5	129,2	152,6
	овес	106,2	104,5	111,9	107,5
	вика	113,7	121,4	166,1	133,7
3 срок	кукуруза	160,8	156,5	144,9	154,1
	овес	108,3	84,9	122,2	105,1
	вика	111,4	110,2	161,4	127,7

Энергетическая и протеиновая ценность кормовой массы кукурузо-вико-овсяного фитоценоза имели тенденцию к увеличению при втором и третьем сроках посева и больше зависели от погодных условий года исследований (таблица 3).

Таблица 3 – Энергетическая и протеиновая питательность кукурузо-вико-овсяного фитоценоза в фазу молочно-восковой спелости в зависимости от срока посева (за 2013-2015 гг.)

Срок посева	Год	Содержание к.ед. в 1 кг СВ	КОЭ, МДж	Содержание протеина в 1 к.ед., г	
				сырого	переваримого
1 срок	2013	0,85	8,64	110	71
	2014	0,83	9,15	125	68
	2015	0,82	8,81	106	70
	среднее	0,83	8,87	114	70
2 срок	2013	0,84	8,92	116	75
	2014	0,84	9,41	129	70
	2015	0,83	8,83	107	71
	среднее	0,84	9,10	117	72
3 срок	2013	0,85	9,18	128	83
	2014	0,84	8,92	113	62
	2015	0,80	8,87	101	67
	среднее	0,83	8,99	114	71

Так, содержание кормовых единиц в 1 кг СВ практически не зависело от сроков посева, а по годам исследований разница в вариации соответствовала 0,01-0,05 к.ед. Количество обменной энергии в 1 кг СВ, а также сырого и переваримого протеина в 1 к.ед. было наибольшим при втором сроке посева во все годы изучения.

По показателям биохимического состава кормовая масса имела незначительные расхождения по срокам посева в среднем за годы исследований (таблица 4).

Таблица 4 – Биохимический состав кормовой массы кукурузо-вико-овсяного фитоценоза в фазу молочно-восковой спелости в зависимости от срока посева (среднее за три года)

Срок посева	Сухое вещество	Сырой протеин	Сырая зола	Сахара	Клетчатка	Каротин*
2013 г.						
1 срок	17,53	9,37	7,70	15,31	24,45	42,95
2 срок	18,03	10,31	7,73	13,24	24,34	16,30
3 срок	17,09	11,19	8,71	8,86	26,18	18,03
2014 г.						
1 срок	19,10	11,12	8,06	13,90	23,14	22,80
2 срок	17,22	12,00	7,30	17,28	21,32	16,64
3 срок	17,61	10,30	7,64	19,89	23,58	13,18
2015 г.						
1 срок	19,54	9,94	7,11	11,36	21,72	4,16
2 срок	18,15	10,00	6,95	13,20	20,76	4,85
3 срок	21,45	9,44	7,92	9,72	23,15	4,16
Среднее за 2013-2015 гг.						
1 срок	18,72	10,14	7,62	13,52	23,10	23,30
2 срок	17,80	10,77	7,33	14,57	22,14	12,60
3 срок	18,72	10,31	8,09	12,82	24,30	11,79

Примечание: * на сырое вещество.

Таким образом, в условиях муссонного климата Сахалина посев кукурузы в смешанном фитоценозе в I декаде июня сформировал за 90-110 дней вегетации в среднем за три года исследований наибольшую урожайность зеленой и сухой массы – 77,0 и 14,2 т/га соответственно. Выход обменной энергии также был максимальным – 125,5 ГДж/га.

Однако наиболее стабильной кормовая продуктивность фитоценоза была при втором сроке посева (во II декаду июня), когда устанавливается положительный тепловой режим. В зависимости от года исследований за 88-93 дня вегетации кукурузо-вико-овсяного фитоценоза можно получить 65,2-80,5 зеленой и 11,8-13,9 т/га сухой массы, 1,2-1,7 т/га сырого протеина, 9,8-12,8 т/га кормовых единиц и 104,2-130,8 ГДж/га обменной энергии.

Список литературы /References

1. Кашеваров Н.И. Кукуруза в Сибири /Н.И. Кашеваров, В.С. Ильин. – Новосибирск: Изд-во СО РАСХН, 2004. – 284 с.
2. Сотченко В.С. Кукуруза. Современная технология возделывания. – М.: Изд-во ООО НПО «РосАгроХим», 2012. – 152 с.
3. Агроклиматические ресурсы Сахалинской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 104 с.
4. Чувиллина В.А. Агроэкологическое испытание сортов и гибридов кукурузы в условиях муссонного климата Сахалина /В.А. Чувиллина, Л.В. Фролова // Сб. науч. тр. по итогам междунаро. науч.-практ. конф.: Основные проблемы сельскохозяйственных наук. – Волгоград: ИЦПРОН, 2016. – Вып. III. – С. 6-11.
5. Тютюнников А.И. Корма – главное / А.И.Тютюнников. – М., 1964. – 80 с.
6. Карабанова С.А. Продуктивность и питательная ценность кормовой массы кукурузы в чистых и смешанных посевах в условиях юга Сахалина /С.А. Карабанова, В.А. Чувиллина //Сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. с

международ. участием: Агротехнологии в мировом земледелии. Глобальные тенденции и региональные особенности. – Уссурийск: ФГБОУ ВПО «Приморская ГСХА», 2014. – С. 66-69.

7. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) /Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

8. Методические указания по проведению опытов с кормовыми культурами. – М.: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, 1987. – 198 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kashevarov N.I. Kukuruz v Sibiri [Corn in Siberia] /N.I. Kashevarov, V.S. Ilyin. – Novosibirsk: Izdatelstvo SO RASHN, 2004. – 284 p. [in Russian]

2. Sotchenko V.S. Kukuruz. Sovremennaja tehnologija vozdevyvanija [Corn. Modern technology of cultivation] /V.S. Sotchenko. – M.: Izdatel'stvo OOO NPO "RosAgroHim"[M.: Publishing house of NPO RosAgroChem, 2012. – 152 p. [in Russian]

3. Agroklimaticheskie resursy Sahalinskoj oblasti [Agroclimatic resources of the Sakhalin Region] – L.: Gidrometeoizdat [L.: Gidrometeoizdat] – 1973. – 104 p. [in Russian]

4. Chuvilina V.A. Agroekologicheskoe ispytanie sortov i gibridov kukuruzy v usloviyah mussonnogo klimata Sahalina [Agroecological testing of maize varieties and hybrids in the monsoon climate of Sakhalin] /V.A. Chuvilina, L.V. Frolova //Sb. nauch. tr. po itogam mezhdunarod. nauch.-prakt. konf.: Osnovnye problemy sel'skohozjajstvennyh nauk [Sb. Sci. Tr. On the results of the international. Scientific-practical. Conf.: The main problems of agricultural sciences] – Volgograd:ICRON [Volgograd: ITRON, 2016. – Issue. III. – P. 6-11. [in Russian]

5. Tjutjunnikov A.I. Korma [The forage is the main] /A.I. Tyutyunnikov. – M., 1964. – 80 p. [in Russian]

6. Karabanova S.A. Produktivnost' i pitatel'naja cennost' kormovoj massy kukuruzy v chistyh i smeshannyh posevah v usloviyah juga Sahalina [Productivity and nutritional value of maize feed in pure and mixed crops in the south of Sakhalin] /S.A. Karabanova, V.A. Chuvilina // Sb. mater. Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunarod. uchastiem: Agrotehnologii v mirovom zemledelii. Global'nye tendencii i regional'nye osobennosti [Sb. Mater. All-Russia. Scientific-practical. Conf. With the international. Participation: Agrotechnologies in world agriculture. Global trends and regional characteristics] – Ussurijsk: FGBOU VPO "Primorskaja GSHA" [Ussurijsk: FGBOU VPO "Primorskaya GSAA"] – 2014. – P. 66-69. [in Russian]

7. Dospheov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)] /B.A. Armor. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p. [in Russian]

8. Metodicheskie ukazaniya po provedeniju opytov s kormovymi kul'turami [Methodological instructions for conducting experiments with fodder crops] – M.: VNIi kormov im. V.R. Vil'jamsa [M.: Institute of Feeds. V.R. Williams] – 1987. – 198 p. [in Russian]



ПРИМЕР DOI:
10.18454/IRJ.2015.0001

Начиная с ноябрьского выпуска 2015 года /10 (41) Ноябрь 2015/, каждой статье, опубликованной в Международном научно-исследовательском журнале, **редакция издания будет присваивать идентификатор цифрового объекта DOI:**

- DOI облегчает процедуры цитирования, поиска и локализации научной публикации;
- DOI повышает авторитет журнала, а также свидетельствует о технологическом качестве издания;
- DOI является неотъемлемым атрибутом системы научной коммуникации за счет эффективного обеспечения процессов обмена научной информацией.

(Digital Object Identifier) — идентификатор цифрового объекта, стандарт обозначения представленной в сети информации.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.018>Анисахарова А.С.¹, Шигапов И.С.²¹Студент, ²ORCID 0000-0003-0429-4440, кандидат географических наук, доцент,

Казанский (Приволжский) федеральный университет

ОЦЕНКА УГЛА ВПАДЕНИЯ ПРИТОКОВ СРЕДНИХ РЕК (НА ПРИМЕРЕ РЕК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН)

Аннотация

В представленной работе предложен метод измерения угла впадения притоков в главную реку. Предполагается, что развитие данного способа в дальнейшем позволит определять среднюю скорость течения труднодоступных рек по космоснимкам, что в свою очередь, послужит критерием оценки достоверности расчетов гидрологических параметров. Рассмотрены углы впадения 35 притоков относящихся к системам рек Казанка, Меша, Свияга, Илеть, Зай. Выявлено, что большинство притоков, впадают под углами от 30° до 60°. При этом у исследуемых рек частота распределения угла впадения притоков различна, что вероятно связано с отличающимися показателями средней скорости течения.

Ключевые слова: поверхностные воды, реки, притоки, устье, гидрология.

Anisakharova A.S.¹, Shigapov I.S.²¹Student, ²ORCID 0000-0003-0429-4440, PhD in Geography, Associate Professor,

Kazan (Volga region) Federal University

ESTIMATION OF THE CONFLUENCE ANGLE OF TRIBUTARIES OF MEDIUM RIVERS (ON THE EXAMPLE OF THE RIVERS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN)

Abstract

The authors proposed the method for measuring the angle of tributaries inflow into the main river in this paper. It is assumed that in future the development of this method will allow determining the average speed of flow of hard-to-reach rivers by satellite images, which in turn can serve as a criterion for estimating the reliability of calculations of hydrological parameters. The angles of confluence of 35 tributaries, which belong to the systems of the Kazanka, Mesha, Sviyaga, Izlet, Zai rivers were considered. It was revealed that most of the tributaries flow at angles from 30° to 60°. At the same time, the frequency of distribution of the inflow angle of the tributaries in the investigated rivers is different, which is probably due to differing indicators of the average flow velocity.

Keywords: surface waters, rivers, tributaries, estuary, hydrology.

Несмотря на большое количество исследований, экологические проблемы малых рек в настоящее время являются одним из наименее изученных тем, по сравнению с озерными экосистемами и экосистемами водохранилищ. Связано это во-первых с особенностями организации речных экосистем, которые вследствие отличий гидрологического режима в верховьях, среднем, нижнем течении рек оказываются более сложно организованными, по сравнению с озерными системами. Во-вторых, данное положение связано с большим количеством малых рек, которые отличаются между собой как протяженностью, так и среднегодовым расходом воды.

В настоящее время наличие в свободном доступе космических снимков высокого разрешения позволяет точно определить морфометрические параметры рек [2, С.935], однако, что касается гидрологических данных, то вопросы расчёта речного стока на гидрологически неизученных территориях остаётся недостаточно раскрытым [7, С.140], так как общепринятые в настоящее время методы расчета расхода воды при отсутствии данных дают усредненные и неточные результаты, что частично решается путем вывода районных формул [8, С.45]. Однако, по нашему мнению, одним из возможных способов уточнения расчетных данных может служить анализ строения устьевых участков малых рек. Данные исследования могут быть построены на основе нестационарных математических моделей разной сложности, но альтернативой могут служить и простые геометрические модели, позволяющие выявить общие закономерности гидрологии устьев рек [6, С.3]. В частности, имеющиеся в открытом доступе космоснимки позволяют измерить угол впадения притока в главную реку, что может служить критерием оценки отношения скорости течения притока и главной реки. Следовательно, в случае наличия данных о средней скорости течения главной реки, исследователь сможет оценить среднюю скорость течения притока, что при известной ширине притока (определяемой по космоснимку) позволяет скорректировать расчетные данные по среднему расходу воды притока. Кроме того, угол впадения притока определяет скорость смешивания вод, соответственно протяженность влияния притока на главную реку ниже по течению. Таким образом, строение устьевого участка впадения притока определяет зону взаимовлияния рек, так как является местом соединения двух разных систем и оказывает влияние на формирование экологического состояния рек.

К сожалению, в настоящее время испытывается недостаток материалов, посвященных проблеме изучения взаимовлияния главной реки и его притоков. В научной литературе речные устья рассматриваются, прежде всего, как объекты между речными бассейнами и приемными водоемами (океанами, морями, озерами) [4, С.98]. Поэтому в публикациях достаточно подробно раскрыты темы, посвященные системам типа «река-море», и, в частности, большое внимание уделяется дельтовым системам [5, С.45], а вопросы изучения систем «река-река» остаются нераскрытыми, несмотря на наличие огромного количества объектов – устьевых участков малых рек. Проблема малых рек чаще рассматривается в аспекте изучения их количественных и качественных параметров [1, С.150] и экологического состояния водосборного бассейна [10, Р.44801].

Целью настоящей работы является выявление особенностей строения устьевых участков притоков рек Казанка, Меша, Свияга, Илеть, Зай, впадающих в Куйбышевское водохранилище на территории Республики Татарстан. Выбор

объектов исследования был обусловлен хорошей гидрологической изученностью данных рек [9, С.53]. Протяженность исследуемых рек составляет от 142 км (р. Казанка) до 375 км (р. Свияга), таким образом данные реки могут быть отнесены к средним рекам.

С использованием программы SAS.Planet были отобраны подходящие для обработки космоснимки устьевых участков притоков вышеуказанных рек. К сожалению, снимки высокого разрешения имеются не по всей длине исследуемых рек, вследствие чего на данный момент оказалось невозможным обработать устьевые участки всех притоков.

Исследуемые участки были схематически изображены в виде неправильного треугольника, основание которого представлено линией соединяющей мыски, образованные на точке соединения береговых линий притока и главной реки (рис. 1), а боковые стороны – лучами, проведенными от данных точек вдоль правого и левого берегов притока соответственно.



Рис. 1 – Схема участка впадения р. Аря в р. Свиягу

К основаниям полученных треугольников были проведены высоты и измерены углы между высотами треугольников и боковой стороной, расположенной ниже по течению. Из представленного рисунка видно, что данный угол будет соответствовать углу впадения вод притока в главную реку.

Всего таким образом было обработано 35 космоснимков устьевых участков рек, что позволяет утверждать о статистической достоверности полученных данных. Далее результаты были обработаны общематематическими методами, в частности статистический ряд был разделен на 8 интервалов (табл. 1). Как видно из представленных данных, угол впадения притоков исследованных рек отличается достаточно большим размахом – 64° (от 14° (р. Бирля – приток р. Свияга) до 78° (р. Бугульда – приток р. Зай)).

Таблица 1 – Распределение исследованных участков по углу впадения притока

Угол впадения притока	Количество притоков					
	Казанка	Меша	Свияга	Илень	Зай	всего
14–21°	0	0	1	0	1	2
22–29°	0	0	0	1	1	2
30–37°	1	1	4	1	0	7
38–45°	1	1	3	1	1	7
46–53°	4	1	1	0	3	9
54–61°	2	1	1	0	1	5
62–69°	0	0	1	0	1	2
70–78°	0	0	0	0	1	1
всего	8	4	11	3	9	35

Не вызывает сомнений, что подобные углы впадения притоков обусловлены прежде всего геоморфологическими условиями. Однако необходимо отметить, что абсолютное большинство исследованных притоков (28 объектов) впадают под углом от 31° до 62° . Вероятно, углы впадения в пределах от 30° до 60° являются характерными для малых равнинных рек Среднего Поволжья, данную гипотезу еще предстоит проверить на большем количестве объектов исследования.

При анализе распределения данных по изучаемым рекам, необходимо отметить, что количество изученных притоков на разных реках отличается по объективным причинам. Наибольшее количество притоков было рассмотрено на реках Казанка (8 рек), Зай (9 рек), Свияга (11 рек).

По нашим данным, скорости течения на данных реках отличаются, хотя и незначительно. Так в устьевом участке р. Казанка скорость течения в межень составляет около 0,3 м/с, р. Зай – ок. 0,2, р. Свияга – 0,1. При этом 4 из 11 притоков р. Свияга впадают под углами 30° – 37° и 3 притока под углом 38° – 45° (рис. 2а).

В случае относительно более быстроводной реки Зай большинство притоков впадает под углами 46° – 53° (рис. 2б), у р. Казанки кроме этого показателя, сопоставимое количество притоков впадает под углами в пределах 54° – 61° (рис. 2в).

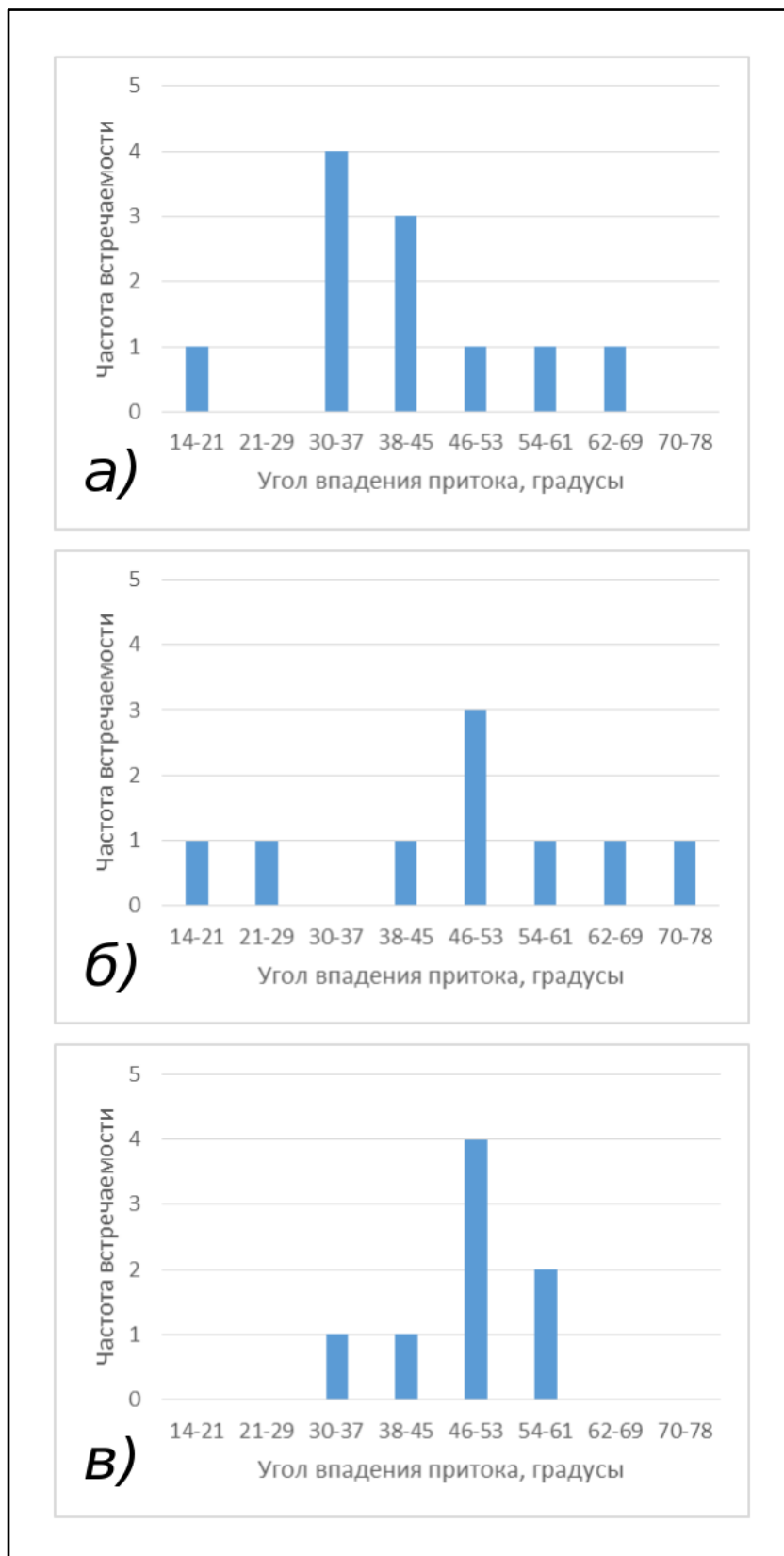


Рис. 2. – Распределение частоты встречаемости угла впадения притоков:
а – р. Свияга, б – р. Зай, в – р. Казанка

К сожалению, отсутствие данных по скоростям течений притоков на устьевых участках и скоростям течения главной реки на участках впадения притоков не позволяют провести статистический анализ и выявить степень корреляции соотношения скорости течения притока с углом его впадения в главную реку. Однако полученные в ходе исследования данные свидетельствуют, что во-первых, в большинстве случаев малые реки впадают в главную реку под углом от 30° до 60°. Во-вторых, имеются основания полагать, что угол впадения притока зависит от соотношения его скорости течения к скорости течения главной реки. Возможно при низких скоростях течения в притоке, ток вод главной реки «прижимает» впадающий в нее поток к берегу, тем самым увеличивая скорость размыва береговой линии на данном участке.

Список литературы / References:

1. Горшкова А.Т. Количественные и качественные характеристики малых рек северной части Чистопольского муниципального района Республики Татарстан / А.Т. Горшкова, О.Н. Урбанова, Н.В. Бортникова и др. // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 2. – С. 150-156.
2. Кильматов Т.Р. Моделирование движения приливной волны от устья вверх по течению реки / Т.Р. Кильматов, Т.Г. Пономарева, Е.Л. Гореленко // Полярная механика. 2016. №3. – С. 935-943.
3. Коротаев В.Н. Морфогенетическая классификация и районирование устьевых систем: геоморфологический аспект проблемы / В.Н. Коротаев // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2012. №6. – С. 3-8.
4. Михайлов В.Н. Место устьев рек в природной среде и их роль в глобальных гидрологических процессах / В.Н. Михайлов // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2007. № 5. – С. 98-104.
5. Михайлова М.В. Морфометрия речных дельт / М.В. Михайлова. // Водные ресурсы. 2015. № 1. – С. 45.
6. Поддубный С.А. Геометрическая модель устьевой области малой реки-притока водохранилища / С.А. Поддубный // Вода: Химия и Экология, 2015. № 12. – С. 3-9.
7. Савичев О.Г. Методика расчета максимальных расходов речных вод в таежной зоне Западной Сибири / О.Г. Савичев // Известия Томского Политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2011. №1. – С. 140-144.
8. Ушаков М.В. Расчет минимальных 30-суточных расходов малых рек Магаданской области за летне-осенний период / М.В. Ушаков // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2013. № 3. – С. 45-47.
9. Экологические проблемы малых рек Республики Татарстан (на примере Меши, Казанки и Свияги) / Под ред. В.А. Яковлева. - Казань: Фэн, 2003. – 289 с.
10. Shaliamova R.P. The contaminating impact of surface water runoff from the MSW landfill on the river Krutovka (through the example of Samosyrovskaya landfill, Kazan, Russia) / R.P. Shaliamova, E.G. Nabeeva, I.S. Shipagov // International journal of applied engineering research. 2015. Vol.10. № 24. – P. 44801-44807.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gorshkova A.T. Kolichestvennye i kachestvennye harakteristiki malyh rek severnoj chasti Chistopol'skogo municipal'nogo rajona Respubliki Tatarstan [Quantitative and qualitative characteristics of small rivers in the Northern part of Chistopol district of the Republic of Tatarstan] / A.T. Gorshkova, O.N. Urbanova, N.V. Bortnikova and others. // Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk [The actual problems of humanitarian and natural Sciences]. 2017. № 2. – P. 150-156. [in Russian]
2. Kil'matov T.R. Modelirovanie dvizheniya prilivnoj volny ot ust'ja vverh po techeniju reki [Modeling of the motion of tidal waves from the estuary upstream of the river] / T.R. Kil'matov, T.G. Ponomareva, E.L. Gorelenko // Poljarnaja mehanika [Polar mechanics]. 2016. №3. – P. 935-943. [in Russian]
3. Korotaev V.N. Morfogeneticheskaja klassifikacija i rajonirovanie ust'evykh sistem: geomorfologicheskij aspekt problemy [Morphogenetic classification and regionalization of river mouth systems: the geomorphological aspect of the problem] / V.N. Korotaev // Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 5: Geografija [Bulletin of the Moscow university. Series 5. Geography]. 2012. №6. – P. 3-8. [in Russian]
4. Mihajlov V.N. Mesto ust'ev rek v prirodnoj srede i ih rol' v global'nyh gidrologicheskix processah [The place of river mouths in the natural environment and their role in global hydrological processes] / V.N. Mihajlov // Uchenye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta [Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University]. 2007. № 5. – P. 98-104. [in Russian]
5. Mihajlova M.V. Morfometrija rechnyh del't [Morphometry of river deltas] / M.V. Mihajlova. // Vodnye resursy [water resources]. 2015. № 1. – P. 45. [in Russian]
6. Poddubnyj S.A. Geometricheskaja model' ust'evoj oblasti maloj reki-pritoka vodohranilishha [The Geometric model of the mouth area of a small river tributary to the reservoir] / S.A. Poddubnyj // Voda: Himija i Jekologija [Water: chemistry and ecology]. 2015. № 12. – P. 3-9. [in Russian]
7. Savichev O.G. Metodika rascheta maksimal'nyh rashodov rechnyh vod v taehznoj zone Zapadnoj Sibiri [The method of calculation of maximum discharges of river waters in the taiga zone of Western Siberia] / O.G. Savichev // Izvestija Tomskogo Politehnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering]. 2011. №1. – P. 140-144. [in Russian]
8. Ushakov M.V. Raschet minimal'nyh 30-sutochnnyh rashodov malyh rek Magadanskoj oblasti za letne-osennij period [The calculation of the minimum 30-day spending of small rivers of the Magadan region in the summer-autumn period] / M.V. Ushakov // Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo centra DVO RAN [Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East Branch]. 2013. № 3. – P. 45-47. [in Russian]
9. Jekologicheskie problemy malyh rek Respubliki Tatarstan (na primere Meshi, Kazanki i Sviyagi) [Ecological problems of small rivers of the Republic of Tatarstan (through the example of the Mesha river, Kazanka river and Sviyaga river)] / edited by V.A. Jakovlev. - Kazan': Fjen, 2003. – 289 p. [in Russian]

10. Shaliyeva R.P. The contaminating impact of surface water runoff from the MSW landfill on the river Krutovka (through the example of Samosyrovskaya landfill, Kazan, Russia) / R.P. Shaliyeva, E.G. Nabeeva, I.S. Shipagov // International journal of applied engineering research. 2015. Vol.10. № 24. – P. 44801-44807.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.068>

Еранская Т.Ю.

ORCID: 0000-0003-4050-6121, Кандидат технических наук, Старший научный сотрудник

Институт геологии и природопользования ДВО РАН в г. Благовещенске

СПОСОБ РАЗЛОЖЕНИЯ КАОЛИНА В ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ

Аннотация

Разработан новый способ разложения каолинового концентрата. Особенностью данного способа является обработка каолинового концентрата в растворе едкого натра под действием электроискрового разряда и сопутствующего ему электрогидравлического воздействия, которые способствуют разрыву молекулярных связей в молекуле каолинита с образованием новых химических соединений. Создана экспериментальная установка. Определены оптимальные режимы обработки. Предложена принципиальная схема технологического процесса. Выход гидроксида алюминия составил от 24,8 до 37,2% от расчетного.

Ключевые слова: электроискровой разряд, электрогидравлический эффект, каолиновый концентрат, алюмосиликат натрия, гидроксид алюминия.

Eranskaya T.Yu.

ORCID: 0000-0003-4050-6121, PhD in Engineering, Senior Researcher

Institute of Geology and Nature Management, FEB RAS in Blagoveshchensk

METHOD FOR DECOMPOSING KAOLIN IN THE ALKALINE MEDIUM

Abstract

A new method of kaolin concentrate decomposition is developed. A particular feature of this method is the treatment of kaolin concentrate in sodium hydroxide solution under the action of an electrosparke discharge and the accompanying electrohydraulic action, which helps to break the molecular bonds in the kaolinite molecule with the formation of new chemical compounds. An experimental setup is created. The most efficient treatment modes are determined. A schematic diagram of the technological process is proposed. The emission of aluminum hydroxide comprised from 24.8 to 37.2% of the calculated value.

Keywords: electrosparke discharge, electrohydraulic effect, kaolin concentrate, sodium aluminosilicate, aluminum hydroxide.

В условиях, когда для производства алюминия недостаточно источников бокситового сырья, важное значение имеет использование сырья нетрадиционного. Таким сырьем мог бы стать широко распространенный минерал – каолин. При создании эффективной технологии каолина могут составить конкуренцию отдельным сортам бокситов, так как многие каолины сравнимы с ними по содержанию глинозема.

Переработка каолинов на глинозем представляет собой более сложную задачу в сравнении бокситовыми технологиями. Это связано с особенностями строения молекулы каолинита [1, С. 65], а также с многочисленными сопутствующими соединениями, входящими в состав породы. Существующие каолиновые технологии в части самого процесса разложения концентрата трудоемки и энергоемки, требуют громоздкого аппаратного обеспечения. Выход глинозема при этом незначительный. В щелочных технологиях, как правило, разлагается только около 20 процентов концентрата [2, табл. 3.51].

В основу настоящих исследований положен известный метод воздействия на вещество – электроискровой метод (ЭИМ). ЭИМ и возникающий на его основе электрогидравлический эффект (ЭГЭ) впервые описан Юткиным Л.А. [3, С. 10]. Сущность метода заключается в следующем: под действием высокого напряжения между двумя электродами, помещенными в электропроводящую жидкость, формируется электрический разряд, вокруг которого возникают сверхвысокие гидравлические давления, вызывающие перемещение жидкости с огромной скоростью. Вблизи зоны разряда происходит изменение множества физических и химических свойств жидкости и вещества в ней, интенсификация химических процессов.

Исследования основаны на предположении автора о том, что в условиях электроискрового разряда в щелочной среде процесс разложения каолинита и образование новых химических соединений будет проходить эффективнее, чем при другом типе воздействия. Конечная цель исследований – создать технологию переработки каолинового концентрата на базе ЭИМ.

Для выполнения экспериментов была создана лабораторная установка. Электрическая схема и силовая часть установки приведены на рис. 1 и рис. 2. Накапливание энергии, превышающей напряжение пробоя для данного раствора, происходит в батарее из шести конденсаторов 3. Через автотрансформатор 4, блок из диодов 5 энергия импульсно подается на рабочий искровой промежуток 8.

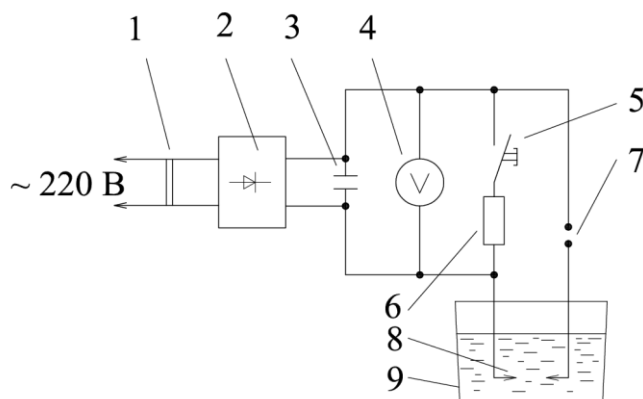


Рис. 1 – Электрическая схема установки:

1 – трансформатор; 2 – выпрямитель; 3 – блок конденсаторов; 4 – измеритель напряжения; 5 – кнопочный выключатель; 6 – зарядное сопротивление; 7 – воздушный формирующий искровой промежуток; 8 – рабочий искровой промежуток; 9 – рабочая емкость

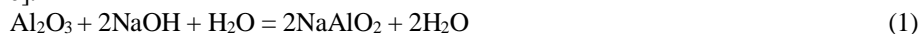
Для следования разрядов через равные отрезки времени узел формирующего промежутка 7 выполнен в виде вращающегося блока (рис. 2) с одной или двумя парами разрядников. Скорость вращения блока обеспечивает полный разряд конденсаторов 3 при каждом замыкании электродов.



Рис. 2 – Силовая часть установки и вращающийся блок с разрядниками

От действия самого разряда и последующего гидроудара частицы каолина с огромной скоростью двигаются к стенкам стакана и отражаются от них. Для создания равномерной плотности взвеси каолина и устранения его скапливания в нижней части стакана вводилось принудительное перемешивание путем качания емкости вместе с узлом электродов. При напряжениях 13 кВ и выше принудительного перемешивания не требуется вследствие огромных скоростей перемещения жидкости с многократным отражением от стенок сосуда и не происходит скопления и уплотнения осадка.

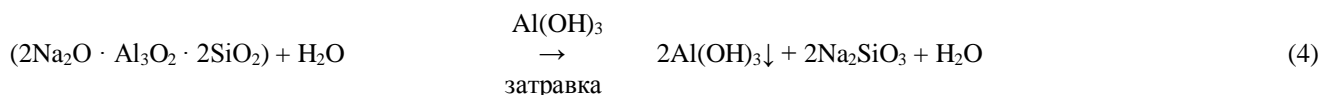
За основу химического процесса взята щелочная технология из байеровского процесса переработки бокситов на глинозем. Первая стадия этого процесса состоит двух этапов – перевод алюминия в раствор и выделение гидроокиси алюминия в осадок по (1) и (2) [4, С. 316].



Первый этап по (1) проводится по определенной схеме и длится несколько суток. Второй этап (2) – самопроизвольное разложение алюминатного раствора в присутствии катализатора – Al(OH)_3 из предыдущего цикла производства.

В ходе экспериментов в электроискровой установке процессу, подобному (1), подвергали каолин. В результате взаимодействия каолинита со щелочью по (3) молекула каолинита распадается на алюминатную и силикатную части, образующие раствор алюмосиликата натрия с избытком щелочи и осадком непрореагировавшего каолина. Отфильтрованный раствор подвергается сгущению до определенной концентрации с последующим разложением в соответствии с (4) [5, С. 69].





Химическая формула каолинита $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ или $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, теоретический химический состав (масс.%) – 39,5% Al_2O_3 , 46,5% SiO_2 и 14% H_2O [6].

В экспериментах использовался каолиновый концентрат одного из месторождений Амурской области. Этот концентрат имеет следующий состав [7, С. 86]: Al_2O_3 – 37,00%, SiO_2 – 46,83%, Fe_2O_3 – 0,96%, TiO_2 – 0,60%, Na_2O – 0,11%, K_2O – 1,33%, кристаллизационная вода 12,83%. Каолины с таким содержанием глинозема относят к группе относительно бедных по глинозему [8, С. 55].

Опыты проводили при различных соотношениях каолина, химиката, воды, разных мощностях установки и за разные промежутки времени.

Эксперимент проводился следующим образом: порция каолина помещается в стакан из нержавеющей стали, где смешивается с раствором едкого натра различной концентрации, крышка с пропущенными через нее электродами плотно фиксируется, от электроустановки подается высокое напряжение. Раствор отстаивается и отфильтровывается через бумажный фильтр «синяя лента», несколько раз промывается дистиллированной водой. Фильтрат и промывные воды выпариваются на 70 – 90% при температуре 70 – 80 °С. Далее, полученный концентрированный раствор, проходит декомпозицию. Для более полного разложения применяли затравку.

В процессе декомпозиции алюмосиликат натрия разлагается по (4) с образованием гидроксида алюминия, который выпадает в осадок. Силикат натрия остается в растворе.

Электроискровая обработка во всех экспериментах проводилась с навесками 20, 40, 60 г в 1 литре 3, 5, 10 и 20%-ного раствора NaOH при напряжении от 8 до 15 кВ. Наилучший результат получен при обработке 60 г каолинового концентрата в 20%-ном растворе едкого натра. Оптимальное время обработки – 40 мин, а максимальное время 70 мин установка выдерживала на мощности 13 кВ. Объем промывной воды в среднем составлял 1,5 л на каждые 20 г исходной навески.

На выход готового продукта определяющее влияние оказывает процент сгущения раствора и промывной воды. Причем в зависимости от массы исходной навески и щелочности раствора эти значения сильно разнятся. Так при сгущении на 75% раствора, полученного после электроискровой обработки 60 г каолина в 10%-ном растворе за 70 мин, в среднем получалось 24,8% Al(OH)_3 от теоретически возможного. А при сгущении обработанного в 20%-ном растворе при тех же условиях максимальный выход составил 37,2%. Средний результат в этой серии – 35,4% Al(OH)_3 . Во всех опытах декомпозицию проводили на водяной бане при температуре 90 – 92 °С.

Приведенные данные являются прямыми, без учета потерь, которые по оценкам составляют не менее 5% от расчетного выхода Al(OH)_3 . Существенная часть осадка, состоит из частиц, размер которых меньше пор бумажного фильтра. Поэтому при промывке она «уходит» вместе с фильтратом и забивает поры фильтра. Это значительно снижает результаты опытов. Характерно, что при малых навесках общие потери осадка наиболее существенны по отношению к весу самой навески.

Декомпозиция проводилась с использованием затравки и без нее. В качестве затравки применялся Al(OH)_3 марки чда. Применение затравки не давало значимого увеличения гидроксида алюминия. В некоторых опытах масса полученного осадка была даже ниже массы затравки. Это происходило именно из-за большого количества потерь.

Но свою роль как центров кристаллизации затравка выполняет. На фото (рис. 3а) частички затравки имеют преимущественно сглаженную поверхность, а на рис. 3б на затравке явно видны «новообразования», представляющие собой достраивание кристаллов в различных направлениях. Присутствуют также мелкие кристаллы, выращенные непосредственно из раствора. Результаты экспериментов подтверждены рентгенофазовым и микрозондовым анализами [8, С. 279], [9, С. 7].

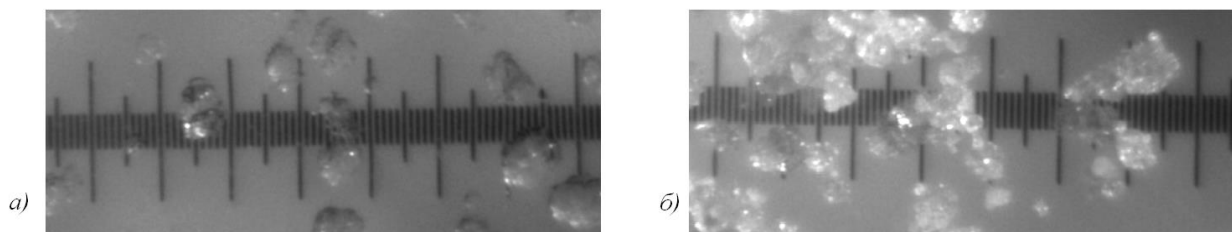


Рис. 3 – Частицы Al(OH)_3 :
а) – затравка; б) – осадок после декомпозиции

На основе проведенных экспериментов составлена принципиальная укрупненная схема (рис. 4) технологического процесса получения гидроксида алюминия при электроискровой обработке каолинового концентрата. На выходе из технологического процесса получают четыре продукта: кристаллический гидроксид, как продукт для последующего передела на глинозем; каолиновый шлам, загрязненный щелочью, который может быть использован в качестве исходного сырья в других технологиях; раствор силиката натрия, идущий на получение SiO_2 ; промывная вода – либо на утилизацию, либо на накопление и повторное использование при получении SiO_2 .

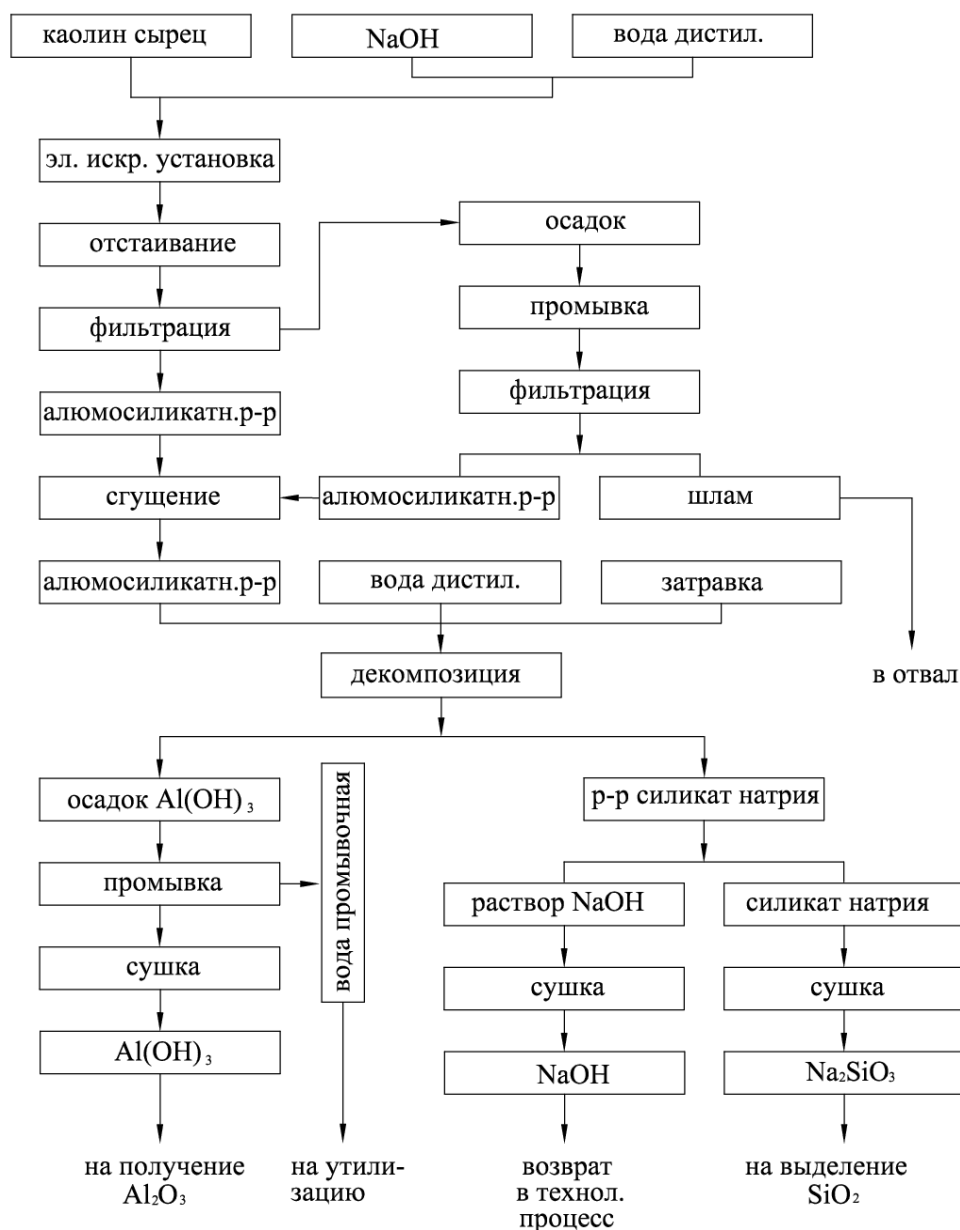


Рис. 4 – Принципиальная схема технологического процесса

Предположение о том, что электроискровое воздействие на каолиновый концентрат в щелочном растворе будет способствовать большему выходу готового продукта, чем в известных технологиях, полностью оправдалось. При том, что особая трудность, большие затраты времени и значительные потери относятся ко второй части эксперимента, не связанной непосредственно с электроискровой обработкой минерала, получен результат более чем на 85% выше литературных данных.

Методика проведения экспериментов по разложению каолиновых концентратов воздействием электроискрового разряда требует совершенствования. Есть возможности по увеличению мощности установки. Полученные на данном этапе результаты, свидетельствуют о целесообразности и перспективности дальнейших работ в этом направлении.

Применение ЭИМ переработки каолиновых концентратов позволит решить задачу освоения данного вида сырья как нового неограниченного источника для производства алюминия.

Список литературы / References

1. Овчинников В.П. Буровые промывочные жидкости: учеб. пособие для вузов. / В.П. Овчинников, Н.А. Аксенова // Тюмень : Издательство «Нефтегазовый университет», 2008. – 309 с.
2. Солодкий Н.Ф. Минерально-сырьевая база Урала для керамической, огнеупорной и стекольной промышленности / Н.Ф. Солодкий, А.С. Шамриков, В.М. Погребенков // Справочное пособие. Под редакцией проф. Г.Н. Масленниковой. – Томск : Издательство ТПУ, 2009. – 332 с.
3. Юткин Л.А.. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. / Л.А. Юткин. – Л. : Машиностроение, 1986. – 253 с.
4. Соколов Р.С. Химическая технология: учеб. пособие для студ. высших учеб. заведений: В 2 т. / Р.С. Соколов. – М. : ВЛАДОС, 2000. – Т. 2. – 448 с.
5. Еранская Т.Ю. Физико-химические методы обогащения минерального сырья / Т.Ю. Еранская, Р.В. Белов. // Сборник докладов в 2-х томах. – Благовещенск : ИГиП ДВО РАН, 2014. – Т. 2. – С. 68–71.

6. Каталог минералов. Каолинит. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.catalogmineralov.ru/mineral/781.html>, свободный (дата обращения: 17.08.2017).
7. Еранская Т.Ю. Влияние кавитации на обогащение каолинов / Т.Ю. Еранская, В.С. Римкевич // Химическая технология. 2012. – №5. – С. 291 – 296.
8. Римкевич В.С. Экспериментальные исследования магматической несмесимости в силикатно-солевых системах в связи с разработкой методов извлечения алюминия из горных пород. / В.С. Римкевич. – Благовещенск : 2001. – 211 с.
9. Еранская Т.Ю. Электрохимический метод переработки каолинов / Т.Ю. Еранская // Инновационная наука. 2015. – №6. – С. 277–280.
10. Еранская Т.Ю. Влияние электроискрового разряда на разложение каолина в щелочной среде / Т.Ю. Еранская // Austria-science. 2017. – №2. – С. 4–9.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ovchinnikov V.P. Burovye promyvochnye zhidkosti: ucheb. posobie dlia vuzov. [Drilling Fluids: Textbook for Universities] / V.P. Ovchinnikov, N.A. Aksanova // - Tyumen: Publishing House "Oil and Gas University," 2008. - 309 p.
2. Solodkii N.F. Mineralno-syrevaya baza Urala dlia keramicheskoi, ognepornoj i stekolnoj promyshlennosti / N.F. Solodkii, A.S. Shamrikov, V.M. Pogrebenkov [Mineral and Raw Material Base of the Ural for Ceramic, Refractory and Glass Industry] // Reference manual. Edited by prof. G.N. Maslennikova. - Tomsk: Publisher TSU, 2009. - 332 p.
3. Yutkin L.A. Elektrogidravlicheskii effekt i ego primeneniye v promyshlennosti. [Electro-hydraulic Effect and its Application in the Industry] / L.A. Yutkin. - L.: Mechanical Engineering, 1986. - 253 p.
4. Sokolov R.S. Khimicheskaya tekhnologiya: ucheb. posobie dlia stud. vysshikh ucheb. zavedenii: v 2 t. [Chemical Technology: Textbook for Stud. of Universities in 2 v.] / R.S. Sokolov. - M.: VLADOS, 2000. - V. 2. - 448 p.
5. Eranskaya T.Yu. Fiziko-khimicheskie metody obogashcheniya mineralnogo syr'ya [Physical and Chemical Methods of Mineral Processing] / T.Yu. Eranskaya, R.V. Belov. // Book of Reports in 2 volumes. - Blagoveshchensk: IGiP, FEB RAS, 2014. - V. 2. - P. 68-71.
6. Katalog mineralov. Kaolinit. [Catalog of minerals. Kaolinite] [Electronic resource] – URL: <http://www.catalogmineralov.ru/mineral/781.html>, free (accessed: 09.17.2017).
7. Eranskaya T.Yu. Vliyanie kavitatsii na obogashcheniye kaolinov [Effect of Cavitation on the Enrichment of Kaolins] / T.Yu. Eranskaya, V.S. Rimkevich // Chemical Technology. 2012. - No.5. - P. 291 - 296.
8. Rimkevich V.S. Eksperimentalnye issledovaniya magmaticheskoi nesmesimosti v silikatno-solevykh sistemakh v svyazi s razrabotkoi metodov izvlecheniya aliuminiya iz gornyx porod. [Experimental Studies of Magmatic Immiscibility in Silicate-salt Systems in Connection with the Development of Methods for Aluminum Extraction from Rocks] / V.S. Rimkiewich. - Blagoveshchensk: 2001. - 211 p.
9. Eranskaya T.Yu. Elektrokhimicheskii metod pererabotki kaolinov [Electrochemical Method of Kaolin Processing] / T.Yu. Eranskaya // Innovative Science. 2015. No.6. - P. 277-280.
10. Eranskaya T.Yu. Vliyanie elektroiskrovogo razriada na razlozheniye kaolina v shchelochnoi srede [Effect of an Electrospray Discharge on the Decomposition of Kaolin in Alkaline Medium] / T.Yu. Eranskaya // Austria-science. 2017. - No.2. - P. 4-9.



Все статьи, опубликованные в «Международном научно-исследовательском журнале», загружаются в РИНЦ.

Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) — библиографическая база данных научных публикаций российских учёных. Для получения необходимых пользователю данных о публикациях и цитируемости статей на основе базы данных РИНЦ разработан аналитический инструмент ScienceIndex.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.085>

Корецкая Н.А.

ORCID: 0000-0003-4292-1388, Кандидат технических наук, доцент,

Технический институт (филиал) ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.

Аммосова» в г. Нерюнгри

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФАКТИЧЕСКИХ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**Аннотация**

В связи с уточнением карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации в 2016 году (ОСР-2016) в опасных регионах должно быть проведено детальное сейсмическое районирование территорий населенных пунктов и оценено влияние инженерно-геологических, технологических, сейсмологических и экологических факторов на состояние устойчивости зданий. Результатом данных исследований должны стать мероприятия по повышению сейсмостойкости зданий и сооружений, в первую очередь, гражданского назначения.

Ключевые слова: устойчивость зданий, сейсмоусиление конструкций, микросейсморайонирование.

Koretskaya N.A.

ORCID: 0000-0003-4292-1388, PhD in Engineering, Associate Professor,

Technical Institute (Branch) of FSAEI « North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov » in Neryungr

TO THE QUESTION OF MICROZONATION APPLICATION FOR THE ESTIMATION OF ACTUAL SEISMIC LOADS**Abstract**

The elaboration of maps of the general microzonation of the territory of the Russian Federation in 2016 (OSR-2016) in dangerous regions requires detailed microzonation of the territories of settlements and the estimation of the impact of engineering, geological, technological, seismological and environmental factors on the condition of buildings sustainability. The study should result in the development of measures aimed at improving seismic resistance of buildings and structures, primarily, of non-military nature.

Keywords: building sustainability, seismic reinforcement of structures, microzonation.

Исследования последних десятилетий показывают возрастание рисков сейсмических катастроф, что можно связать с хозяйственной деятельностью человека, техногенными воздействиями на земную кору, инженерно-геологическими, технологическими, сейсмологическими и экологическими факторами [1], [2], [3].

По современным оценкам, отразившимся в Картах общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-2016), количество регионов с повышенной сейсмической опасностью значительно увеличилось, по сравнению с предыдущими данными [4], [11], [13]. Следовательно, здания, построенные много лет назад даже по действующим тогда стандартам, сегодня нельзя считать сейсмостойкими без предварительной проверки.

Кроме этого, даже правильно запроектированное и хорошо построенное здание нуждается в грамотной эксплуатации. При колебаниях температур, высокой влажности воздуха и обводненности почв, в том числе изменении водоносных горизонтов, наличии в порах воды солей, происходит коррозия бетона и металла, уменьшается несущая способность конструкций. В районах распространения многолетней мерзлоты объективные изменения состояния нескальных разнородных грунтов снижают устойчивость основания зданий, и они легче подвергаются перемещениям и деформациям от действия сейсмических ударов.

Для восстановления сейсмостойкости требуется ремонт или усиление отдельных конструкций, а иногда и здания в целом.

На период 2009-2018 гг. Минэкономразвития были выделены значительные средства на федеральную целевую программу «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах РФ» [8], которые направлялись, в том числе, и на усиление сейсмоустойчивости зданий и сооружений на территории Дальнего Востока. К сожалению, по оценкам специалистов, сейсмоусиление уже существующих зданий обходится дороже, чем строительство, поэтому на местах часто отказываются от сейсмоусиления уже построенных многоквартирных домов в связи с нерентабельностью, ссылаясь на различные объективные и необъективные причины, рискуя жизнями, здоровьем и имуществом людей, проживающих в этих зданиях.

Вопрос повышения сейсмостойкости зданий и сооружений должен быть всегда в повестке работы муниципальных и региональных органов. Это предусмотрено Федеральным законом РФ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [12].

Приоритет в обеспечении сейсмостойкости эксплуатируемых, но не полностью удовлетворяющих требованиям действующих норм зданий должен быть отдан больницам, детским садам, школам, объектам жизнеобеспечения населения, промышленным объектам, повреждения которых могут привести к массовым отравлениям (заболеваниям) людей или к экологическим катастрофам.

По существующим нормам 10,5% жилых и общественных зданий и сооружений в г. Нерюнгри (Республики Саха (Якутия)) должны быть, отнесены к несейсмостойким, т.к. проведение детального сейсмического районирования отдельных районов города Нерюнгри с использованием, в основе, карты ОСР-97 показало высокий уровень сейсмической опасности территории исследований, достигающий 8 баллов. Тогда как при проектировании использовалась карта сейсмического районирования территории СССР 1969 г., 25 жилых домов и два детских сада построены с учетом сейсмичности 6-7 баллов (рис. 1) [5].

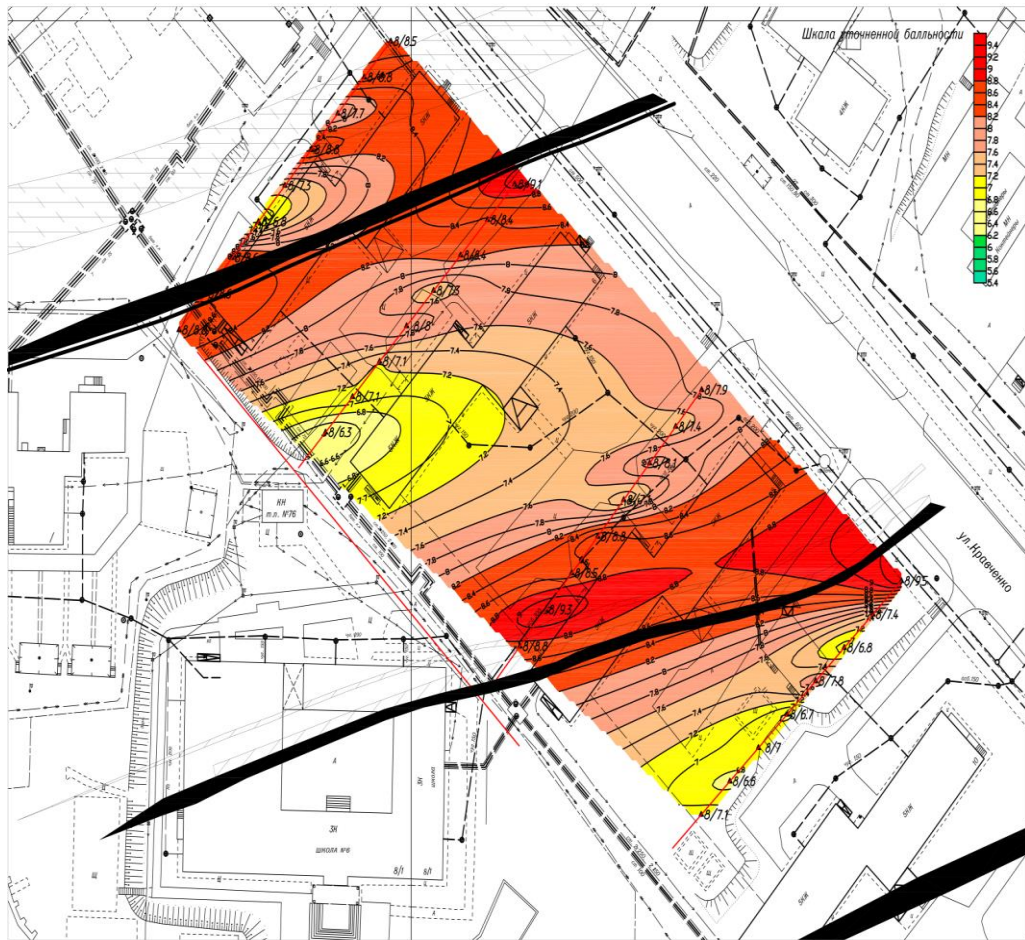


Рис. 1 – Карта микросейсмрайонирования территории г. Нерюнгри

Примечание: В легенде отображены сейсмические параметры грунтов, относящиеся к моменту проведения работ, прогнозируемые для территорий активного развития естественных или техногенных процессов

В 8-балльной зоне сотрясений оказались не только г. Нерюнгри, населенные пункты Серебряный Бор, Беркакит, Иенгра, но и объекты железной дороги между Чульманом и Нагорным, пос. Чульман. Поселок Бол. Хатыми и Нимныр расположились уже в области пограничных 7-8 балльных воздействий (рис. 2) [6].

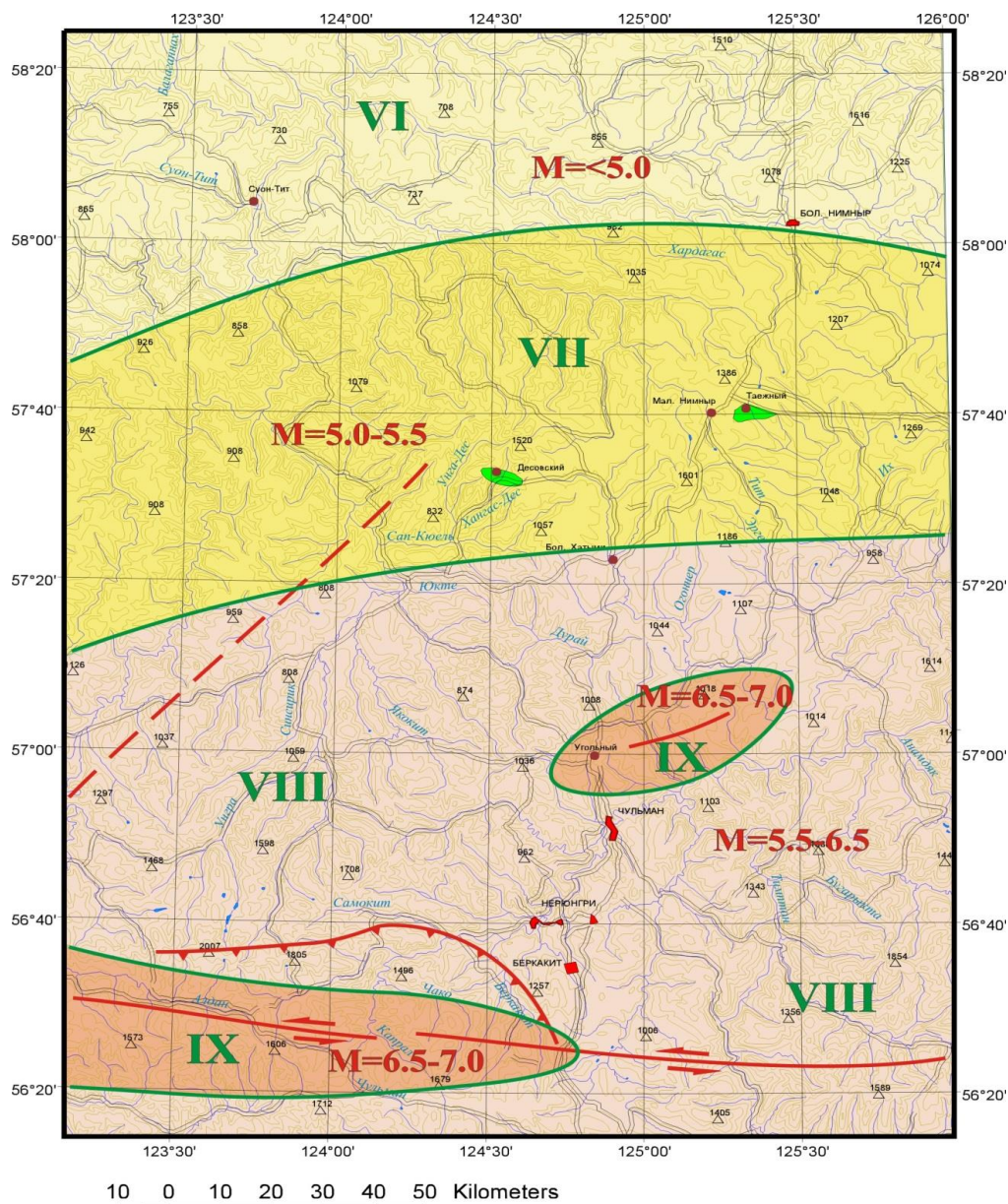


Рис. 2 – Уточненная карта сейсмического районирования с учетом Чульмаканского разлома

Примечание: Красным цветом показаны сейсмогенерирующие разломы. Зеленым цветом обведены контуры зон ВОЗ соответствующей магнитуды в диапазоне $M = 5.0 - 5.5 - 6.5 - 7.0$. Римскими цифрами указана интенсивность в баллах по шкале MSK-64

Несоответствие расчетной сейсмичности объектов фактическим условиям связано с рядом причин:

- совершенствованием методов расчета сейсмичности зданий;
- отсутствием должного контроля, за качеством сейсмостойкого строительства;
- изменением геофизических характеристик основания вследствие инженерно-геологических и климатических процессов.

Для анализа всех рисков необходимо провести исследования, позволяющие оценить уровень сейсмической опасности площади строительства с учетом современных нормативных требований [10], [14] и степени ответственности изучаемых сооружений. Одним из инструментов данных исследований должно стать детальное микросейсморайонирование объектов [9]. Согласно п.6.4.1 СП 11-105-97 задача сейсмического микросейсморайонирования заключается в оценке влияния местных условий на характеристики сейсмических колебаний. Местные условия определяются строением, составом и свойствами грунтов, рельефом, обводненностью и некоторыми другими факторами [15].

Применение детального сейсмического районирования в конечном счете позволяет объективно оценить степень сейсмической угрозы и динамику сейсмогенерирующих процессов территории, определить направленность процесса, а значит, и предсказать его последствия [7].

Территория города Нерюнгри, оцениваемая на картах ОСР-97 как территория, попадающая на границу возможных 8 балльных сотрясений, оценивается так благодаря масштабности предшествующих исследований. При переходе на другой качественный уровень исследований (укрупнение масштаба), появляется возможность использовать новый класс карт тектодинамической активности (по сути - детальных карт сеймотектоники) и получать более корректный материал, который позволяет провести границы балльности, используя в качестве подложки степень активности этих структур и их структурный план. При построении карты возможных очагов землетрясений (ВОЗ), были получены более

взвешенные оценки сейсмической опасности, которые, так же показывают, что район г. Нерюнгри, может быть, отнесен в область вероятных 8 – балльных сотрясений.

Выполненные исследования по сейсмическому микрорайонированию [5], [6] показали высокую степень влияния грунтовых условий (наличие разуплотнённой зоны разгрузки скального массива) на возрастание вероятной опасности сейсмического воздействия на обследуемые сооружения.

Не только жилые здания, но и объекты производственного назначения входят в группу высоких рисков. Проведенные обследования оснований сооружений высокого уровня ответственности, показывают, что существует высокий риск их разрушения при прогнозируемых сейсмических нагрузках.

Для уточнения параметров сейсмического воздействия необходимо выполнить комплексные геолого-геофизические исследования. Необходимо также оценить влияние инженерно-геологических, технологических, сейсмологических и экологических факторов на состояние устойчивости зданий. Результатом данных исследований должна стать разработка комплекса мероприятий по повышению сейсмостойкости зданий и сооружений, в первую очередь гражданского назначения.

Список литературы / References

1. А. Колотилкин Дома-убийцы на карте катастроф [Электронный ресурс] / А. Колотилкин // "Российская газета". – 2015. – №18 (30369). – URL: http://www.rg.ru/Anons/arc_2002/0222/4.shtm (дата обращения 11.10.2016).
2. Бойко Н.И., Авгуцевич А.Х., Сафонов А.В. и др. Оценка сейсмостойкости зданий и сооружений МЧС России // Технологии гражданской безопасности. – 2015. – Т. 12. – № 4 (46). – С. 36-39.
3. В.А. Лютоев Сейсмическое районирование Республики Коми и микросейсморайонирование г. Сыктывкара: дис. ... канд. геол.-минерал. наук: 25.00.10 / Лютоев Владимир Алексеевич. – Сыктывкар, 2001. – 169 с.
4. Изменение №1 к СП 14.13330.2014 "СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах", утвержденное и введенное в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 23 ноября 2015 г. №844/пр. – Введ. 2015–12–01.
5. Отчет о выполнении сейсмологических и геофизических работ по объекту: «Уточнение сейсмического балла (УИС), сейсмическое микрорайонирование и определение сейсмической опасности площадок жилых домов для проектирования работ по сейсмоусилению жилых домов, расположенных по адресам: Республика Саха (Якутия), г. Нерюнгри ...» / С.С. Павлов, В.С. Имаев, Н.Н. Гриб и др. – СРО НП «Центризыскания», ООО «Нерюнгростройизыскания», 2013.
6. Информационный отчет о научно-исследовательской работе. Государственное задание №7.3. «Создание основы определения степени сейсмической угрозы объектам Южно-Якутских мегапроектов и установление геодинамической природы сейсмичности (2012-2016гг.)», книга 1,67 стр., 25 иллюстр. Южно-Якутский научный центр АН РС(Я), Республика Саха (Якутия) / И.И. Колодезников, В.С. Имаев, Н.Н. Гриб и др.
7. Карта сеймотектоники Восточной Сибири: монография / Л.П. Имаева, В.С. Имаев, О.П. Смекалин и др. – Нерюнгри: Изд-во Технического института (ф) СВФУ, 2015. – 128 с.
8. Российская Федерация. Постановление Правительства. О федеральной целевой программе "Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации на 2009 - 2018 годы (с изменениями и дополнениями): [утверждена Председателем Правительства РФ 23 апреля 2009 г.]. – М.: Собрание законодательства Российской Федерации. – 2009. – №18. – Часть II.
9. Аптикаев Ф.Ф. Что такое детальное сейсмическое районирование? / Эртелева О.О., Аптикаев Ф.Ф. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2013. – № 4. – С. 63-68.
10. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах СНиП II-7-81* (актуализированного СНиП II-7-81* "Строительство в сейсмических районах" (СП 14.13330.2011)) (с Изменением N 1). – Введ. 2014–06–01.
11. Уломов В.И. Анализ сейсмической опасности Крыма и Северного Кавказа и адаптация полученных оценок к комплексу карт ОСР-2014 / Уломов В.И., Богданов М.И., Пустовитенко Б.Г., Перетокин С.А., Стром А.Л., Акатова К.Н., Данилова Т.И., Медведева Н.С. // ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ. – 2015. – №13. – С. 12-27.
12. Российская Федерация. Законы. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (с изменениями и дополнениями): федер. закон: [Принят Гос. Думой 11 ноября 1994 года: одобр. Советом Федерации 21 декабря 1994 г.]. – М.: Собрание законодательства Российской Федерации. – 1994. – №35.
13. Дэмбэрэл С. К уточнению сейсмической опасности г. Улан-Батор (Монголия) / Имаев В.С., Рогожин Е.А., Смекалин О.П., Улзийбат М., Чипизубов А.В. // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2013. – Т. 40. – № 1. – С. 19-32.
14. Алешин А.С. Основы континуальной теории сейсмического микрорайонирования // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2015. – № 5. – С. 18-26.
15. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ. – Введ. 1998–03–01.

Список литературы на английском языке / References in English

1. A. Kolotilkin Doma-ubijcy na karte katastrof [Houses murderers on the card of accidents] [Electronic resource] / A. Kolotilkin // "Rossijskaja gazeta". – 2015. – №18 (30369). – URL: http://www.rg.ru/Anons/arc_2002/0222/4.shtm (accessed: 11.10.2016). [in Russian]
2. Bojko N.I., Avgucevichs A.H., Safonov A.V. and others Ocenka sejsmostojkosti zdani i sooruzhenii MChS Rossii [Seismic stability assessment building and construction of Emercom of Russia] // Tehnologii grazhdanskoj bezopasnosti. – 2015. – T. 12. – № 4 (46). – P. 36-39. [in Russian]
3. V.A. Ljutoev Sejsmicheskoe rajonirovanie Respubliki Komi i mikroisejsmorajonirovanie g. Syktyvkara [Seismic division into districts of the Komi Republic and microseismic zoning of Syktyvkar]: dis. ... of PhD in Geology and Mineralogy: 25.00.10 / Ljutoev Vladimir Alekseevich. – Syktyvkar, 2001. – 169 p. [in Russian]

4. *Izmenenie №1 k SP 14.13330.2014 "SNiP II-7-81* Stroitel'stvo v sejsmicheskikh rajonah"* [Change No. 1 to the joint venture 14.13330.2014 "Construction Norms and Regulations of II-7-81* Construction in seismic countries"], the Ministries of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation (Ministry of Construction of Russia) approved and put into operation by the order of November 23, 2015 No. 844/ave. – Vved. 2015–12–01. [in Russian]

5. *Otchet o vypolnenii sejsmologicheskikh i geofizicheskikh rabot po ob#ektu: «Utochnenie sejsmicheskogo balla (UIS), sejsmicheskoe mikrorajonirovanie i opredelenie sejsmicheskoy opasnosti ploshhadok zhilyh domov dlja proektirovaniya rabot po sejsmoustoychivosti zhilyh domov, raspolozhennyh po adresam: Respublika Saha (Jakutija), g. Nerjungri ...»* [Report on accomplishment of seismological and geophysical works on an object: "Refining of seismic point (penal correction system), seismic microdivision into districts and determination of seismic danger of platforms of apartment houses to designing of works on seismostrengthening the apartment houses located at the addresses: Republic of Sakha (Yakutia), Neryungri ..."] / S.S. Pavlov, V.S. Imaev, N.N. Grib and others – SRO NP «Centrizyskanija», OOO «Nerjungristrojizyskanija», 2013. [in Russian]

6. *Informacionnyj otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote. Gosudarstvennoe zadanie №7.3. «Sozdanie osnovy opredelenija stepeni sejsmicheskoy ugrozy ob#ektam Juzhno-Jakutskikh megaproektov i ustanovlenie geodinamicheskoy prirody sejsmichnosti (2012-2016gg.)»* [Information report on research work. State task No. 7.3. "Creation of a basis of determination of extent of seismic threat to subjects of the Southern Yakut megaprojects and establishment of the geodynamic nature of seismicity (2012-2016)"], book of 1,67 p., illustration Juzhno-Jakutskij nauchnyj centr AN RS(Ja), Respublika Saha (Jakutija) / I.I. Kolodeznikov, V.S. Imaev, N.N. Grib and others. [in Russian]

7. *Karta sejsmotektoniki Vostochnoj Sibiri* [Card of seismotectonics of Eastern Siberia]: monograph / L.P. Imaeva, V.S. Imaev, O.P. Smekalin and others – Nerjungri: Izd-vo Tehnicheskogo instituta (f) SVFU, 2015. – 128 p. [in Russian]

8. *Rossijskaja Federacija. Postanovlenie Pravitel'stva. O federal'noj celevoj programme "Povyshenie ustojchivosti zhilyh domov, osnovnyh ob#ektov i sistem zhizneobespechenija v sejsmicheskikh rajonah Rossijskoj Federacii na 2009 - 2018 gody (s izmenenijami i dopolnenijami)* [Russian Federation. Government resolution. About the federal target program "Increase in stability of houses, main objects and life support systems in seismic countries of the Russian Federation for 2009 - 2018 (with changes and additions)]: [it is approved as the Russian Prime Minister on April 23, 2009.]. – M.: Russian Federation Code. – 2009. – No. 18. – Part II. [in Russian]

9. *Aptikaev F.F. Chto takoe detal'noe sejsmicheskoe rajonirovanie? [What is the detailed seismic division into districts?] / Jerteleva O.O., Aptikaev F.F. // Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij [Aseismic construction. Safety of constructions]. – 2013. – № 4. – P. 63-68. [in Russian]*

10. *SP 14.13330.2014 Stroitel'stvo v sejsmicheskikh rajonah SNiP II-7-81* (aktualizirovannogo SNiP II-7-81* "Stroitel'stvo v sejsmicheskikh rajonah" (SP 14.13330.2011)) (s Izmenenijem №1)* [The joint venture 14.13330.2014 Construction in seismic countries Construction Norms and Regulations of II-7-81 * (II-7-81 staticized Construction Norms and Regulations * "Construction in seismic countries" (the joint venture 14.13330.2011)) (with Change №1)]. – Vved. 2014–06–01. [in Russian]

11. *Ulomov V.I. Analiz sejsmicheskoy opasnosti Kryma i Severnogo Kavkaza i adaptacija poluchennyh ocenok k kompletu kart OSR-2014 [Having tried to persuade V. I. The analysis of seismic danger of the Crimea and the North Caucasus and adaptation of the received estimates to a set of the OSR-2014 cards] / Ulomov V.I., Bogdanov M.I., Pustovitenko B.G., Peretokin S.A., Strom A.L., Akatova K.N., Danilova T.I., Medvedeva N.S. // INZhENERNYE IZYSKANIJJa. – 2015. – №13. – P. 12-27. [in Russian]*

12. *Rossijskaja Federacija. Zakony. O zashhite naselenija i territorij ot chrezvychajnyh situacij prirodnoho i tehnogennoho haraktera (s izmenenijami i dopolnenijami)* [Russian Federation. Laws. About protection of the population and the territories against emergency situations of natural and technogenic nature (with changes and additions)]: federal law: [accepted by State Duma November 11, 1994: approved by the Federation Council on December 21, 1994.]. – M.: Russian Federation Code. – 1994. – №35. Use 170 x 250 mm paper size (W x H mm) and adjust the margins to those shown in the Table 1. The final printed area will be 130 x 210 mm. Do not add any page numbers. [in Russian]

13. *Djembjergel S. K utochneniju sejsmicheskoy opasnosti g. Ulan-Bator (Mongolija) [To specification of seismic danger Ulaanbaatar (Mongolia)] / Imaev V.S., Rogozhin E.A., Smekalin O.P., Ulzibat M., Chipizubov A.V. // Voprosy inzhenernoj sejsmologii [Questions of engineering seismology]. – 2013. – T. 40. – № 1. – P. 19-32. [in Russian]*

14. *Aleshin A.S. Osnovy kontinual'noj teorii sejsmicheskogo mikrorajonirovaniya [Bases of the continual theory of seismic microdivision into districts] // Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij [Aseismic construction. Safety of constructions]. – 2015. – № 5. – P. 18-26. [in Russian]*

15. *SP 11-105-97 Inzhenerno-geologicheskie izyskanija dlja stroitel'stva. Chast' I. Obshhie pravila proizvodstva rabot. [The joint venture 11-105-97 Engineering-geological researches for a construction. Part I. General rules of works.]. – Vved. 1998–03–01. [in Russian]*

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.045>Олудина О.В.¹, Шигапов И.С.²¹Студент, ²ORCID 0000-0003-0429-4440, кандидат географических наук, доцент,

Казанский (Приволжский) федеральный университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПАСНЫХ ДЛЯ ЗАСТРОЙКИ ЗОН В ДОЛИНЕ Р. КИНДЕРКА (Г. КАЗАНЬ)**Аннотация**

С целью определения безопасных для застройки зон в долине р. Киндерка, протекающей через жилые массивы на территории г. Казани, был рассчитан максимальный расход воды различной обеспеченности, построены гидрологические модели наводки. В программном комплексе HEC-RAS рассчитаны модели прохождения волны наводки с учетом современной ситуации (застроенная пойма) и при условии ненарушенной поймы (гипотетическая модель). Выявлен характер влияния отдельных зданий на процесс затопления долины. Также в ходе исследования определены границы опасной (70 м от русла реки) и потенциально опасной (100 м) для застройки зон.

Ключевые слова: поверхностные воды, водосборный бассейн, борьба с наводнениями, пойма, гидрологическая модель, HEC-RAS.

Oludina O.V.¹, Shigapov I.S.²¹Student, ²ORCID 0000-0003-0429-4440, PhD in Geography, Associate Professor,

Kazan (Volga region) Federal University

IDENTIFICATION OF HAZARDOUS AREAS FOR BUILDING IN THE VALLEY OF THE KINDERKA RIVER (KAZAN CITY)**Abstract**

In order to determine zones, safe for building in the valley of the Kinderka river, flowing through the residential areas in the city of Kazan, the maximum flow of water was calculated for varying availability, and the hydrological flood models were constructed. In the HEC-RAS software complex, the models for the passage of a flood wave were calculated taking into account the current situation (built-up floodplain) and under the condition of undisturbed floodplain (hypothetical model). The nature of the influence of individual buildings on the flooding of the valley has been revealed. Also the boundaries of the dangerous (70 m from the river bed) and potentially dangerous (100 m) zones for building were determined in this work.

Keywords: surface water, catch basin, flood control, floodplain, hydrological model, HEC-RAS.

Введение

Одним из направлений прикладной гидрологии является изучение опасных гидрометеорологических явлений с целью предупреждения их последствий несущих угрозу как для промышленных и социальных объектов, так и для здоровья населения. Большую опасность представляют наводнения наносящие существенный материальный ущерб который многократно увеличивается при прохождении волны наводки через густонаселённые территории. При этом, вблизи рек, протекающих через населенные пункты, обычно расположены престижные и дорогие земельные участки, что приводит к застраиванию пойменных территорий. Таким образом, при застройке прибрежных территорий необходимо рассмотрение вопросов как о приемлемом уровне риска и ущерба, с которым общество готово согласиться [1, С. 183], так и вопросы безопасности человеческой жизни.

Данные вопросы являются актуальными для г. Казани, через территорию которой протекают несколько водотоков. Паводково-опасные зоны г. Казань расположены в нижнем течении рек Нокса и Киндерка, которые впадают в р. Казанку на территории жилых поселков. Практически ежегодно на данной территории происходит затопление частных домовладений, количество которых по данным МЧС РФ доходит до 386 домов. В настоящее время на территории г. Казани насчитывается около 250 разнотипных водных объектов [2, С.37], однако водотоки изучены достаточно слабо. Имеются отдельные работы посвященные экологической ситуации на водосборной площади рек [3, Р.44801], значению малых рек для экологического каркаса города [4, С.92], роли рек в формировании и развитии озер [5, С.42], однако отсутствуют систематизированные сведения о гидрологическом режиме рек, в частности о максимальных расходах воды. Таким образом, сложившаяся в настоящее время ситуация определяет важность определения границ зон затопления на водотоках г. Казани для разработки противопаводковых мероприятий.

Материалы и методы

В настоящее время для расчета параметров затопления территории часто используются ГИС-технологии. В большинстве случаев оценка процесса затопления проводится по известному уровню водной поверхности с использованием цифровой модели рельефа.

Гидравлические расчеты можно проводить на разных программных комплексах, разработанных, как в России, так и за рубежом. Известными гидрологическими программами являются MIKE HYDRO River (Дания), HEC-RAS (США), Delft3D FM (Нидерланды). Принципиальных отличий в методике расчетов эти программы не имеют – используются уравнение Шези для установившегося движения воды и система уравнений Сен-Венана для расчета неустановившегося движения [6, С.129]. Однако, среди вышеназванных программных комплексов только программа HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) находится в открытом доступе, что делает возможным ее массовое использование для решения гидрологических задач. В рамках данной работы использовалась версия HEC-RAS 5.0.3.

В качестве объекта изучения была выбрана р. Киндерка – левый приток р. Казанка. Для определения ширины зоны затопления был выбран участок речной долины протяженностью 440 м, находящийся на 8,3 км выше устья реки. Выбор был обусловлен тем, что долина реки на данном участке имеет широкую пойму (до 115 м), что позволяет с запасом определить безопасное расстояние от русла. Также данный участок является густо застроенным, что делает возможным попытку оценки влияния застройки поймы на изменение площади зоны затопления.

В качестве топографической основы для вычисления створовых параметров использовались космоснимки, находящиеся в свободном доступе, привязанные с помощью программы SASPlanet.15 и обработанные в ГИС Quantum

GIS - 8.5. Гидрометрические работы на реке были проведены в период летней межени 2016 года. На исследуемом участке было построено 18 морфостворов, профили которых были использованы при построении гидрологических моделей затопления пойменного участка в программном комплексе HEC-RAS (рис. 1). Всего было построено 2 модели:

1) с учетом современной ситуации (застроенная пойма): существующие в настоящее время здания были представлены в морфостворах как прямоугольные препятствия высотой 6 м и шириной равной ширине зданий определенной по космоснимкам;

2) при условии ненарушенной поймы (гипотетическая модель): морфостворы были построены без учета застройки территории.

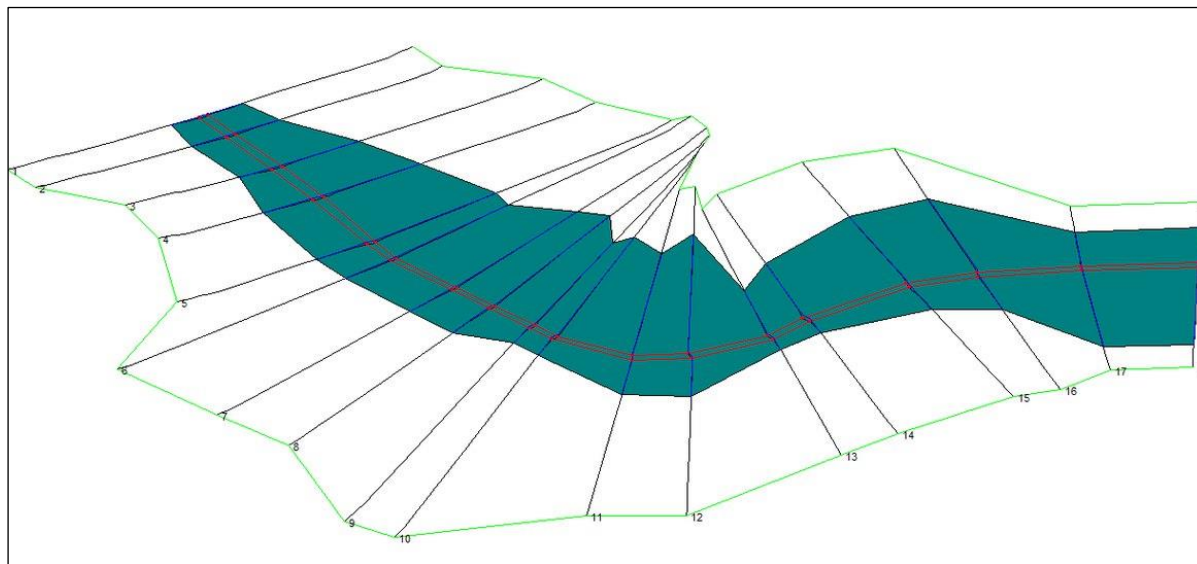


Рис. 1 – Схема расположения морфостворов на исследуемом участке долины р. Киндерка (показано затопление ненарушенной поймы при $Q_{max} 1\%$)

Систематические гидрологические наблюдения на реке в настоящее время не ведутся, что обусловило использование расчетных методов для определения максимального стока заданной обеспеченности согласно СП 33-101-2003 [7]. Была использована следующая формула:

$$Q_{p\%} = \frac{K_0 h_{p\%} m d d_1 d_2 A}{(A + A_1)^{n_1}}$$

где K_0 – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья;

$h_{p\%}$ – расчетный слой суммарного весеннего стока (без срезки грунтового питания), мм, ежегодной вероятностью превышения $P\%$, определяемый в зависимости от коэффициента вариации C_v и отношения C_s/C_v этой величины, а также среднего многолетнего слоя стока h_0 , устанавливаемого по рекам-аналогам или интерполяцией;

m – коэффициент, учитывающий неравенство статистических пар метров слоя стока и максимальных расходов воды, принимаемый по рекомендуемому;

d – коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озер;

d_1 – коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода воды в залесенных бассейнах;

d_2 – коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода воды в заболоченных бассейнах;

A – площадь водосбора исследуемой реки до расчетного створа;

A_1 – дополнительная площадь водосбора, учитывающая снижение редукции, км²;

n_1 – показатель степени редукции.

Районные параметры при расчетах были взяты из справочных изданий [8, С.77; 9, С.96; 10, С.42]. Используемые при расчетах показатели представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Основные гидрологические показатели исследуемого участка р. Киндерка

Районные показатели		Створовые показатели	
показатель	значение	показатель	значение
коэффициент дружности паводка	0,017	площадь водосбора	262 км ²
слой стока паводка, с вероятностью превышения:		площадь пахотных угодий	133 км ²
1%	259 мм		
10%	170 мм		
50%	101 мм		
95%	52 мм		
коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды, с вероятностью превышения:		площадь лесов	74 км ²
1%	1		
10%	0,89		
50%	0,72		
95%	0,58		
коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озер	1	площадь озер на водосборе	0,7 км ²
коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода воды в залесенных бассейнах	0,51	площадь населенных пунктов	54 км ²
коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода воды в заболоченных бассейнах	1		
дополнительная площадь водосбора	2		
показатель степени редукции	0,25		

Полученные результаты

После проведенных расчетов максимальных расходов воды заданной обеспеченности при отсутствии данных гидронаблюдений для р. Киндерка были получены следующие результаты:

- $Q_{max}1\% = 61 \text{ м}^3/\text{с};$
- $Q_{max}10\% = 36 \text{ м}^3/\text{с};$
- $Q_{max}50\% = 17 \text{ м}^3/\text{с};$
- $Q_{max}95\% = 7 \text{ м}^3/\text{с};$

Определенные в ходе исследования границы зон затопления показаны на рисунках 2, 3. Наличие в пойме препятствий в виде отдельных зданий оказывает влияние на ширину зоны затопления. Ширина зоны затопления при расходе воды 36 м³/с (P10%) меняется от 39 до 65 м от русла реки, т.е. практически увеличивается в два раза; при расходе воды 61 м³/с (P1%) ширина зоны затопления также меняется, но в меньшей степени (86 и 96 м).



Рис. 2 – Зона затопления поймы р. Киндерка при максимальном расходе воды заданной обеспеченности, с учетом существующей ситуации (модель 1)



Рис. 3 – Зона затопления поймы р. Киндерка при максимальном расходе воды заданной обеспеченности, в условиях ненарушенной поймы (модель 2)

Уровень воды при максимальном стоке разной обеспеченности отличается незначительно от 75,4 м БС (P95%) до 76,2 м БС (P1%) (рис. 4). Однако, уровень воды при паводке может подняться над уровнем воды в межень на 4–5 м.

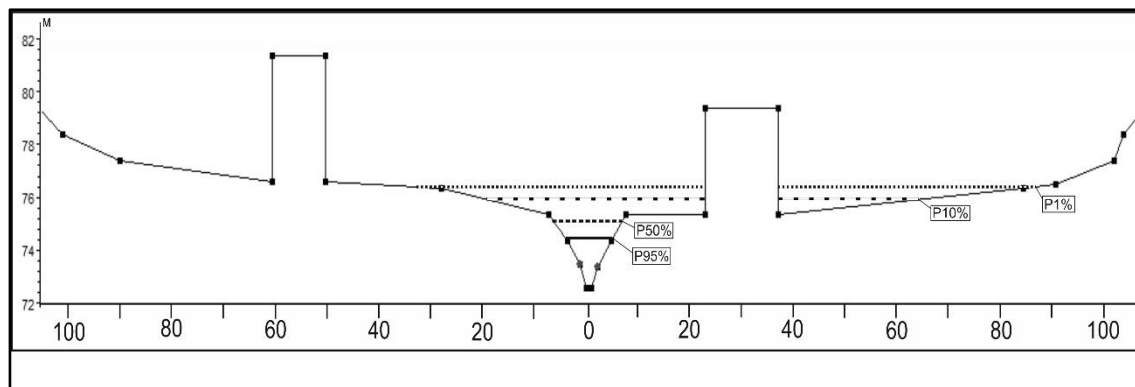


Рис. 4 — Высота уровня воды при максимальном расходе заданной обеспеченности (по профилю створа 12-12)

Обсуждение результатов

Как видно из полученных результатов, несмотря на то, что расход воды при максимальном стоке различной обеспеченности отличается на порядок (P95% – 7 м³/с, P1% – 61 м³/с), уровень воды при этом меняется в пределах 1–2 м, следовательно при паводках затопляются лишь невысокие элементы поймы. Связано это с особенностями строения данного участка речной долины, а именно наличием широкой поймы с высокой пропускной способностью.

Застроенность поймы р. Киндерка частными домовладениями определяет наличие потенциальной угрозы жизни и здоровью населения. Несмотря на то, что долина реки затопляется на относительно небольшую глубину, паводки наносят ущерб жилым и хозяйственным зданиям.

По результатам исследования нами было выделено две зоны:

1) зона опасная для застройки – это территории, которые прилегают к р. Киндерка, затопляемые при половодьях и паводках десятипроцентной обеспеченности (1 раз в 10 лет). К опасной зоне были отведены участки поймы ниже 4 м над уровнем реки и в соответствии с принятым в гидрологии методом наихудшего прогноза граница данной зоны была проведена на расстоянии 70 м от русла реки;

2) зона потенциально опасная для застройки – это территории, которые прилегают к р. Киндерка, затопляемые при половодьях и паводках однопроцентной обеспеченности (1 раз в 100 лет). К потенциально опасной зоне были отведены участки поймы ниже 6 м над уровнем реки. Границы данной зоны были проведены на расстоянии 100 м от русла реки.

Наличие отдельных зданий на пойме реки оказывает влияние на характер затопления поймы создавая эффект подпора. Однако представляется, что вследствие небольшой ширины зданий и относительно невысокого уровня воды при паводке большее влияние на характер затопления могут оказывать невысокие ограждения частных домовладений. Методы учета и характер данного влияния в гидрологических моделях еще предстоит изучить.

Список литературы / References:

1. Голубева А.Б. Оценка опасности и рисков наводнений в г. Барнауле (пос. Затон) / А.Б. Голубева, В.А. Земцов // Вестник Томского государственного университета. 2013. №373. – С. 183–188.
2. Мингазова Н.М. Инвентаризация и экологическая паспортизация водных объектов как способ сохранения и оптимизации их состояния / Н.М. Мингазова, О.Ю. Деревенская, О.В. Палагушкина и др. // Астраханский вестник экологического образования. 2014. № 2 (28). – С. 37–43.
3. Shaliyeva R.P. The contaminating impact of surface water runoff from the MSW landfill on the river Krutovka (through the example of Samosyrovskaya landfill, Kazan, Russia) / R.P. Shaliyeva, E.G. Nabeeva, I.S. Shipagov // International journal of applied engineering research. 2015. Vol.10. № 24. – P.44801–44807.
4. Никитин А.В. Проблемы формирования эколого-природного каркаса урбанизированных территорий (на примере г. Казани) / А.В. Никитин, Н.М. Мингазова, Г.А. Юпина // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. № 2 (14). – С. 88–96.
5. Шигапов И.С. Генетическая классификация озер г. Казани / И.С. Шигапов, Н.М. Мингазова, А.Н. Шарифуллин и др. // Журнал экологии и промышленной безопасности. 2010. № 1 (45). – С. 41–44.
6. Никифоров Д.А. Методика калибровки гидравлических моделей рек и водохранилищ / Д.А. Никифоров // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 6-1. – С. 128–134.
7. СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035578> (дата обращения 02.09.2017)
8. Рождественский А.В. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Часть 1. / А.В. Рождественский, А.Г. Лобанова. – Л., Гидрометиздат, 1984. – 447 с.
9. Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики рек бассейна Нижней Волги / под ред. Георгиевского В.Ю. – Ливны: ФГБУ «ГГИ», 2015. – 129 с.
10. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. Изд. ГГИ. – Санкт-Петербург, Нестор-История, 2009. – 193 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Golubeva A.B. Ocenka opasnosti i riskov navodnenij v g. Barnaule (pos. Zaton) [Flood hazard risk assessment in Barnaul City (Zaton settlement)] / A.B. Golubeva, V.A. Zemcov // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta [Tomsk State University Journal]. 2013. №373. – P. 183–188. [in Russian]
2. Mingazova N.M. Inventarizacija i jekologicheskaja pasportizacija vodnyh ob#ektov kak sposob sohraneniya i optimizacii ih sostojaniya [Inventory and environmental passportization of water bodies as a way to preserve and optimize their

condition] / N.M. Mingazova, O.Ju. Derevenskaja, O.V. Palagushkina and others // Astrahanskij vestnik jekologicheskogo obrazovanija [Astrakhan Bulletin for Environmental Education]. 2014. № 2 (28). – P. 37–43. [in Russian]

3. Shaliamova R.P. The contaminating impact of surface water runoff from the MSW landfill on the river Krutovka (through the example of Samosyrovskaya landfill, Kazan, Russia) / R.P. Shaliamova, E.G. Nabeeva, I.S. Shipagov // International journal of applied engineering research. 2015. Vol.10. № 24. – P.44801–44807.

4. Nikitin A.V. Problemy formirovaniya jekologo-prirodnogo karkasa urbanizirovannyh territorij (na primere g. Kazani) [Problems of the formation of the ecological and natural frameworks of urbanized territories (through the example of Kazan)] / A.V. Nikitin, N.M. Mingazova, G.A. Jupina // Izvestija Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta [Kazan State University of Architecture and Engineering news]. 2010. № 2 (14). – P. 88–96.

5. Shigapov I.S. Geneticheskaja klassifikacija ozer g. Kazani [Genetic classification of lakes of Kazan City] / I.S. Shigapov, N.M. Mingazova, A.N. Sharifullin and others // Zhurnal jekologii i promyshlennoj bezopasnosti [Journal of Ecology and Industrial Safety]. 2010. № 1 (45). – P. 41–44. [in Russian]

6. Nikiforov D.A. Metodika kalibrovki gidravlicheskih modelej rek i vodohranilishh [Method of calibration of hydraulic models of rivers and reservoirs] / D.A. Nikiforov // Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2015. vol. 17. № 6-1. – P. 128–134. [in Russian]

7. SP 33-101-2003 Opredelenie osnovnyh raschetnyh gidrologicheskikh harakteristik [Determination of basic calculated hydrological characteristics]. – M.: Gosstroj Rossii, FGUP CPP. 2004. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035578> (accessed: 02.09.2017) [in Russian]

8. Rozhdestvenskij A.V. Posobie po opredeleniju raschetnyh gidrologicheskikh harakteristik. Chast' 1. [Manual for the determination of calculated hydrological characteristics. Part 1.] / A.V. Rozhdestvenskij, A.G. Lobanova. – L., Gidrometizdat, 1984. – 447 p. [in Russian]

9. Nauchno-prikladnoj spravocnik: Osnovnye gidrologicheskie harakteristiki rek bassejna Nizhnej Volgi [Applied science Handbook: Main Hydrological Characteristics of the Lower Volga River Basin] / ed. by Georgievskii V.Ju. – Livny: FGBU «GGI», 2015. – 129 p. [in Russian]

10. Metodicheskie rekomendacii po opredeleniju raschetnyh gidrologicheskikh harakteristik pri otsutstvii dannyh gidrometricheskikh nabljudenij [Methodological recommendations for determining the calculated hydrological characteristics in the absence of hydrometric observations]. Izd. GGI. – Sankt-Peterburg, Nestor-Istorija, 2009. – 193 p. [in Russian]



«Международный научно-исследовательский журнал» включен в систему OpenAIRE.

OpenAIRE — европейская поисковая система по академическим материалам открытого доступа. Один из главнейших репозиториев научной информации в Европейском Союзе. Данная база позволяет увеличить цитируемость Ваших материалов в Европе.



ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERINGDOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.065>Булычева Е.А.¹, Фролков О.А.², Солопов Р.В.³, Сафорзода А.Х.⁴¹ORCID:0000-0003-1620-2291, Магистр,²ORCID: 0000-0002-7717-1161, Директор Инженерного центра,³ORCID: 0000-0002-0882-7278, Кандидат технических наук, доцент, ⁴ORCID: 0000-0003-3754-5242, Аспирант,^{3,4}филиал Национального Исследовательского Университета "Московский энергетический институт" в г. Смоленске**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН****Аннотация**

Приведена характеристика малой энергетики республики Таджикистан. Дано описание методического подхода и модельного инструментария по обоснованию применения возобновляемых источников энергии для децентрализованных потребителей. Объединение и конвертирование альтернативных источников в комплекс альтернативной энергии (КАЭ) позволит существенно улучшить электроснабжение удаленных потребителей, снизить тарифы на электроэнергию, устранить дефицит активной мощности. Оценены рациональные масштабы возобновляемых источников для энергодефицитных районов республики Таджикистан. Показана необходимость использования ветросолнечного комплекса для адекватного обеспечения экологически чистой энергией децентрализованных потребителей Таджикистана.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, распределенная генерация, солнечные батареи, ветрогенератор, альтернативная энергия.

Bulycheva E.A.¹, Frolkov O.A.², Solopov R.V.³, Saforzoda A.Kh.⁴¹ORCID:0000-0003-1620-2291, Master's Degree Student,²ORCID: 0000-0002-7717-1161, Director of the Engineering Centre,³ORCID: 0000-0002-0882-7278, PhD in Engineering, Associate Professor,⁴ORCID: 0000-0003-3754-5242, Postgraduate Student,^{3,4}Branch of the National Research University "Moscow Power Engineering Institute" in Smolensk**PROSPECTS OF USING ALTERNATIVE ENERGY COMPLEXES ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN****Abstract**

The characteristic of small power engineering of the Republic of Tajikistan is given in the article. The description of the methodological approach and model tools for justifying the use of renewable energy sources for decentralized consumers is provided. Combining and converting alternative sources into a complex of alternative energy (CAE) will significantly improve the power supply of remote consumers, reduce electricity tariffs and eliminate the shortage of active capacity. Rational scales of renewable sources for energy-deficient regions of the Republic of Tajikistan are estimated. The necessity of using a wind-sun complex for adequate provision of ecologically clean energy to decentralized consumers of Tajikistan is shown.

Keywords: renewable energy sources, distributed generation, solar batteries, wind generator, alternative energy.

Снижающийся уровень обеспеченности глобальной экономики запасами газа и нефти обозначил тенденцию новой энергетической реальности. В этих условиях сформировался интерес промышленно развитых потребителей к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) – решение энергетической проблемы в условиях всевозрастающей потребности в энергоресурсах [1].

Автономность ВИЭ позволяет снабдить электроэнергией труднодоступные и энергодефицитные районы, объекты временного электроснабжения, сельскохозяйственные, туристические, научно-исследовательские и прочие объекты распределенной генерации. Резервные источники электроснабжения на базе альтернативной энергетики могут эксплуатироваться на объектах здравоохранения, военных и торгово-промышленных комплексах.

По разным обстоятельствам вопросы использования альтернативной энергетики актуальны для всех стран мира. Промышленно развитые страны привлекает энергетическая безопасность, богатые энергоресурсами страны – возможность улучшить экологическую обстановку и завоевать рынки сбыта оборудования. Развивающиеся страны рассматривают ВИЭ как быстрый и относительно дешевый путь к улучшению социально-бытовых условий жизни населения, возможность развития промышленности по экологически приемлемому направлению.

На протяжении многих лет в республике Таджикистан функционировала Объединенная энергосистема Центральной Азии (ОЭС ЦА). За счет импорта энергосистема удовлетворяла 60% потребностей Таджикистана в электроэнергии. Сетевое кольцо распалось в 2009 г. после выхода Узбекистана из ОЭС ЦА, после чего Таджикистан был изолирован от электросетей других стран. Спустя восемь лет в Таджикистане негативно сказываются последствия энергетической дезинтеграции [2].

Долгое время проблемой электроэнергетики Таджикистана являлось отсутствие качественной связи между дефицитным северным и избыточным южным районами страны. Северные и южные части были объединены лишь после строительства и ввода в эксплуатацию высоковольтных линий электропередач 500кВ «Юг – Север» и 220кВ «Хатлон – Лолазор». Распределительная сеть Таджикистана состоит из линий 110-220кВ, система магистральных сетей включает ЛЭП 220кВ и 500кВ. Сохраняются межсистемные связи с Кыргызстаном и Афганистаном (см. рис.1).



Рис. 1 – Электроэнергетическая сеть Таджикистана

Таджикистан почти полностью зависит от гидроэнергии: в 2015 году 98% общей установленной мощности по производству электроэнергии приходилось на ГЭС. Доминирование гидроэлектроэнергии в энергетическом балансе порождает зимний энергодефицит вследствие *недостаточной возможности регулирования речного стока* (лишь Нурекская ГЭС имеет собственное водохранилище, все другие ГЭС – руслового типа [3, С. 105]).

Ограниченность технических возможностей действующих ЛЭП-500кВ не позволяет использовать экспортный потенциал ГЭС Таджикистана в летний период. *В то же время в зимний период 70% населения страны страдает от дефицита электроэнергии. Каждый год по причине ограничения подачи электроэнергии в сельской местности потеря урожая составляет порядка 30%.* Дефицит приводит к экономическим потерям, которые, согласно исследованиям Всемирного банка, ежегодно составляют более \$200 млн. [4, С. 11].

Электростанции ориентированы на энергообеспечение крупных городов и промышленных предприятий, в то время как малые населенные пункты, расположенные среди горных ущелий, слабо обеспечены электроэнергией. Обширный и малонаселенный Мургабский район Бадахшанской области, расположенный на высокогорных возвышенностях между Китаем и Афганистаном, получает даже в летние месяцы минимум электроэнергии от энергосистемы республики.

Правительство Республики Таджикистан приняло ряд законодательных актов по программам общенационального перехода к использованию альтернативных источников энергии. От 1 октября 2016 года постановлением Правительства Республики Таджикистан №392 утверждена «Национальная стратегия развития Республики Таджикистан на период до 2030 года», одной из целей которой является обеспечение доступа к недорогим, устойчивым, надежным и современным источникам малой генерации [5].

Для достижения целей энергетической политики Правительство Таджикистана по объективным причинам отдает приоритетную роль возобновляемым источникам энергии. Планируется продвижение концепции стабильного производства и потребления электроэнергии, создание в сельских районах энергетической инфраструктуры без отрицательного воздействия топливно-энергетической отрасли на окружающую среду [6].

В высокогорных децентрализованных районах Таджикистана, не имеющих электрической связи с энергосистемой, экономически обосновано применение несетевых источников возобновляемой энергии. В качестве автономных источников энергии оправданы солнечные батареи и ветрогенераторы небольших мощностей от 1 до 50 кВт.

Таджикистан полностью входит в «мировой солнечный пояс», однако, несмотря на благоприятные климатические условия, потенциал солнечной энергии в республике промышленно не используется. В Таджикистане 300 солнечных дней в году, интенсивность солнечной радиации в большинстве районов республики достигает 1000 Вт/м^2 , а годовая сумма радиации превышает 2000 кВт/м^2 , солнечный потенциал составляет 25 млрд. кВт·ч/год. Это в два раза больше чем в средней полосе Европы, где использование солнечной энергии носит обширный характер. Рисунки 2-3 отражают среднемесячную инсоляцию четырех крупных городов Таджикистана (по данным исследований NASA) [7].

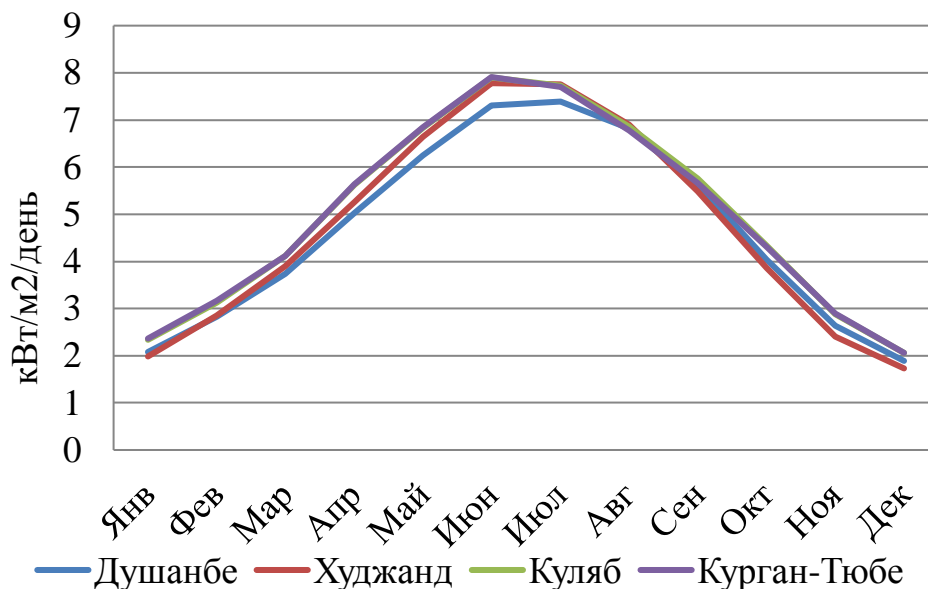


Рис. 2 – Среднемесячная инсоляция на горизонтальной поверхности

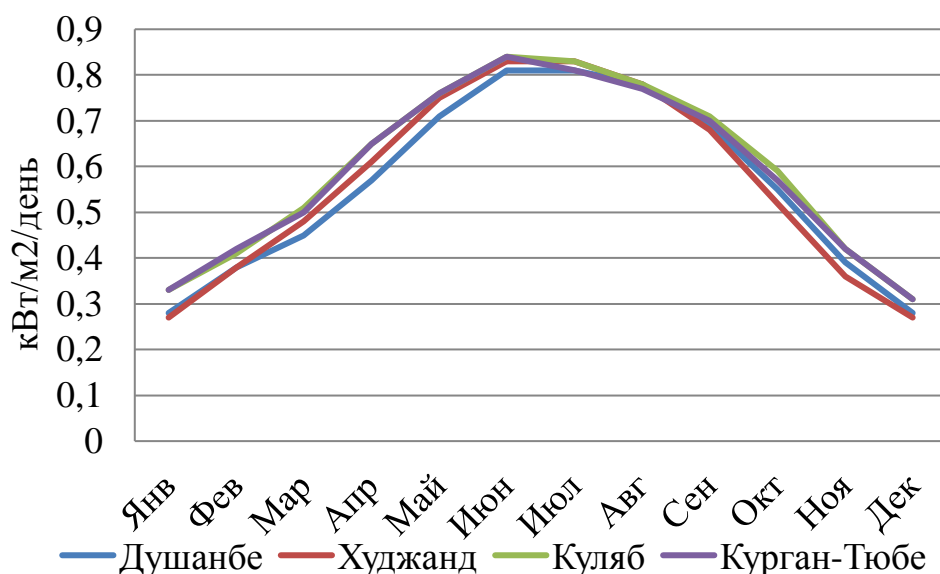


Рис. 3 – Среднемесячная полуденная инсоляция на горизонтальной поверхности

Продолжительность солнечного сияния в условиях высокогорья зависит от экспозиции склонов и степени закрытости горизонта окружающими хребтами: на крутых склонах и в узких долинах число часов солнечного излучения снижается. Весной по сравнению с горизонтальной поверхностью северные склоны крутизной 10° - 30° получают радиацию на 10-20% меньше.

Ветровой потенциал республики составляет 25-150 млрд. кВт·ч/год. Среднегодовая скорость ветра по данным NASA [7] изменяется в пределах от 0,8 до 6,0 м/с. Самые сильные ветры наблюдаются в высокогорных районах с открытой формой рельефа, где орографические факторы способствуют увеличению барических градиентов и приводят к усилению скорости ветра. Среднегодовая скорость ветра в этих районах достигает 5 - 6 м/с, на открытых равнинах и в широких долинах - несколько ниже и составляет 3 - 4 м/с, в предгорьях - до 3 м/с, в замкнутых котловинах и в низинных южных районах не превышает 1 - 2 м/с (см. рис. 4).

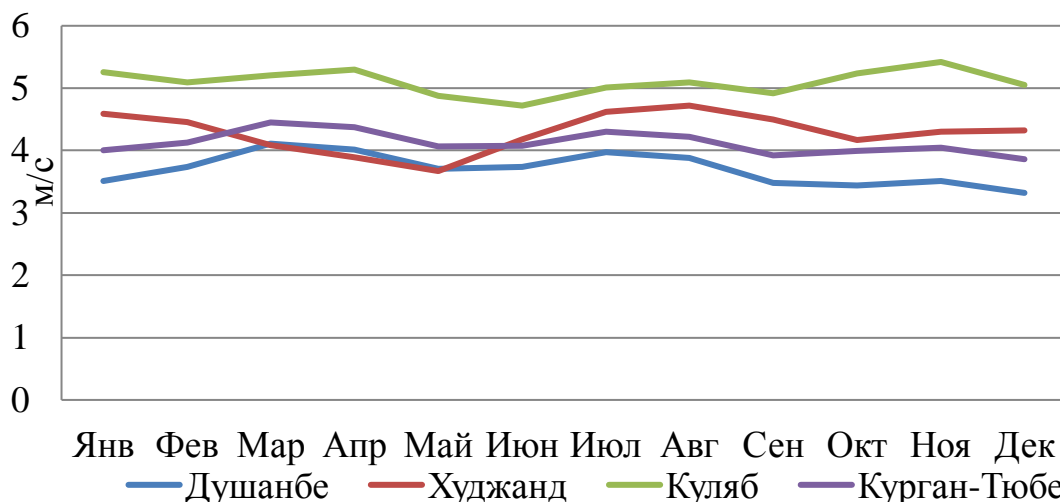


Рис. 4 - Среднемесячная скорость ветра на высоте 10 м над поверхностью земли, м/с

Энергию ветра наиболее целесообразно использовать на территории Файзабадского горного региона, Ферганской долины, Мургабской котловины, а также на горных перевалах Хабуробад, Анзоб и Шахристан.

Представленные результаты свидетельствуют, что Республика Таджикистан обладает большим потенциалом генерации за счет ВИЭ.

Для наиболее выгодного использования возобновляемых источников необходимо их интегрировать в гибридный комплекс альтернативной энергии (КАЭ), который обладает высокой гибкостью и надежностью электроснабжения [8], [9], [10].

Солнечные батареи (СБ) и ветрогенераторная установка (ВГУ) – основные элементы гибридного комплекса, обеспечивающие стабильность поступления электроэнергии в сеть. Блок аккумуляторных батарей (АКБ) является промежуточным накопителем энергии, производимой альтернативными источниками.

Для того чтобы солнечные батареи работали с ВГУ на одном уровне напряжения, они объединяются в параллельные секции с двумя последовательно включенными панелями, обеспечивающими номинальное выходное напряжение 48 В. Для предотвращения взаимного влияния друг на друга модулей СБ их параллельное соединение осуществляется через развязывающие диоды.

В комплект ветрогенератора входит контроллер ВГ FКJ-A, который имеет защиту от переполусовки АКБ, защиту от перегрузки по току (посредством подключения шунтирующей нагрузки). Контроллер автоматически останавливает ветрогенератор при достижении максимального напряжения АКБ. При необходимости можно воспользоваться ручной блокировкой ветрогенератора.

Помимо этого, в составе комплекса имеется контроллер заряда Tristar MPPT-60. Контроллер реализует интеллектуальный алгоритм накопления энергии, который позволяет в каждый момент времени поддерживать уровень заряда аккумуляторов на максимальной мощности солнечных модулей. Это дает заметное повышение показателей генерации по сравнению с обычными контроллерами при одинаковых погодных условиях. Технология TrackStar-MPPT™ отслеживает точку максимальной генерируемой мощности, учитывая постоянно меняющиеся условия освещения, что обеспечивает максимально эффективную работу СБ в течение всего светового дня. В контроллере TriStar-MPPT также оптимизирован процесс заряда АКБ, что увеличивает срок службы АКБ и улучшает работу всей системы. Самодиагностика и электронная защита от ошибок предотвращает повреждения контроллера при ошибках в установке или функционировании системы. Контроллер также имеет восемь регулируемых переключателей настройки, несколько коммуникационных портов, а также терминалы для дистанционного температурного датчика АКБ и сенсора напряжения АКБ.

Управление, сбор, обработку и передачу данных в составе комплекса осуществляет контроллер ПЛК160, имеющий ряд стандартных коммуникационных портов, таких как RS-232, RS-485, USB, Ethernet. Наиболее распространенный протокол передачи данных – Modbus. Он может работать как на уровне последовательных линий RS-232/485, так и через сеть Ethernet. С помощью ПЛК осуществляется слежение за датчиками, предоставление доступа к данным по сети, управление всеми составляющими КАЭ посредством электромагнитных, электронных реле и других исполнительных устройств.

В составе комплекса альтернативной энергии в качестве DC/AC инвертора используется многофункциональный автономный преобразователь напряжения МАП SIN Pro, который позволяет получить на выходе КАЭ переменный ток высокого качества с частотой 50Гц и напряжением 220В. Инвертор способен работать в трех режимах:

1) Увеличение мощности сети за счет энергии АКБ или питание потребителей от АКБ при пропадании сетевого напряжения. В таком режиме преимущество отдается имеющемуся сетевому напряжению, которое используется для питания нагрузки и заряда АКБ. В этом случае инвертор работает как источник бесперебойного питания и стабилизатор сетевого напряжения.

2) "ЭКО" режим: в этом режиме предпочтение отдается источникам альтернативной энергии, а при нехватке их мощности энергия потребляется из сети.

3) Двухтарифный режим: в ночное время предпочтение отдается сети, от которой питается нагрузка и происходит заряд АКБ, в дневное время предпочтение отдается источникам альтернативной энергии с возможностью дополнительного потребления от сети.

Включение в КАЭ дизельного генератора (ДГ) гарантирует бесперебойное электроснабжение в критических ситуациях при разряженном аккумуляторе. В рабочем режиме, когда все составные части комплекса подключены к накопительному аккумулятору, КАЭ готов к подключению нагрузки.

Комплекс альтернативной энергетики представляет систему, состоящую из нескольких возобновляемых источников. Значительное влияние внешних факторов (освещенности, скорости ветра, времени суток и т.п.) требует интеллектуального управления всем комплексом посредством персонального компьютера и специального программного обеспечения. На рис. 5 представлено окно управления, в котором фактически отображена блок-схема КАЭ с основными командами и иконками управления.

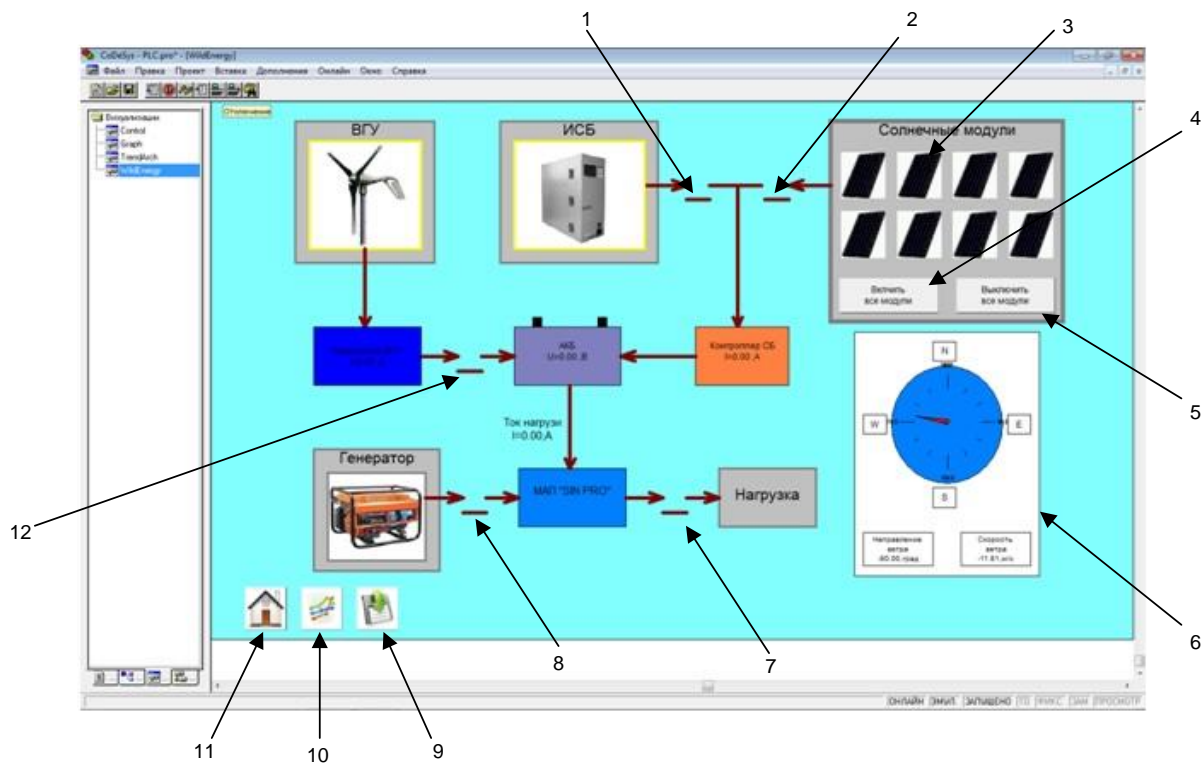


Рис. 5 – Окно управления комплексом:

1 - Автомат включения питания от ИСБ QF2; 2 - Автомат включения питания от СБQF1; 3 - Кнопки включения-отключения солнечных модулей по отдельности; 4 - Кнопка включения всех модулей СБ; 5 - Кнопка выключения всех модулей СБ; 6 - Указатель направления и скорости ветра; 7 - Автомат отключения нагрузки QF6; 8 - Автомат отключения ДГ QF5; 9 - Кнопка перехода в окно архивирования; 10 - Кнопка перехода в окно просмотра графиков и текущих параметров; 11 - Кнопка перехода в окно управления; 12 - Автомат отключения контроллера ВГУ от АКБ QF3

Программный пакет обеспечивает безопасное включение и выключение энергетического комплекса, совместную и раздельную работу его составляющих, контроль и диагностику эксплуатационных режимов, а так же аварийное отключение и переключение генерирующих источников. Включение и выключение комплекса осуществляется поэтапно, при этом состояние его коммутационных узлов отображается на экране монитора центрального компьютера.

В режиме просмотра доступны четыре поля, воспроизводящие графики и текущие параметры режима (см. рис.6), имеется возможность архивировать данные выбранных величин (см. рис.7).

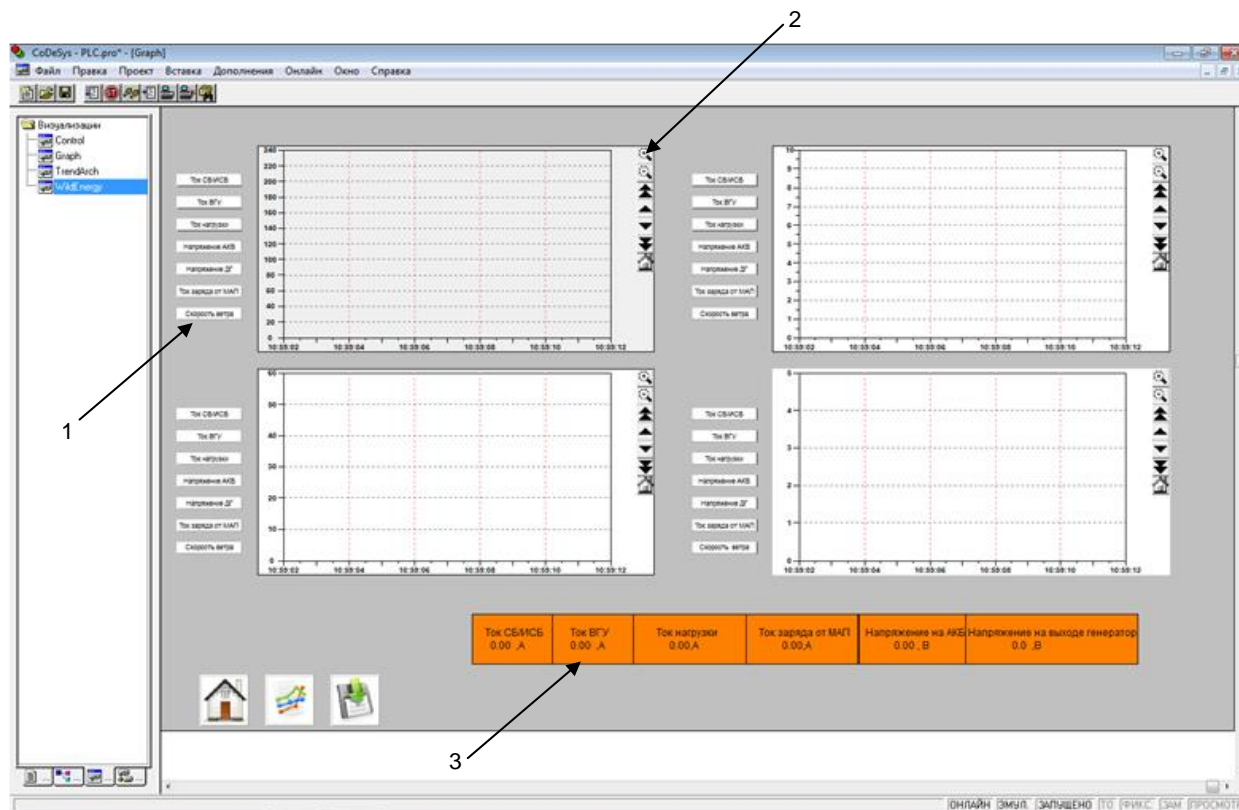


Рис. 6 – Окно просмотра графиков и текущих параметров:

1 – кнопки выбора отображаемых величин; 2 – панель управления просмотром графика; 3 – панель отображения измеренных величин

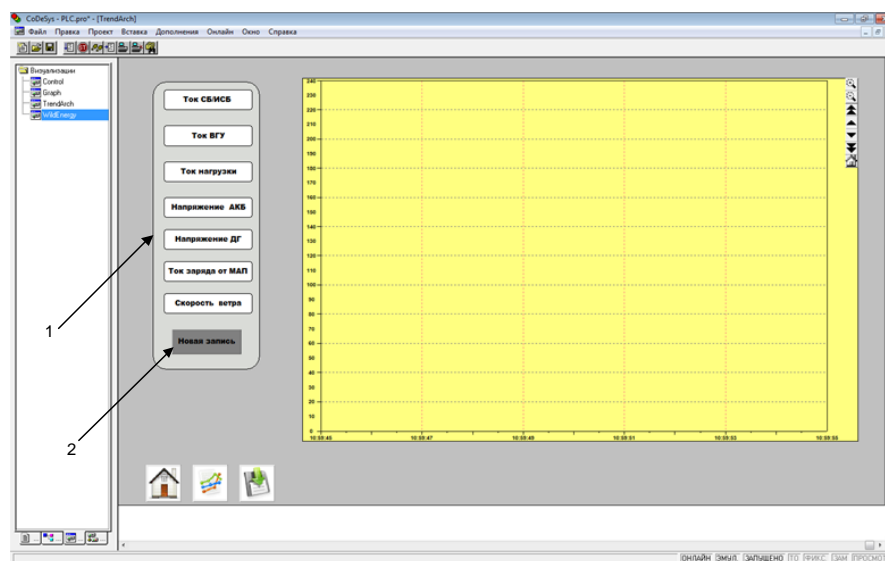


Рис. 7 – Окно архивации данных:

1 – кнопки выбора фиксируемых величин; 2 – кнопка «новая запись»

Использование КАЭ выгодно как для потребителей, так и для энергосистемы в целом. К преимуществам использования относятся:

- непосредственное расположение у потребителя, что приводит к уменьшению электрических потерь в сетях;
- возможность режима параллельной работы с сетью;
- короткие сроки ввода в эксплуатацию;
- модульность, мобильность, масштабируемость;
- обслуживание и ремонт в условиях открытой площадки без значительных материальных и человеческих ресурсов.

Необходимость использования ветросолнечного комплекса в республике Таджикистан подтверждается тем, что многие населенные пункты чрезмерно удалены и не связаны с объединенной энергосистемой. Большая часть населения проживает в сельской местности и адекватное обеспечение экологически чистой энергией является основой стабильного развития сельских и горных районов, залогом рационального использования природных ресурсов.

При отсутствии малых водотоков дефицит электроэнергии может быть компенсирован за счет энергии солнечной радиации и ветровых потоков. Объединение и конвертирование альтернативных источников в комплекс альтернативной энергии (КАЭ) позволит существенно улучшить электроснабжение удаленных потребителей, снизить тарифы на электроэнергию, устранить дефицит активной мощности в осенне-зимнем периоде. Внедрение на территории Таджикистана предлагаемого гибридного КАЭ позволит в дальнейшем детально оценить возможности применения подобных систем с учетом метеорологических и природных особенностей различных областей республики, особенно если реализовать его мобильную версию.

Список литературы / References

1. Родионов В. Г. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего / В.Г. Родионов. – М.:ЭНАС, 2010. – 352 с.
2. Сафорзода А. Х. Характеристика возобновляемых источников энергии республики Таджикистан / А.Х. Сафорзода, Р.В. Солопов // Электроэнергетика, электротехника и теплоэнергетика, математическое моделирование и информационные технологии в производстве: Сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. – 2016. – Т.1. – С. 63-67.
3. Валамат-Заде Т. Энергетика Таджикистана: настоящее и ближайшее будущее / Т.Валамат-Заде // Центральная Азия и Кавказ. – 2008. – №1(55). – С. 104-113.
4. Таджикистан: углубленный обзор энергоэффективности. Секретариат энергетической хартии 2013. – 2013. – 112 с.
5. Республика Таджикистан. Национальная стратегия развития республики Таджикистан на период до 2030 года. – 2016. – 104 с.
6. Министерство энергетики и промышленности Республики Таджикистан [Электронный ресурс] – URL: www.minenergoprom.tj (дата обращения: 07.04.2017).
7. NASA Surface meteorology and Solar Energy [Электронный ресурс] – URL: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov> (дата обращения: 07.04.2017).
8. Лукутин Б. В. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями / Б. В. Лукутин, И. О. Муравлев, И. А. Плотников. – Томск: изд-во Томского политехнического университета. – 2015. – 128 с.
9. Булычева Е. А. Интеллектуальный комплекс альтернативной энергетики / Е. А. Булычева, Е. М. Петухова, О. А. Фролков // Информационные технологии, энергетика и экономика: Сборник трудов XI Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. – 2014. – Т.1. – С. 130-136.
10. Булычева Е. А. Интеллектуальное управление УНЛК как шаг к внедрению возобновляемых источников энергии / Е. А. Булычева, Е. М. Петухова // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Сборник трудов XXI Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. – М.: Издательский дом МЭИ. – 2015. – Т.4. – С. 247.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Rodionov V. G. Jenergetika: problemy nastojashhego i vozmozhnosti budushhego [Energy: the problems of the present and possible future] / V.G.Rodionov. – М.:JeNAS, 2010. – 352 p. [in Russian]
2. Saforzoda A. H. Harakteristika vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии respubliki Tadjikistan [The characteristics of renewable energy sources of the Republic of Tajikistan] / A.H. Saforzoda, R.V. Solopov // Jeletrojenergetika, jeletrotehnika i teplojenergetika, matematicheskoe modelirovanie i informacionnye tehnologii v proizvodstve: Sbornik trudov XIII Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov i aspirantov [Power engineering, electrical power system, mathematical modelling and information technologies in manufacturing: collection of works of the XIII International scientific-technical conference of students and postgraduates]. – 2016. – V.1. – P. 63-67. [in Russian]
3. Valamat-Zade T. Jenergetika Tadjikistana: nastojashhee i blizhajshee budushhee [Energy of Tajikistan: present and future] / T. Valamat-Zade // Central'naja Azija i Kavkaz [Central Asia and the Caucasus]. – 2008. – №1(55). – P. 104-113. [in Russian]
4. Tadjikistan: uglublennyj obzor jenergojeffektivnosti. Sekretariat jenergeticheskoy hartii 2013 [Tajikistan: in-depth review of energy efficiency. The energy Charter Secretariat 2013]. – 2013. – 112 p. [in Russian]
5. Respublika Tadjikistan. Nacional'naja strategija razvitija respubliki Tadjikistan na period do 2030 goda [The Republic of Tajikistan. The national development strategy of the Republic of Tajikistan for the period up to 2030]. – 2016. – 104 p. [in Russian]
6. Ministerstvo jenergetiki i promyshlennosti Respubliki Tadjikistan [The Ministry of energy and industry of the Republic of Tajikistan] [Electronic resource] – URL: www.minenergoprom.tj (accessed: 07.04.2017). [in Russian]
7. NASA Surface meteorology and Solar Energy [Electronic resource] – URL: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov> (accessed: 07.04.2017)
8. Lukutin B. V. Sistemy jelectrosnabzhenija s vetrovymi i solnechnymi jelectrostancijami [Electricity system with wind and solar power plants] / B.V.Lukutin, I.O. Muravlev, I. A. Plotnikov – Tomsk: izd-vo Tomskogo politehnicheskogo universiteta. – 2015. – 128 p. [in Russian]
9. Bulycheva E. A. Intel'ktual'nyj kompleks al'ternativnoj jenergetiki [An intelligent complex of alternative energy] / E. A. Bulycheva, E. M. Petuhova, O. A. Frolov // Informacionnye tehnologii, jenergetika i jekonomika: Sbornik trudov XI Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov i aspirantov [Information technology, energy and the economy: collection of works of the XI International scientific-technical conference of students and postgraduates]. – 2014. – V.1. – P. 130-136. [in Russian]
10. Bulycheva E. A. Intel'ktual'noe upravlenie UNLK kak shag k vnedreniju vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии [Intelligent control UNLC as a step towards the implementation of renewable energy] / E. A. Bulycheva, E. M. Petuhova // Radiojelektроника, jeletrotehnika i jenergetika: Sbornik trudov XXI Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov i aspirantov [Electronics, electrical and power engineering: collection of works of the XXI International scientific-technical conference of students and postgraduates]. – М.: Izdatel'skij dom MJEI. – 2015. – V.4. – P. 247. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.028>Каргина Н.А.¹, Фомин В.Н.²¹ORCID: 0000-0003-1744-8437, Кандидат технических наук,

Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева, Караганда, Казахстан

²ORCID: 0000-0002-2182-2885, Кандидат химических наук,

Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, Казахстан

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ОКСИДА МАГНИЯ ИЗ ХРОМАТНОГО ШЛАМА С ПРИМЕНЕНИЕМ СУЛЬФАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ**Аннотация**

Изучена возможность извлечения оксида магния из токсичного отхода производства солей хрома - хроматного шлама гидрохимическим методом с использованием сульфаминовой кислоты. В исследованиях применен метод вероятностно-детерминированного планирования эксперимента, разработанный в Химико-металлургическом институте г. Караганды. Найдены математические модели извлечения оксида магния в продукты выщелачивания хроматного шлама. Определены оптимальные условия процесса выщелачивания. Предложенный метод к решению задачи извлечения магния из отходов производства соединений хрома с использованием нетоксичного выщелачивающего реагента – сульфаминовой кислоты является новым.

Ключевые слова: хроматный шлам, выщелачивание, сульфаминовая кислота, восстановление хрома, извлечение магния.

Kargina N.A.¹, Fomin V.N.²¹ORCID: 0000-0003-1744-8437, PhD in Engineering,

Chemical-Metallurgical Institute named after Zh. Abisheva, Karaganda, Kazakhstan

²ORCID: 0000-0002-2182-2885, PhD in Chemistry,

Karaganda State University named after E.A. Buketova, Kazakhstan

EXTRACTING MAGNESIUM OXIDE FROM CHROMATE MUD WITH THE APPLICATION OF SULFAMINE ACID**Abstract**

The possibility of extracting magnesium oxide from the toxic waste of the production of chromate salts, chromate mud, by means of the hydro-chemical method using sulfamic acid was studied. The method of probabilistic and deterministic planning of the experiment, developed at the Chemical-Metallurgical Institute of the city of Karaganda, was applied in the study. Mathematical models of extracting magnesium oxide in chromate mud into leaching products are found. The most efficient conditions for the leaching process are determined. The proposed method for solving the problem of magnesium extraction from waste products of chromium compounds using a non-toxic leaching reagent, sulfamic acid, is a new one.

Keywords: chromate mud, leaching, sulfamic acid, chromium recovery, magnesium extraction.

Токсичные отходы переработки хромитовых руд, миллионы тонн которых складываются в шламонакопителях, содержат от 30 до 40% оксида магния, который практически не используется, хотя на его основе вполне возможно производить многие виды товарной продукции, которые являются на рынке очень востребованными [1, С. 79].

Несмотря на большое количество исследований, задача утилизации хроматного шлама нигде в мире не решена, что обусловило закрытие производства в ряде развитых стран Европы и Японии [2, С. 20]. Все, предлагаемые ранее способы утилизации данного отхода были направлены в основном на нейтрализацию токсичности шлама, содержащего шестивалентный хром, текущего производства, не решая эту проблему для ранее накопленных отходов [3, С. 59], [4, С. 128]. Кроме того, большинство предлагаемых решений, предлагаемых в патентах [5], [6], [7], [8], [9], [10] ориентировалось на высокотемпературные технологии [5], [6], [7] с применением достаточно агрессивных реагентов, таких как минеральные кислоты [8], [9], [10] и сульфидсодержащие материалы [8], [9], [10]. Так в способе [10] предложено перерабатывать шлам с получением хромсодержащего концентрата и обогащенного магнием раствора. Однако данный процесс осуществляется в автоклаве при температуре 110-160⁰С с использованием агрессивной серной кислоты. Разработанный учеными Уральского научно-исследовательского уральского химического института (УНИХИМ, АЗХС) метод извлечения оксида магния из хроматного шлама ОАО «Русский хром» в виде бикарбоната магния [11], так и не был реализован. Описанная в работе [12, С. 115] солянокислотная технология получения металлического магния из рассматриваемого техногенного сырья также не была реализована.

В настоящей статье рассмотрена возможность извлечения оксида магния из хроматного шлама Актюбинского завода хромовых соединений, содержащего 31,2% оксида магния, с использованием сульфаминовой кислоты. Выбор сульфаминовой кислоты был обусловлен ее малой токсичностью хорошей растворимостью сульфаматов многих металлов, низкой коррозионной активностью, а также возможностью проведения процесса выщелачивания при обычной температуре в реакторах без кислотоупорной футеровки.

Изучение процесса выщелачивания оксида магния проводили с использованием метода вероятностно-детерминированного планирования эксперимента в модифицированном варианте [13]. Использовали пятифакторный план эксперимента (табл. 1). Варьируемыми факторами являлись: расход сульфаминовой кислоты ($m_{ск}$, г/г шлама), время выщелачивания (τ , мин), отношение жидкого к твердому (Ж:Т, G). Навеска хроматного шлама оставалась постоянной и составляла 5 г. Контролируемыми показателями являлись: выход кека (β ,%) и извлечение оксида магния в раствор (ε_{MgOp}) (табл. 2).

Таблица 1 – Факторы и их уровни

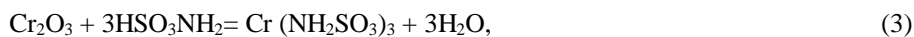
Факторы	Уровни факторов				
	1	2	3	4	4
Расход сульфаминовой кислоты, $m_{СК}$, г	1	2	3	4	5
Продолжительность процесса τ , мин	15	30	60	120	180
Соотношение Ж:Т, G	5	10	15	20	25
Расход сульфита натрия, $m_{Na_2SO_3}$, г	0	1	2	4	6
Вакантный фактор 1 (ВФ ₁)	1	2	3	4	5
Вакантный фактор 2 (ВФ ₂)	1	2	3	4	5

Извлечение оксида магния в кек (ε_{MgOk}) и в раствор (ε_{MgOp}) определяли следующим образом:

$$\varepsilon_{MgOk} = \frac{\beta_{к.} \cdot MgO_{к.}}{MgO_{ит}}, \quad (1)$$

$$\varepsilon_{MgOp} = 100 - \varepsilon_{к.} \quad (2)$$

При взаимодействии с сульфаминовой кислотой компоненты шлама растворяются с образованием солей сульфаминовой кислоты - сульфаматов:

Таблица 2 – План эксперимента. Результаты опытов ($\beta_{кз}$, $\varepsilon_{MgOpз}$) и расчётов ($\beta_{кт}$, $\varepsilon_{MgOpт}$); R – коэффициент корреляции, t_R – его значимость

№ опыта	$m_{СК}$ г	τ , мин	G	ВФ ₁	ВФ ₂	$\beta_{кз}$, %	$\beta_{кт}$, %	$\varepsilon_{MgOpз}$, %	$\varepsilon_{MgOpт}$ %
1	1	15	5	1	1	89,84	99,72	54,44	49,58
2	1	30	10	2	2	82,5	89,80	50,7	53,88
3	1	60	15	3	3	71,45	79,89	72,85	61,98
4	1	120	20	4	4	85,42	75,14	77,91	74,16
5	1	180	25	5	5	82,22	71,89	78,13	82,45
6	2	15	10	4	5	56,08	52,73	64,11	59,42
7	2	30	15	5	1	54,22	48,71	67,46	62,36
8	2	60	20	1	2	49,55	45,81	75,19	68,53
9	2	120	25	2	3	49,88	43,33	77,59	80,86
10	2	180	5	3	4	58,63	55,06	80,55	87,22
11	3	15	15	2	4	29,2	25,18	70,95	73,72
12	3	30	20	3	5	29,14	23,58	77,07	78,19
13	3	60	25	4	1	27,85	22,48	83,85	82,01
14	3	120	5	5	2	28,27	28,26	88,93	87,99
15	3	180	10	1	3	35,62	25,17	91,63	91,84
16	4	15	20	5	3	28,18	17,02	77,95	84,98
17	4	30	25	1	4	21,47	16,17	84,68	86,26
18	4	60	5	2	5	29,22	20,32	88,92	88,55
19	4	120	10	3	1	23,79	17,96	78,56	80,36
20	4	180	15	4	2	19,38	16,64	83,64	81,66
21	5	15	25	3	2	16,42	13,95	79,99	82,06
22	5	30	5	4	3	23,41	17,54	74,74	74,88
23	5	60	10	5	4	17,47	15,44	78,1	77,24
24	5	120	15	1	5	16,75	14,31	78,79	77,65
25	5	180	20	2	1	12,80	12,56	79,93	78,04
R						0,9602		0,9387	
t_R						58,7632		35,3283	

Обработка полученных экспериментальных данных состояла в вычислении среднего арифметического названных выборок. При выполнении этой операции предполагалось, что в процессе усреднения выбранных групп чисел, вклады всех факторов, за исключением одного рассматриваемого, будут нейтрализоваться с нахождением зависимости только одного фактора, именуемой частной зависимостью. Полученные частные зависимости исследуемых факторов далее были описаны алгебраическими уравнениями (5) – (8) и графически представлены на рис.1. Приведенные на рисунке точки - данные эксперимента, линии – результаты расчета. Извлечение оксида магния в раствор, ε_{MgOp} :

$$\ln \varepsilon_{MgOp1} = 2,6509 + 6,4742 \cdot 10^{-1} \ln m_{CK}, \quad (5)$$

$$\ln \varepsilon_{MgOp2} = 3,5449 + 1,5164 \cdot 10^{-1} \ln \tau, \quad (6)$$

$$\ln \varepsilon_{MgOp3} = 4,9857 - 3,0134 \cdot 10^{-1} \ln G. \quad (7)$$

$$\ln \varepsilon_{MgOp} = 2,7669 + 6,4742 \cdot 10^{-1} \ln m_{CK} + 1,5164 \cdot 10^{-1} \ln \tau - 3,0134 \cdot 10^{-1} \ln G. \quad (8)$$

Установлено, что заметное воздействие на процесс выщелачивания в исследуемом диапазоне варьируемых факторов оказывает расход сульфаминовой кислоты. Извлечение оксида магния в раствор возрастает с увеличением расхода сульфаминовой кислоты, что свидетельствует о более полном протекании процесса растворения. Продолжительность процесса также ведет к более интенсивному переходу магния в раствор, тогда как сильное разбавление, наоборот, несколько снижает его содержание.

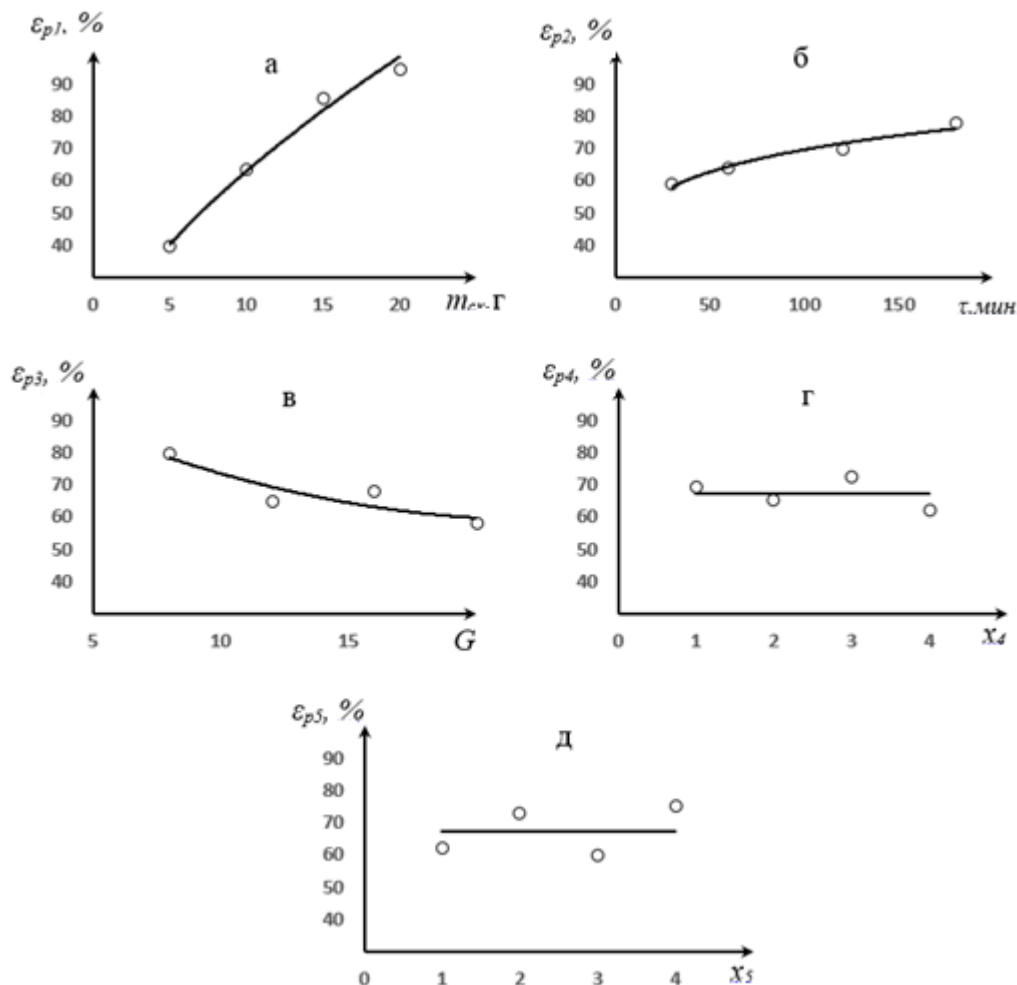


Рис. 1 – Частные зависимости извлечения оксида магния в раствор (ε_{MgOp}) а – от массы сульфаминовой кислоты (m_{CK} , г); б – от времени (τ , мин); в – от соотношения жидкого к твердому (Ж:Т, G), г, д – вакантные факторы

С целью исключения возможности превышения физического предела (100%) при расчете по многофакторному уравнению полученные частные зависимости (5 - 8) были обработаны с использованием экспоненты. Полученные зависимости имеют вид:

$$\ln(\ln 100 - \ln \varepsilon) = 2,1863 - 1,2885 \ln m_{CK}, \quad (9)$$

$$\ln(\ln 100 - \ln \varepsilon) = -6,1076 \cdot 10^{-1} - 7,2923 \cdot 10^{-1} \ln \tau, \quad (10)$$

$$\ln(\ln 100 - \ln \varepsilon) = -2,5797 + 7,20595 \cdot 10^{-1} \ln G. \quad (11)$$

После потенцирования (13-15) найдем:

$$\varepsilon_1 = 100 \exp(8,9022 \cdot m_{CK}^{-1,2885}), \quad (12)$$

$$\varepsilon_2 = 100 \exp(5,4294 \cdot 10^{-1} \cdot \tau^{-0,72923}), \quad (13)$$

$$\varepsilon_3 = 100 \exp (7,5791 \cdot 10^{-2} \cdot G^{0,7206}). \quad (14)$$

Многофакторное уравнение получим путем сложения функций (12) – (14) и вычитания из суммы величины общего среднего арифметического значения всех опытов, умноженного на 2 (количество объединяемых функций, уменьшенное на 1):

$$\ln(\ln 100 - \ln \varepsilon)_{cp} = -1,1044, \\ \ln(\ln 100 - \ln \varepsilon) = 1,4984 - 1,2885 \ln m_{ck} - 7,2923 \cdot 10^{-1} \ln \tau + 7,20595 \cdot 10^{-1} \ln G. \quad (16)$$

После потенцирования будем иметь:

$$\varepsilon = 100 \exp (4,4745 \cdot m_{ck}^{-1,2885} \cdot \tau^{-0,72923} \cdot G^{0,7206}). \quad (15)$$

Оптимальные условия протекания процесса выщелачивания определяли с помощью полученного многофакторного уравнения (15), на основании которого была рассчитана табличная номограмма (табл. 3). Табличная номограмма позволяет определять не какое-то одно, а целое пространство оптимальных условий. Выделенные значения образуют определенные площади в многофакторном пространстве, по величине которых можно судить о предпочтительности тех или иных комбинаций факторов. На этом основании можно утверждать, что условия, относящиеся к наибольшим площадям выделенных областей, соответствуют оптимальным значениям варьируемых факторов.

Таблица 3 – Выдержки из табличной номограммы. Извлечение оксида магния в раствор (ε_{MgO} , %) при варьировании расхода сульфаминовой кислоты (m_{ck} , г), времени (τ , мин), отношения жидкого к твердому (G)

№	m_{ck} г	τ , мин	G	ε_{MgO}	ε_{MgO}	ε_{MgO}	ε_{MgO}
				$G=8$	$G=12$	$G=16$	$G=20$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	4	30	8	88,8879	85,4049	82,3569	79,6149
2	4	30	12	85,4049	77,1070	77,1070	73,6882
3	4	30	16	82,3569	77,1070	72,6249	68,6835
4	4	30	20	79,6149	68,6835	68,6835	64,3269
5	4	60	8	93,1409	90,9219	88,9504	87,1519
6	4	60	12	90,9219	85,4854	85,4854	83,1784
7	4	60	16	88,9504	85,4854	82,4523	79,7233
8	4	60	20	87,1519	79,7233	79,7233	76,6332
9	4	120	8	95,8042	94,4208	93,1804	92,0393
10	4	120	12	94,4208	90,9736	90,9736	89,4846
11	4	120	16	93,1804	90,9736	89,0126	87,2235
12	4	120	20	92,0393	87,2235	87,2235	85,1681
13	4	180	8	96,8612	95,8186	94,8804	94,0146
14	4	180	12	95,8186	93,2034	93,2034	92,0660
15	4	180	16	94,8804	93,2034	91,7044	90,3295

Оптимальные параметры процесса выщелачивания хроматного шлама сульфаминовой кислотой, составляют: Расход сульфаминовой кислоты 4:1, время 180 минут, Ж:Т – 8-12. При этих условиях извлечение оксида магния в раствор составляет 96,80% (табл. 2), что свидетельствует о возможности применения сульфаминовой кислоты для выщелачивания MgO из хроматного шлама и дальнейшего получения товарной продукции на его основе.

Таким образом с применением метода вероятностно-детерминированного планирования эксперимента в модифицированном варианте был изучен процесс извлечения оксида магния из хроматного шлама с использованием сульфаминовой кислоты. Были найдены математические модели процесса и установлены его оптимальные параметры.

Список литературы / References

1. Сарсенов А.М., Кабиева А, Амерханова Ш. Проблемы увеличения комплексности использования сырья при переработке хромитовых руд // Промышленность Казахстана, 2012. – №4 (73). - С.79-82.
2. Плышевский Ю.С., Гаркунова Н.В., Ткачев К.В. О переработке некоторых техногенных отходов // Тр. УНИХИМ-Вып.72, Екатеринбург, - 2005. - С.20-25 // http://unichim.ru/back/tmp_file/820363491.pdf.
3. Рябин В.А., Попильский М.Я., Солошенко А.А. и др. Современные технологии переработки хромовых руд, нейтрализации и утилизации токсичных отходов // Сб. науч.-техн. конф. по переработке техногенных образований Техноген-97, Екатеринбург. - С. 59-61.
4. Авербух Т.Д., Павлов П.Г. Технология соединений хрома. Л.: Химия, 1967. - 376 С.
5. Пат. 2096511РФ. Способ получения водонерастворимых соединений хрома / Джузеппе Бруцоне, Диего Перроне и др. Оpubл. 20.11.97.
6. А.с. 975580 СССР. Способ переработки хроматных шламов / Середя Б.П., Пономарева И.М., Портнягина Э.В. и др. Оpubл. 23.11.82.
7. Патент 29596 Украины. Способ обезвреживания шламов хроматного производства / Каримов Н.Х., Охотникова Н.А., Котенко П.Г. и др. Оpubл. 15.11.2000, бюл. №6.

8. Пат. 2083497 РФ. Способ переработки шлама хроматного производства / Серeda Б.П., Демидова О.В., Попов Б.А. и др. Опубл. 10.07.97.
9. Патент 2281249 РФ. Способ переработки шлама хроматного производства / Пышевский Ю.С., Гаркунова Н.В. и др. Опубл. 10.08.06.
10. А.с. 969674 СССР. Способ переработки хроматных шламов / Серeda Б.П., Пономарева И.М., Рябин В.А. и др. Опубл. 30.10.82.
11. Пат. 24764 РК. Способ переработки шлама хроматного производства /Жарменов А.А., Тельбаев С.А., Еденбаев С.С. и др.; опубл. 17.10.2011, бюл. №10.
12. Сарсенов А. М. Рациональное использование минерального сырья при переработке хромитовых руд / А. М. Сарсенов, М. Т. Жугинисов, С. М. Базарбаева // Вестник ТарГУ имени М. Х. Дулати "Природопользование и проблемы антропоферы". – 2010. - №1. – С. 112 - 119.
13. Беляев С.В., Малышев В.П. Пути развития вероятностно-детерминированного планирования эксперимента // Комплексная переработка минерального сырья Казахстана. Состояние, проблемы, решения. В 10-ти т. Алматы, 2008, т.9: Информационные технологии в минерально-сырьевом комплексе. Глава 8. – С.599-633.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Sarsenov A.M. Problemy uvelicheniya kompleksnosti ispol'zovaniya syr'ja pri pererabotke hromitovyh rud [Problems of increasing the complexity of the use of raw materials during the processing of chromite ores] / A.M. Sarsenov, A. Kabieva, Sh. Amerkhanova // Promyshlennost' Kazakhstana [Industry of Kazakhstan]. - 2012. - №4 (73). - P. 79 - 82. [in Russian]
2. Plyshevsky Yu.S. O pererabotke nekotoryh tehnogennyh othodov [On the Processing of Some Technogenic Waste] / Yu.S. Plyshevsky, N.V. Garkunova, K.V. Tkachev // Tr. UNIHIM-Vyp.72, Ekaterinburg [Proceedings of the JSC «UNICHIM & EP-Issue 72, Ekaterinburg]. – 2005. P. 20-25. - URL:// http://unichim.ru/back/tmp_file/820363491.pdf [in Russian]
3. Ryabin V.A. Sovremennye tehnologi pererabotki hromovyh rud, nejtralizacii i utilizacii toksichnyh othodov [Modern technologies of processing chromium ores, neutralization and utilization of toxic waste products] / V.A. Ryabin, M.Ya.Popilsky, A.A.Soloshenko // Sb. nauch.-tehn. konf. po pererabotke tehnogennyh obrazovaniy Technogen-97, Ekaterinburg [Collection of scientific and technical conference on the processing of technogenic formations Technogen-97, Ekaterinburg]. – P.59 – 61. [in Russian]
4. Averbukh T.D., Tehnologija soedinenij hroma [Technology of chromium compounds] / T.D. Averbukh, P.G. Pavlov.- L.: Himija [L.: Chemistry], 1967. - 376 p. [in Russian]
5. Pat. of the RF 2096511. Sposob poluchenija vodonerastvorimyh soedinenij hroma [A method for the preparation of water-insoluble compounds of chromium] / Giuseppe Brucone, Diego Perronet and others.- publ. 10.11.97. [in Russian]
6. Certificate of authorship 975580 of the USSR. Sposob pererabotki hromatnyh shlamov [Method of processing chromate slimes] / B.P. Sereda, I.M. Ponomareva, E.V. Portnyagina and others.- publ. 23.11.82. Bul. No 6. [in Russian]
7. Patent 29596 of Ukraine. Sposob obezvrezhivaniya shlamov hromatnogo proizvodstva [Method for neutralizing slimes of chromate production] / N.Kh. Karimov, N.A. Okhotnikova, P.G. Kotenko, and others. - Publ. 15.11.2000, Bul. No 6. [in Russian]
8. Pat. 2083497 of the RF. Sposob pererabotki shlama hromatnogo proizvodstva [A method for processing slime of chromate production] / B.P. Sereda, O.V. Demidova, B.A. Popov and others. - Publ.10.07.97. [in Russian]
9. Pat. 2281249 of the RF. Sposob pererabotki shlama hromatnogo proizvodstva [A method for processing slime of chromate production] / Yu.S. Pyshevsky, N.V. Garkunova and others. – Publ. 10.08.06. [in Russian]
10. Certificate of authorship 969674 of the USSR. Sposob pererabotki hromatnyh shlamov [Method of processing chromate slimes] / B.P. Sereda, I.M. Ponomareva, V.A. Ryabin and others. – Publ. 30.10.82. [in Russian]
11. Pat. 24764 of RK. Sposob pererabotki shlama hromatnogo proizvodstva [Method of processing slime chromate production] / A.A. Zharmenov, Telbaev S.A., S.S. Edenbaev and others. – Publ. 10.17.2011, Bul. №10. [in Russian]
12. Sarsenov A.M. Racional'noe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ja pri pererabotke hromitovyh rud [Rational use of mineral raw materials during // Vestnik TarGU imeni M. H. Dulati "Prirodopol'zovanie i problemy antroposfery"]processing of chromite ores [Bulletin of the Tarzhu State University named after M. Kh. Dulati "Nature management and problems of the anthroposphere"]. – 2010. - №1. P. 112-119.
13. Belyaev S.V., Puti razvitiya veroyatnostno-determinirovannogo planirovaniya jeksperimenta [Ways of development of probabilistic-deterministic planning of experiment] / S .V. Belyaev, V.P. Malyshev // Kompleksnaja pererabotka mineral'nogo syr'ja Kazakhstana. Sostojanie, problemy, reshenija. V 10-ti t [Complex processing of mineral raw materials in Kazakhstan. Status, problems, solutions. In 10 volumes, Almaty]. – 2010. V.9.: Informacionnye tehnologii v mineral'no-syr'evom komplekse [Information technologies in the mineral and raw materials complex]. – Chapter 8. – P. 599-633. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.079>

Левкин Ю.С.

Соискатель, Тольяттинский государственный университет ТГУ

ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮРНОЙ НОМОГРАММЫ НА БАЗЕ ТЕОРЕМЫ СОВМЕЩЕНИЯ**Аннотация**

При помощи эпюрной номограммы, используя закономерности начертательной геометрии, получена технологическая карта, использование которой, может служить основой без аварийной работы химической установки. Сущность такого способа заключается в поддержании структуры двухфазного потока, при котором значения экспериментальных параметров находятся в оптимальной без аварий зоне. Построение такой номограммы может являться примером графической иллюстрации, при помощи которой возможно аналитическое подтверждение правильности проведения эксперимента. Новизна построения номограммы, базируется на авторской теореме соответствия. Курсивом выделена новизна, претендующая на право актуальности, выбранной тематики. В работе использовались дополнительные геометрические пояснения, каждое из которых сопровождалось графическим анализом. Генезис графических форм является носителем параметровых изменений, характеризующих физические нюансы течения эксперимента.

Ключевые слова: эпюрная номограмма; начертательная геометрия; двухфазный поток; графический анализ; точечный замер.

Levkin Yu.S.

External Doctorate Student, Togliatti State University

CONSTRUCTION OF THE EPURE NOMOGRAM ON THE BASIS OF THE SUPERIMPOSING THEOREM**Abstract**

A technological map is obtained with the help of an epure nomogram and the patterns of descriptive geometry, the application of which can be used as the basis without the emergency operation of the chemical installation. The essence of this method consists in maintaining the structure of a two-phase flow, where the values of the experimental parameters are in the best zone without accidents. The construction of such a nomogram can be used as an example of a graphic illustration, which enables the provision of an analytical confirmation of the experiment's accuracy. The novelty of the monogram construction is based on the author's superimposing theorem. The novelty is marked with italics, claiming the right of the chosen topic's relevance. Additional geometric explanations are used in the work; each of them is accompanied by graphic analysis. The genesis of graphical forms is the bearer of the parametric changes that characterize physical nuances of the experiment's flow.

Keywords: epure nomogram; descriptive geometry; two-phase flow; graphical analysis; spot measurement.

Постоянная конкуренция двух математических направлений существовала всегда, а с развитием компьютерных возможностей становится ещё актуальнее. Бурное развитие аналитического направления вполне оправданно при весьма громоздком графическом исполнении математических задач, до появления компьютерной графики. В период компьютерных технологий графическое направление становится весьма перспективным, т.к. имеет ряд преимуществ, таких как простота и наглядность восприятия [3, С. 255], [11, С. 111–116].

Наличие трёх и более зависимых между собой параметров способствует графическому выполнению компьютерной программы AutoCAD, Компас и др. [10, С. 110–113].

Номография от слова *nomos* – закон является разделом математики, объединяющий теорию и практические методы построения номограмм – специальных чертежей, являющихся изображениями функциональных и аргументальных зависимостей [8, С. 4].

Во многих отраслях народного хозяйства, как машиностроение, медицина, химическая промышленность и т.д. широкое применение получило использование номографии [9, С. 12].

В настоящей работе представлено новое направление применения многомерных ячеечных эпюрных проекционно - октантовых номограмм, на базе восьми октантовой модели применяемой в начертательной геометрии, которая предусматривает проекционную межоктантовую связь проекций точек в разных октантовых ячейках [1], [2].

В зависимости от числа абстрактных осей (X , Y , Z) с их иррациональным продолжением ($-X$, $-Y$, $-Z$), строится параметрическая модель, где эти оси трансформируются в конкретные физические величины ($X - Q_r$), ($Y - Q_b$), ($Z - \omega_r$) и т.д. Даже фотографии не всегда улавливают начало изменений в экспериментальных процессах [6, С. 116–118], [7, С. 80].

Построение таких номограмм основано на материале и закономерностях начертательной геометрии, превращая их в живые материальные параметрические зависимости, где изменения конфигураций геометрических образов, изменяя физический смысл проводимого эксперимента. Аксонометрия, как и все геометрические построения, в сфере начертательной геометрии, получившие параметральное начало, превращаются в ячейчную номограмму, которая занимает одно из восьми октантов. Смежные октанты, имеющие две общих параметральных оси, связаны проекционной связью и представляют практический интерес. Параметральная связь должна находиться в одной физической системе единиц.

Получение исчерпывающей информации, от экспериментальных исследований, предпочтительно благодаря эпюрных октантовых многомерных номограмм. Использование проекционной межоктантовой связи повышает значимость самого эксперимента [4, С. 69–74].

Предлагается с помощью трёх осей в изометрической проекции построить эпюрную пространственную номограмму, зависимости влияния расходящихся характеристик двух фаз (Q_r и Q_b) от живых сечений (ω_r и ω_b). Очень просто было бы построить зависимость (Q_r от ω_r) или (Q_b от ω_b), однако такие характеристики соответствовали бы только жидкостной или только газовой фазам. Двухфазный поток это физически структурный процесс, и его рассмотрение возможно только в рамках этой структуры.

Для этой цели используем ось аппликат как функциональную, результирующую и перенесём на неё значения сразу двух параметров живых сечений жидкости и газа $\omega_{гв}$. Удобство использования одной оси связано с тем, что значения жидкой фазы плавно переходят в значения газовой фазы, а параметр $\omega_{гв} = 40$ (мм^2) является переходным числом из жидкой в газовую фазу, при этом живое сечение $\omega_{гв} = 40$ (мм^2) – это место раздела фаз, которое может иметь как жидкая, так и газообразная фазы. Оси абсцисс и ординат будут носителями расходов жидкости и газа ($Q_{г}$ и $Q_{в}$).

Геометрический анализ рис. 1.

Преобразуем точки периметра кривых, цилиндрической горизонтально проецирующей поверхности, с помощью буквенной фиксации рис. 1. [5, С. 89].

На горизонтальной плоскости, заданной осями ($Q_{г}$ и $Q_{в}$), по табличным данным построена расходная кривая, которая является более удобной для геометрического чтения рис. 1. [5, С. 88].

Значения функций или значения живых сечений можно получить как на фронтальной плоскости для жидкой фазы, так и для газовой фазы на профильной плоскости.

1. На горизонтальной плоскости кривая будет обозначена малыми буквами (a, b, c, d, e). Эту кривую можно считать направляющей цилиндрической поверхности или горизонтальной проекцией.

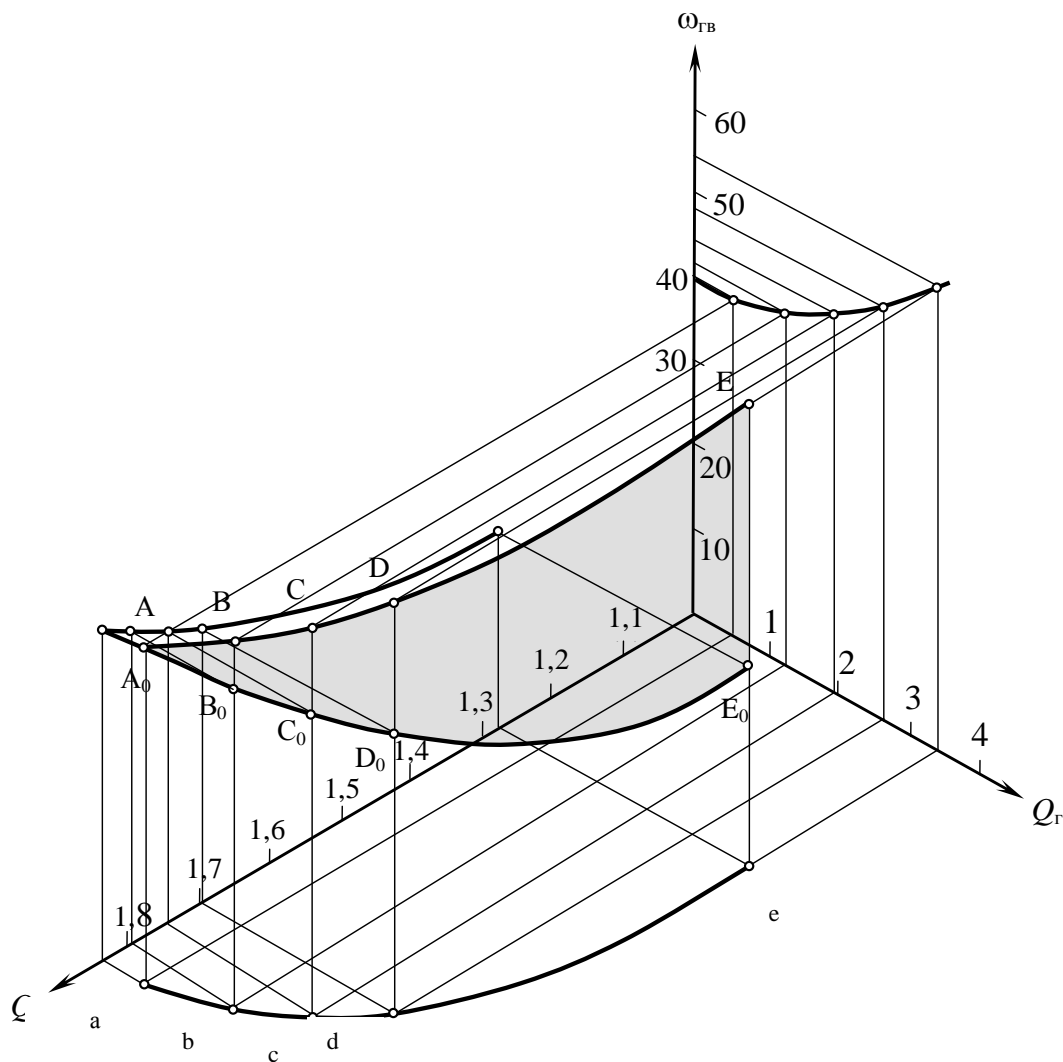


Рис. 1 – Зависимость изменения живых сечений обеих фаз по расходным характеристикам двухфазного потока ($\omega_{г}$, $Q_{г}$) и ($\omega_{в}$, $Q_{в}$)

2. Изометрические проекции живых сечений жидкой фазы номограммы обозначим прописными буквами с индексом 0 – (A_0, B_0, C_0, D_0, E_0).

3. Изометрические проекции живых сечений газовой фазы номограммы обозначим прописными буквами (A, B, C, D, E).

Направляющие кривые горизонтально-проецирующей цилиндрической поверхности (A_0, B_0, C_0, D_0, E_0) и (A, B, C, D, E) представлены

в виде определителей живых сечений обеих фаз. Линии связи (перпендикуляры), исходящие из этих точек, пересекая (A_0, A); (B_0, B); (C_0, C); (D_0, D); (E_0, E) являются образующими этой поверхности. При этом отрезки прямых (A_0, A ; B_0, B и т.д.) своими концами фиксируют живые сечения обеих фаз.

На рис. 1. представлена номограмма, с помощью которой можно определить зависимость, в которой находятся четыре исследуемых параметра ($Q_{г}$, $Q_{в}$, $\omega_{г}$ и $\omega_{в}$). Такой выбор служит наглядной информацией проходящих процессов в двухфазных потоках. Помимо расходов в расчётах встречаются и другие параметры, такие как скорости фаз, которые функционально зависят от живых сечений.

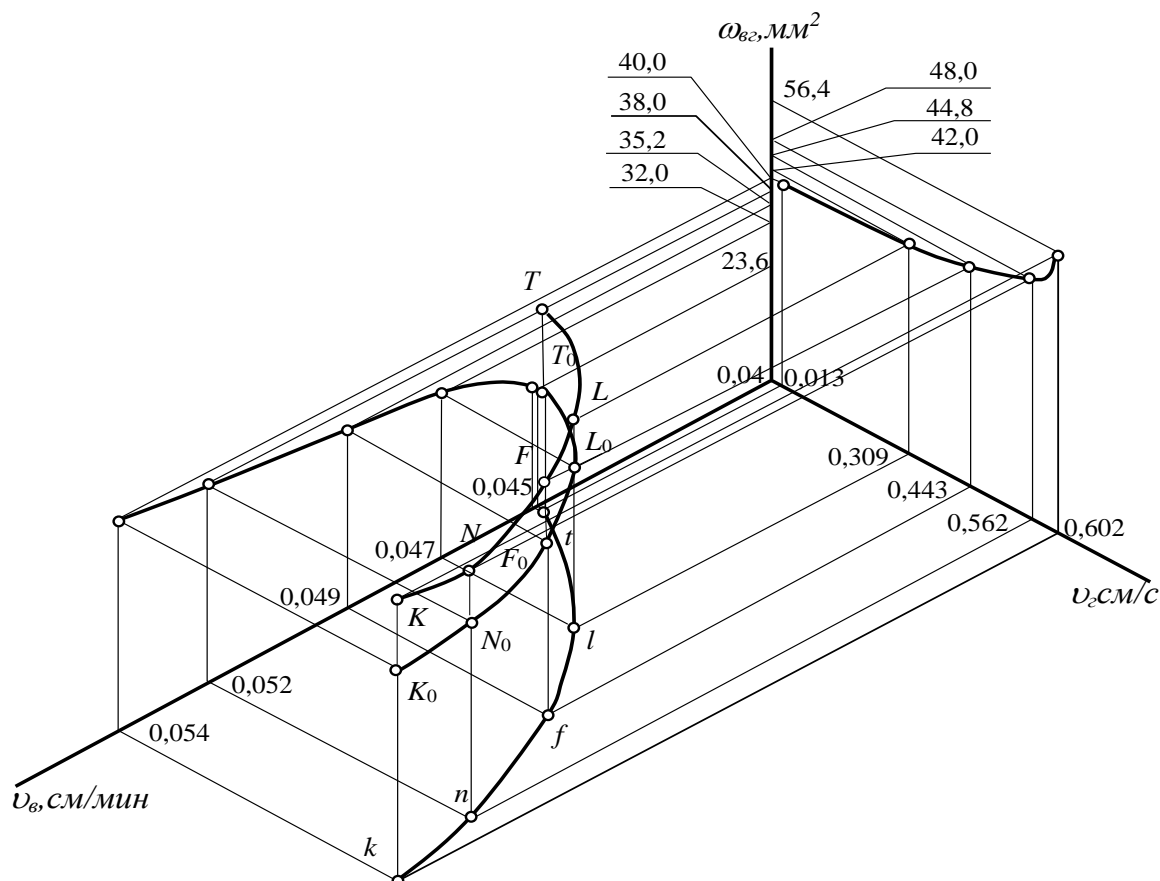


Рис. 2 – Зависимость изменений живых сечений от скоростных характеристик двухфазного потока (ω_g , v_g) и (ω_b , v_b)

Геометрический анализ рис. 2.

Построение рис. 2. аналогично рис. 1. Ось аппликата, фактически без изменений переносится на рис. 2. с параметрами живых сечений фаз тех же размерностей, а горизонтальную плоскость ($\square_b \times \square_g$) представляет кривая скоростей обеих фаз двухфазного потока [5, С. 91].

1. На горизонтальной плоскости кривая будет обозначена малыми буквами (k, n, f, e, t). Эту кривую можно считать направляющей цилиндрической поверхности или горизонтальной её проекцией.

2. Изометрические проекции живых сечений жидкой фазы номограммы обозначим прописными буквами с индексом 0 – (K_0, N_0, F_0, L_0, T_0).

3. Изометрические проекции живых сечений газовой фазы номограммы обозначим прописными буквами (K, N, F, L, T).

Направляющие кривые горизонтально-проецирующей цилиндрической поверхности (K_0, N_0, F_0, L_0, T_0) и (K, N, F, L, T) представлены в виде определителей живых сечений обеих фаз. Отрезки прямых ($K_0, K; N_0, N; F_0, F; L_0, L; T_0, T$), являются образующими, рассматриваемой поверхности. Отрезки прямых ($K_0, K; N_0, N$; т.д.) своими концами фиксируют значения живые сечения обеих фаз. На рисунке представлена номограмма, с помощью которой можно определить зависимость, в которой находятся четыре исследуемых параметра (v_b , v_g , ω_g и ω_b).

Графоаналитический анализ эюрной номограммы соответствия рис. 3.

Безусловно, каждая из рассмотренных номограмм имеет конкретный локальный смысл, но наша цель получить исчерпывающее номографическое решение всего экспериментального процесса. Графическое подтверждение аналитической формулы (1) выглядело бы так:

$$v_g = \frac{Q_g}{\omega_g} \text{ и } v_b = \frac{Q_b}{\omega_b}, \quad (1)$$

$$\omega_{(r=0,42)} = Q_{(r=1,3)/V_{(r=3,2)}}; \quad \text{и} \quad \omega_{(b=0,38)} = Q_{(b=15,9)/V_{(b=4,7)}}.$$

Погрешность между экспериментально графическим и аналитическим расчетами составляет десятым долям единицы.

С другой стороны, эюрная номограмма должна отвечать требованиям наглядной графической информации всего экспериментального процесса с помощью точечных замеров, как это показано на расшифровке аналитических формул в виде одного точечного замера всех параметров формулы. Таким образом, совмещение двух номограмм приводит к получению трёх точек одного экспериментального замера трёх параметров, два из которых аргументальные и один функциональный. Более того, каждая из этих трёх точек представляет горизонтальную плоскость уровня, характеризующую конкретный точечный замер.

Теорема: если две одноячеечные эюрные номограммы имеют общую одноимённую функциональную ось аппликата, то графические зависимости, располагающиеся на горизонтальной несущей плоскости, являются

переменными аргументирующими значениями, и на оси аппликат они имеют общие функциональные точки соответствия. Такие графические зависимости являются совмещёнными в пределах одно ячеечной эпюры.

Совместим рис. 1. и рис. 2., т.к. оси аппликат выражают функциональные результирующие значения, а формула (1), связывает скоростные и расходные характеристики (Q_r, v_r) и (Q_v, v_v). Совмещение осей (Q_r и v_r) и (Q_v и v_v) на горизонтальной плоскости проекций приводит к совмещению расходных и скоростных кривых, построенных по табличным данным, и имеющих позиционное соответствие.

Оси со скоростями жидкой фазы совмещаются со скоростями расхода жидкой фазы, а скорость газовой фазы совмещается с осью расхода газовой фазы. Находим графическую общность.

Отрезки прямых своими концами фиксируют живые сечения обеих фаз $a t$; $b l$; $c f$; $d n$; $k e$ показывая, что на рис. 3.

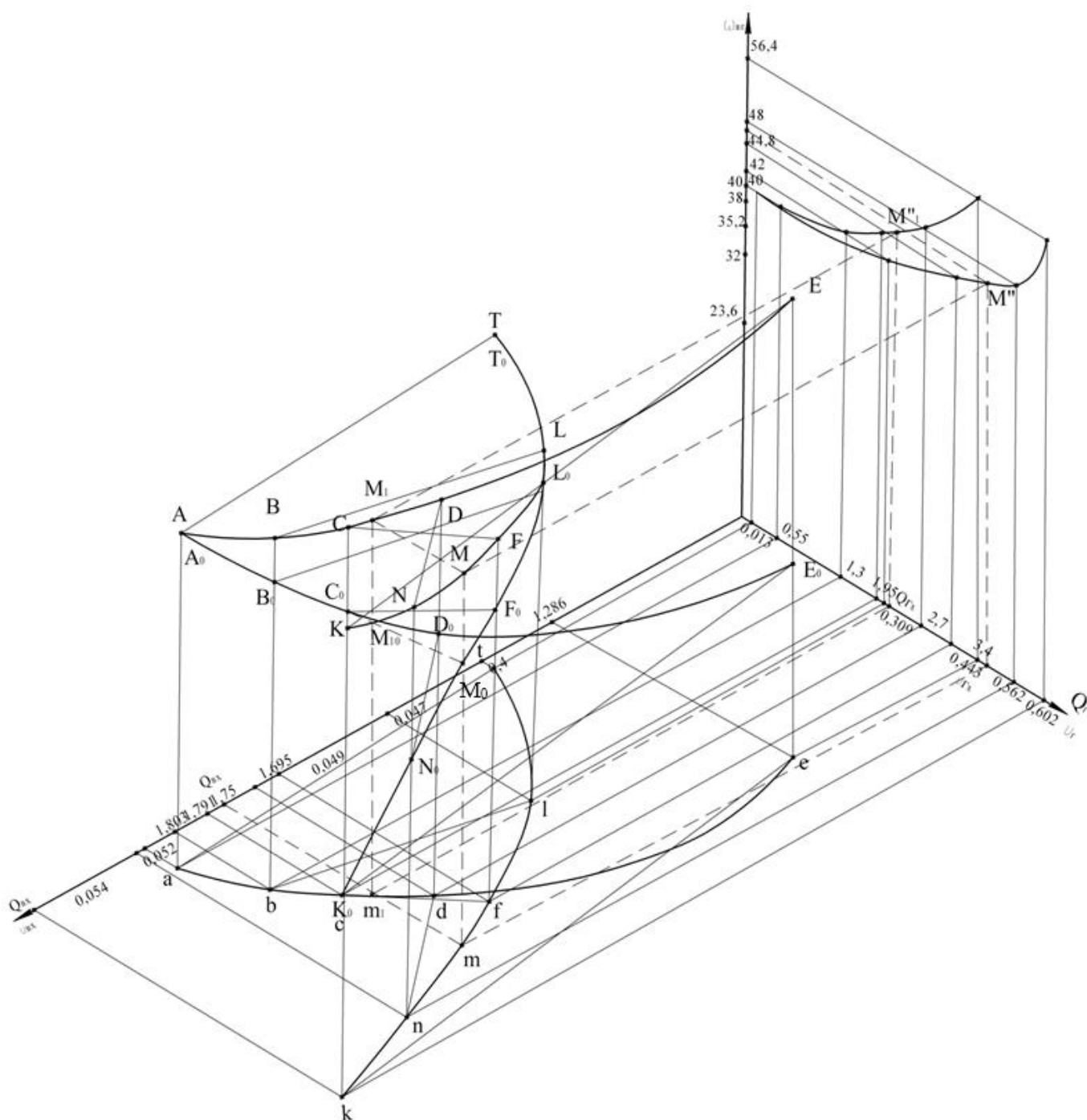


Рис. 3 – Одно октантовая эпюрная номограмма совмещения расходных и скоростных характеристик двухфазных потоков

1. Производной кривой, расходных характеристик жидкости и газа, является совокупность точек a, b, c, d, e , которая соответствует скоростным характеристикам совокупности точек t, l, f, n, k , производной которых, является кривая скорости.

2. Плоскости параллельны, если прямые лежащие на одной плоскости, параллельны прямым, лежащим в другой плоскости $a t \parallel A_0 T_0 \parallel AT$; $b l \parallel B_0 L_0 \parallel BL$; $c f \parallel C_0 F_0 \parallel CF$; $d n \parallel D_0 N_0 \parallel DN$; $k e \parallel K_0 E_0 \parallel KE$, отсюда следует, что плоскости уровня номограммы параллельны горизонтальной плоскости проекций, а их встречи с осью аппликат будут

решением уравнения (1). Это значит, что любая точка, лежащая на плоскости уровня, имеет лишь одно значение аппликата или одно номографическое функциональное значение.

3. Пересечение с осью ω_b плоскостей уровня, в которых лежат как B_o , так и L_o , говорит о том, что расход и скорость **жидкой фазы** двухфазного потока соответствуют живому сечению ($\omega_b=0,38\text{см}^2$) или соответствуют тем параметрам, которые в формуле и определяют ($\omega_b=0,38\text{см}^2$), т.е. имеют единственное метрическое решение.

4. Если через (AT , BL и т.д.) провести горизонтальные плоскости уровня, то эти плоскости будут иметь только по одной точке встречи с осью аппликата. Пересечение с осью (ω_r) плоскостей, в которых лежат как (B) так и (L), говорит о том, что расход и скорость **газовой фазы** двухфазного потока соответствуют живым сечениям ($\omega_r=0,42\text{см}^2$) или соответствуют тем параметрам, которые в формуле (1) и определяют ($\omega_r=0,42\text{см}^2$), т.е. имеют единственное метрическое решение.

К примеру, точки одного замера, как расхода, так и скорости жидкости на оси не будут соответствовать одной и той же величине, т.к. цифровая тарировка шкал не равнозначна. Чтобы не перепутать значения расхода со значениями скоростей, цифровые значения расходов проставлены выше осей, а цифровые значения скоростей ниже тех же осей.

Основоположник двухфазных потоков Г. Уоллис считает, что развитие любой инженерной науки возможно при выполнении следующего: *«Второе требование к науке заключается в том, что она должна давать правильное описание явлений. Нам нужен язык и образы для того, чтобы обсуждать и выяснять причины происходящих событий. Эта качественная картина направляет анализ. Если она неверна, то и аналитические методы расчёта могут быть неправильными. Мы должны понимать, что мы можем измерить, какие параметры правильно определяют ситуацию, что мы намерены рассчитать и с помощью каких «режимов» можно разделить слишком сложную проблему на задачи, поддающиеся расчёту»* [10].

Эпюрная номограмма как технологическое средство решения производственной задачи.

Процесс эксперимента – это органическая структура взаимодействия параметров, и это взаимодействие должно быть отражено на номограмме. Одной из целей данной работы является объёмно-графическая интерполяция экспериментальных данных, позволяющих решать на технологическом уровне практические задачи. Так, полученная технологическая карта рис. 3. работает как при стратифицированных, так и при псевдоламинарных двухфазных потоках.

Таким образом, технологическая карта рис. 5. позволяет контролировать технологический процесс. Работа оператора установки сводится к поддержанию выбранного режима в пределах параметров рабочей структуры двухфазного потока. Для этой цели упростим рис. 3. Уберём линии связи с горизонтальной плоскости и вставим в профильную плоскость рис. 4.

Последнее позиционное решение связано с упрощением графического исполнения и удобством работы с технологической картой рис. 5.

При построении геометрических образов в начертательной геометрии, в некоторых случаях, масштабирование, безусловно, имеет значение при получении конечного результата натуральной величины.

Построение рис. 3. и рис. 5, не смотря на уменьшение фактического размера построенной модели, как номографической субстанции, не может являться ошибкой, при переносе и последующем совмещении рис. 1. и рис. 2, т.к. параметрические величины остаются постоянными, несмотря на масштабные изменения величин тех осей, которым они принадлежат.

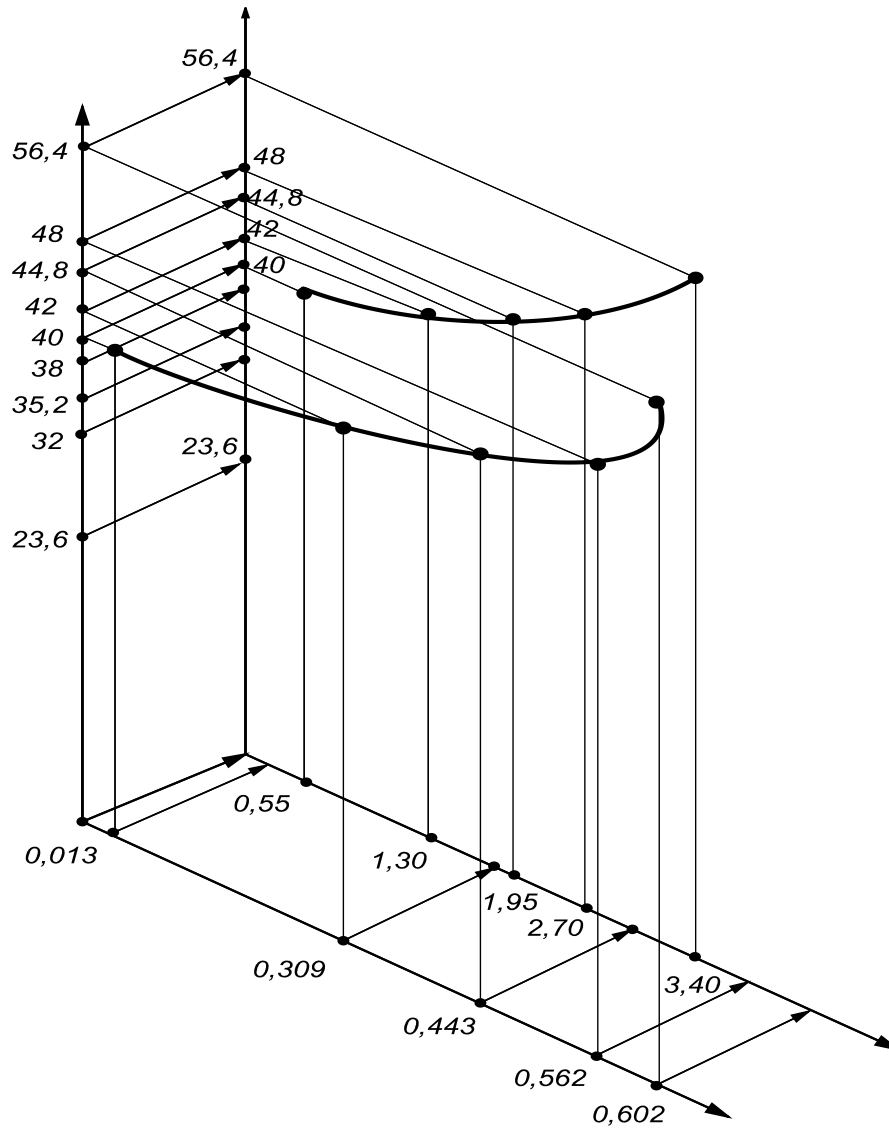


Рис. 4 – Проекционное совмещение расхода и скорости газовой фазы сечения обеих фаз

На скоростной кривой из точки m проведём штриховую линию связи, которая пересечёт точки m , M_0 , M . На аксонометрической проекции поверхности получим перпендикуляр, M_0M , концы которого показывают живые сечения обеих фаз.

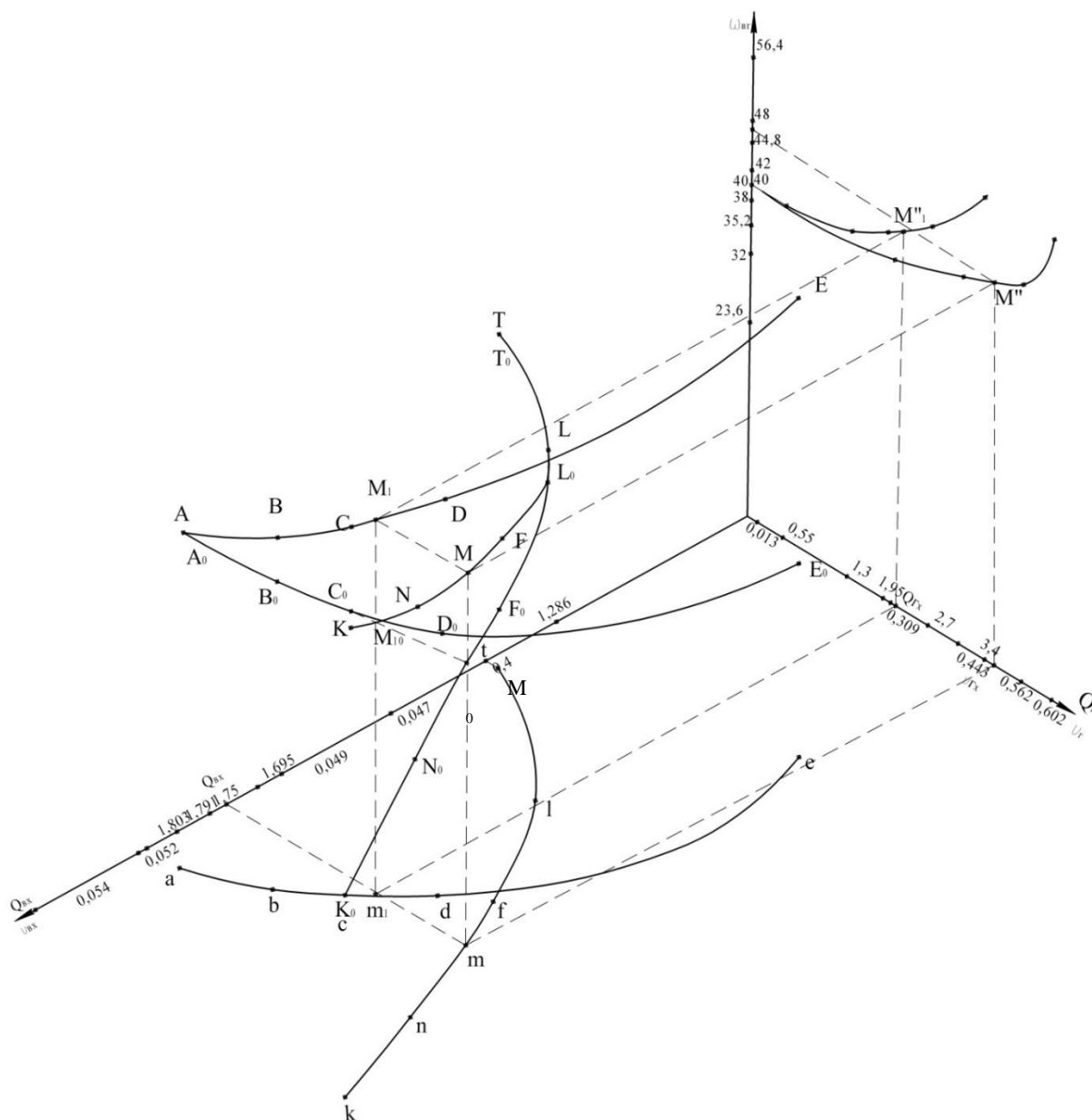


Рис. 5 – Технологическая карта определения и поддержания стратифицированного и его аналога псевдоламинарного потоков

Используем профильную проекцию рис. 5, на которую совместим кривые живых сечений газовой фазы как скоростных, так и расходных характеристик. Заметим, что линии связи, исходящие из оси аппликат, пересекают скоростные и расходные кривые, показывая одинаковые значения живых сечений. Таким образом, гармоничность совмещения двух фаз свидетельствует о неразрывном процессе и связи параметров.

Это позволяет из (M) провести линию связи на профильную плоскость и получить проекцию точку (M^{II}) на скоростной газовой кривой, которая проекционно связана с расходной кривой проекции точки (M_I^{II}). После перехода на расходные параметры, из точки (M_I^{II}) двигаясь в обратном направлении через точки (M_I, M_{I0}, m_1), выходим на расходы как жидкой, так и газообразной фаз.

Применение двумерного графического построения при двухфазном режиме нежелательно, т.к. при этом имеются уже два параметра – это газ и жидкость, а их температура, давление, скорость, расход и другие параметры? Любой третий параметр результирующей, и представлен третьей осью $\omega_{\text{вг}}$.

Создание номограмм подобного типа позволяет:

1. Работать с многопараметровыми процессами с большей эффективностью, чем аналитические уравнения.
2. В случае пространственно - графической интерполяции результирующая ось (ось аппликат) остаётся прежней, а расходные и скоростные характеристики проставляются в следующей последовательности. Числитель осей ординат и абсцисс представлен аргументальными параметрами, расхода жидкости и газа, а знаменателю этих осей соответствуют их скорости.
3. Раздельные решения не имели бы взаимную зависимость в определении живых сечений обеих фаз и не гарантировали бы безопасность изменения структур потока, а совмещение позволяет варьированию параметров двухфазного потока при технологических процессах.

Список литературы / References

1. Гордон В.О., Семенцов – Огиевский М.А. Курс начертательной геометрии. М., 1988, 2002. С. 272.
2. Климухин А.Г. Начертательная геометрия. [Текст] / А.Г. Климухин. М. - 1973. - С. 368.
3. Левкин, Ю.С. Метод пространственно-графической интерполяции экспериментальных исследований двухфазных потоков. [Текст] / Ю.С. Левкин // Ашировские чтения: тр. VII Международная Научно-практическая конференция. Т. II. – Туапсе, 2010. – С. 255 - 262.
4. Левкин Ю.С. Получение четырёхмерных номограмм на базе теоремы подобия. / [Текст] // Ю.С. Левкин Геометрия и графика – 2017 – С - 69 – 74. DOI; 10.12737/article_5953f33427942.789301109.
5. Левкин, Ю.С. Определение изменений живых сечений фаз двухфазных потоков при варьировании расхода газовой фазы. [Текст] // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени С.П. Королёва - 2010. – №4. – С. 88 - 91.
6. Левкин Ю.С. «Влияние вибрационных колебаний на характеристики структуры двухфазного потока». //Изв. Вузов. Сев.-Кавк. регион. Технические науки. - Новочеркасск – 2016 - № 2. – С. 112 - 119.
7. Левкин Ю.С. «Зависимость изменения скорости дисперсной и плёночно-дисперсной от вибрационных ускорений высокочастотных колебаний». //Изв. Вузов. Сев.-Кавк. регион. Технические науки. - № 3. - Новочеркасск. – 2016. – С. 77 – 82.
8. Лысенко А.В. Построение номограмм по фундаментальной и прикладной химии. [Текст] / Юго-Западный Государственный университет Курск – 2016. – С.18.
9. Зуева Н.М. Номограммы МБОУ – 2013. – С.15 .
10. Хрипунов Н.В., Панюков . Компьютерные технологии в науке и производстве. [Текст] / – ТГУ, Тольятти - 2013. - С.110 – 113.
11. Хрипунов Н.В, Асанова О.Я, Панюкова Е.В, Применение EXCEL для обработки результатов инженерного эксперимента / Проведение научных исследований в области машиностроения. Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции с элементами научной школы для молодежи. Тольятти, ТГУ 2009 в 3 чч, - С.111-116, Ч 2.
12. Уоллис, Г. Неравновесные двухфазные течения -[Текст] / Г. Уоллис // Теоретические основы инженерных расчётов. – М: Мир. Сер. D.– №3. – 1974. – С. 67.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gordon V.O., Sementsov – Ogievskii M.A. Kurs nachertatelnoi geometrii [Course of Descriptive Geometry]. М., 1988, 2002. P. 272.
2. Klimukhin A.G. Nachertatelnaya geometriya. [Descriptive Geometry] [Text] / A.G. Klimukhin. М. -1973. - P. 368.
3. Levkin Yu.S. Metod prostranstvenno-graficheskoi interpolatsii eksperimentalnykh issledovaniy dvukhfaznykh potokov. [Method of Spatial and Graphical Interpolation of Experimental Studies of Two-Phase Flows] [Text] / Yu.S. Levkin // Ashirov Readings: VII International Scientific and Practical Conference. T. II. - Tuapse, 2010. - P. 255-262.
4. Levkin Yu.S. Poluchenie chetyriokhmernykh nomogramm na baze teoremy podobiya. [Obtaining Four-Dimensional Nomographs on the Basis of the Superimposing Theorem] / [Text] // Yu.S. Levkin. Geometry and Graphics – 2017 – P. - 69 – 74. DOI; 10.12737/article_5953f33427942.789301109.
5. Levkin Yu.S. Opredelenie izmenenii zhivykh sechenii faz dvukhfaznykh potokov pri varirovani raskhoda gazovoi fazy. [Determination of Changes in the Live Cross-Sections of Phases of Two-Phase Flows with Varied Gas Phase] [Text] // Bulletin of the Samara State Aerospace University named after S.P. Korolev - 2010. – No.4. – P. 88-91.
6. Levkin Yu.S. “Vliyanie vibratsionnykh kolebani na kharakteristiki struktury dvukhfaznogo potoka.” [Influence of Vibration Oscillations on the Characteristics of the Two-Phase Flow Structure”] // Bulletin of Universities in North-Caucasus region. Technical Science. - Novocherkassk - 2016 - No. 2. – P. 112-119.
7. Levkin Yu.S. “Zavisimost izmeneniya skorosti dispersnoi i plionочно-dispersnoi ot vibratsionnykh uskorenii vysokochastotnykh kolebani.” [“Dependence of the Change in the Speed of Dispersed and Film-Dispersed on Vibrational Accelerations of High-Frequency Oscillations”] // Bulletin of Universities of North-Caucasus region. Technical Science. - No. 3. - Novocherkassk. - 2016. - P. 77 - 82.
8. Lysenko A.V. Postroenie nomogramm po fundamentalnoi i prikladnoi khimii. [Construction of Nomograms on Fundamental and Applied Chemistry] [Text] / Southwestern State University of Kursk - 2016. - P.18.
9. Zueva N.M. Nomogrammy MBOU [Nomograms of the MBGEI] – 2013. – P.15.
10. Khripunov N.V., Panyukova E.V.. Kompiuternye tekhnologii v nauke i proizvodstve. [Computer Technologies in Science and Production] [Text] – TSU, Togliatti - 2013. - P.110 – 113.
11. Khripunov N.V., Asanova O.Ya., Panyukova E.V., Primenenie EXCEL dlia obrabotki rezultatov inzhenernogo eksperimenta [Application of EXCEL to Processing the Results of an Engineering Experiment] / Carrying out Scientific Researches in the Field of Mechanical Engineering. Collection of Materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference with the Elements of Scientific School for Youth. Togliatti, TSU 2009 in 3 parts, - P.111-116, P 2.
12. Wallis G. Neravnovesnye dvukhfaznye techeniya [Nonequilibrium Two-Phase Flows] - [Text] / G. Wallis // Theoretical Bases of Engineering Calculations. - M: Mir. Ser. D.- No.3. - 1974. - P. 67.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.061>Найманов А.Я.¹, Гутарова М.Ю.²¹ORCID: 0000-0002-4500-2865, Доктор технических наук, профессор,²ORCID: 0000-0002-0867-9738, Соискатель,

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАЛЬНОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ НАСЕЛЕНИЕМ ГОРОДА ПРИ ПОДАЧЕ ВОДЫ ПО ГРАФИКУ**Аннотация**

В статье приведены исследования фактического водопотребления населением в городе Макеевка при некруглосуточной (по графику) подаче воды. Построены графики статистических функций, выявлен показательный закон дифференциального распределения фактических удельных расходов воды на 1 человека в сутки. Определены средневзвешенные и 20%-ой обеспеченности удельные расходы воды, наблюдается общее снижение водопотребления населением города. Выполнено сравнение с водопотреблением населения города Самара при постоянной подаче воды.

Ключевые слова: удельное водопотребление, некруглосуточная и постоянная подача воды, статистическая обработка данных, гистограммы и графики распределения.

Naimanov A.Ya.¹, Gutarova M.Yu.²¹ORCID: 0000-0002-4500-2865, PhD in Engineering, Professor,²ORCID: 0000-0002-0867-9738, External Doctorate Student,

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

STUDY OF ACTUAL WATER CONSUMPTION BY THE POPULATION OF THE CITY AT WATER SUPPLY ON THE SCHEDULE**Abstract**

The article presents studies of actual water consumption by the population in the city of Makeyevka with non-round-the-clock water supply (according to the schedule). Graphs of statistical functions are built, an illustrative law of the differential distribution of the actual specific water discharge per person per day is revealed. The weighted average and 20% water availability of specific water consumption is determined. General decrease in water consumption by the city population is observed. Comparison is made with the water consumption of the population of the city of Samara with a constant supply of water.

Keywords: per-capita water consumption, non-round-the-clock or constant water supply, statistical data processing, histograms and distribution schedules.

Важная задача системы водоснабжения города – надёжная работа водопроводных сетей. Их эксплуатация находится под влиянием множества неблагоприятных факторов. Одним из таких факторов, ухудшающих санитарное состояние сетей, является подача воды с перерывами, это же влияет и на общее водопотребление населения. Подача воды по графику в г.Макеевка была принята как временная в связи со значительными неплатежами населения за воду, фактически она длится уже почти 20 лет. Накопленный значительный материал дал основания для исследования фактического водопотребления населением в городе при некруглосуточной подаче воды.

Исследования проводились в зданиях основных четырёх видов благоустройства [1], [2], [3]: здания с водопроводом, канализацией и ваннами, с газовыми водонагревателями; здания с водопроводом, канализацией и ваннами, с водонагревателями, работающими на твердом топливе; здания с водопроводом и канализацией, без ванн, с газоснабжением; здания с водопроводом и канализацией, без ванн. Согласно действующих нормативов, утвержденных местным советом города, нормы водопотребления лежат в пределах 150-320 л/сут.чел..

Были проведены выборочные приборные измерения фактического водопотребления населением в течение года в исследуемых зданиях, расположенных в разных районах города. Всего было охвачено 406 зданий, с численностью проживающих – 1064 человека. Были определены удельное водопотребление на одного человека в сутки и среднеарифметические значения удельного водопотребления в домах каждого вида благоустройства. Общий расход воды за год составил 29398 м³, а среднее удельное водопотребление колеблется от 60 до 80 л/сут.чел.. Подача питьевой воды осуществляется по графику – с 6.00 до 10.00 и с 18.00 до 22.00 часов. Централизованное горячее водоснабжение отключено в середине 90-х годов одновременно с введением некруглосуточной подачи воды.

На примере исследования фактического водопотребления в зданиях с водопроводом, канализацией и ваннами, с газовыми водонагревателями выполнена проверка гипотезы о том, каким является распределение, проведены ряд предварительных вычислений, определены модальный и медианный интервалы, рассчитаны мода и медиана [4], [5], [6]. Построены графики статистических функций (рис. 1, 2) и получены расчетные модели на основе графических методов анализа данных с помощью программы CurveExpert.

В работу не включались значения удельного водопотребления менее 20 л/сут.чел., поскольку в данных квартирах люди, видимо, не живут постоянно и бывают наездами или подолгу отсутствуют. Кроме того исключена максимальная величина удельного водопотребления.

Всего обследовано 225 частных домовладения (225 квартир) с водопроводом, канализацией и ваннами, с газовыми водонагревателями. С учётом отсеивания минимальных и максимальных значений в обработке участвовали показатели 189 квартир, с численностью проживающих - 494 человека. Модальный интервал: 20-60, с абсолютной частотой 59, $M_0 = 52,07$; медианный интервал: 60-100, с абсолютной частотой 146, $M_e = 74,52$. Средневзвешенное значение удельного водопотребления составило 91 л/сут.чел. (соответствует обеспеченности 26% ($P=74\%$)) и 20%-ой обеспеченности удельный расход равен 106 л/сут.чел. (рис. 2).

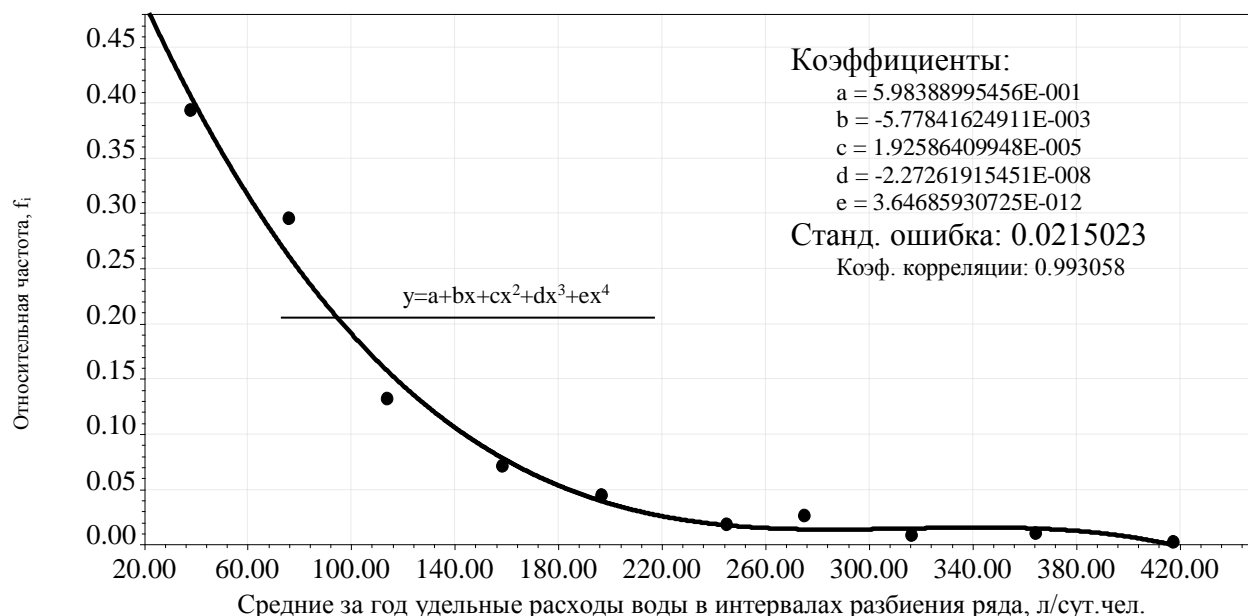


Рис. 1 – График дифференциального распределения удельных расходов воды для зданий с водопроводом, канализацией и ваннами, с газовыми водонагревателями

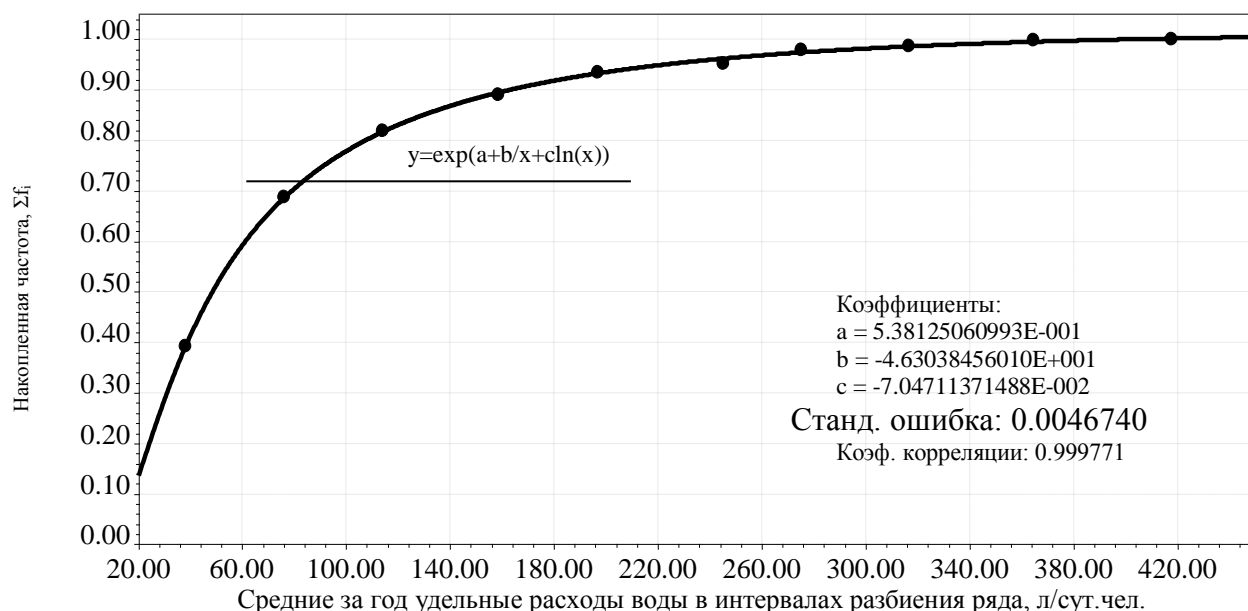


Рис. 2 – График интегрального распределения удельных расходов воды для зданий с водопроводом, канализацией и ваннами, с газовыми водонагревателями

Судя по графику дифференциального распределения (рис. 1), никакого нормального закона не наблюдается. Скорее – закон показательный, либо, со значительной натяжкой, близок распределению Пуассона. Эти данные противоречат данным [7], [8], [9], что при числе потребителей 100 и более наблюдается нормальный закон распределения максимальных расходов воды. В данном же случае число обследованных квартир составляет 189, а число потребителей 494 человека. Причиной столь значительного сдвига удельного водопотребления к началу координат является, видимо, некруглосуточная подача воды. При этом действуют две противоположные тенденции:

- удельное водопотребление снижается из-за резкого уменьшения утечек при подаче воды в течение 8 часов вместо 24. При этом вода подается в часы максимального водопотребления (6.00 – 10.00 и 17.00 – 21.00), когда утечки и так минимальны;

- удельное водопотребление увеличивается из-за нерациональных сливов запасов воды в квартирах, которые необходимы жителям в часы перерывов в подаче воды.

Данный график приводит к выводу, что первая тенденция имеет наибольшее влияние, т. е. утечки уменьшились, а сливы относительно незначительны. Действует, разумеется, и общая тенденция снижения удельного водопотребления вследствие повышения стоимости воды.

Аналогичные результаты наблюдаются и при исследовании фактического водопотребления населения в зданиях других видов благоустройства. Средневзвешенные и 20%-ой обеспеченности удельные расходы воды оказались равны соответственно: для зданий с водопроводом, канализацией и ваннами, с водонагревателями, работающими на твёрдом

топливе 91 и 127 л/сут.чел.; для зданий с водопроводом, канализацией, без ванн, с газоснабжением 68 и 92 л/сут.чел.; для зданий с водопроводом, канализацией, без ванн 69 и 95 л/сут.чел.

Для сравнения удельного водопотребления населения городов с постоянной и некруглосуточной подачей воды были использованы результаты исследования водопотребления населения в г. Самара [10], потому что в этом городе население получает воду постоянно в течение суток. Так как в г. Макеевка подача горячей воды отсутствует, было рассмотрено удельное водопотребление населения одного из районов г. Самара, проживающего в зданиях, оборудованных местными водонагревателями. На рисунке 3 представлены гистограмма и график дифференциального распределения удельных расходов холодной воды в Кировском районе города (аналогичная ситуация в водопотреблении населения наблюдается и в других районах) [10]. На данном рисунке высота столбца h_i определена как отношение f_i/h , где f_i – относительная частота, а h – интервал класса [10, с. 62-63].

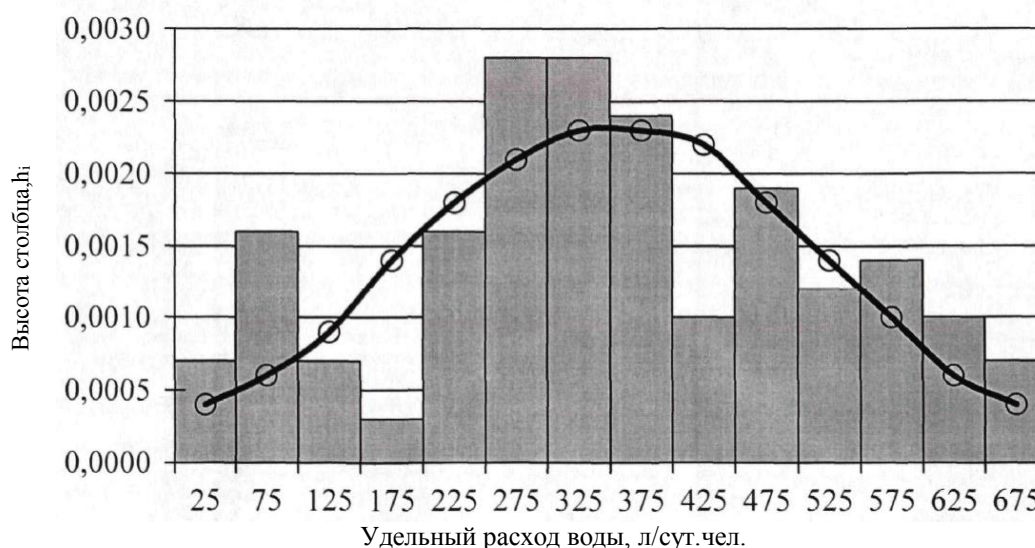


Рис. 3 – Гистограмма и график дифференциального распределения удельных расходов холодной воды в Кировском районе г. Самара в жилых зданиях оборудованных водопроводом и канализацией, с ваннами и местными водонагревателями

Как видно из графиков (рис. 3) дифференциальное распределение при постоянной подаче воды является нормальным, а при некруглосуточной подаче (рис. 1) показательным (экспоненциальным). Максимум на графике распределения при некруглосуточной подаче смещается к низким величинам удельного водопотребления.

Кроме того, удельные расходы воды при постоянной подаче значительно выше, чем при некруглосуточной, т.е. 275-375 л/сут.чел. по сравнению со 106 л/сут.чел. в г. Макеевка при 20%-ой обеспеченности. Разница более чем в 2,5 раза. Причиной превышения является, видимо, значительное снижение утечек воды при некруглосуточной подаче, а так же уменьшение нерациональных расходов.

Выводы:

1. В результате статистической обработки величин удельного водопотребления холодной воды в жилом секторе, определенных по показаниям квартирных водомеров, построены графики дифференциального и интегрального распределения в зданиях разной степени благоустройства. Выявлен показательный закон дифференциального распределения фактических удельных расходов воды на 1 человека в сутки, что является отличительной чертой некруглосуточной подачи воды, поскольку при круглосуточной подаче дифференциальное распределение подчиняется нормальному закону.

2. Определены средневзвешенные и 20%-ой обеспеченности удельные расходы воды для зданий четырех типов благоустройства. Расходы колеблются в пределах от 68 до 127 л/сут.чел.

3. Удельные расходы воды в зданиях при некруглосуточной подаче воды оказались, в среднем, на 35-58% ниже, чем для режима круглосуточной подачи воды. Об этом же свидетельствует и сравнение удельного водопотребления в городах Макеевка и Самара.

Список литературы / References

1. СНиП 2.04.01-85. Строительные нормы и правила. Внутренний водопровод и канализация зданий. – Введ. 1986-06-01; – М.: Стройиздат, 1985. – 57 с.
2. СП 30.13330.2012. Свод правил. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*. – Введ. 2013-01-01. – М.: Минрегион России, 2011. – 65 с.
3. ДБН В.2.5-64:2012. Державні будівельні норми. Внутрішній водопровід та каналізація. – Чинні з 2013-03-01. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 112 с.
4. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – 9-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2003. – 479 с.
5. Баженов Ю.М. Перспективы применения математических методов в технологии сборного железобетона / Ю.М. Баженов, В.А. Вознесенский. – М.: Стройиздат, 1974, 192 с.
6. Хан Г. Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапиро; пер. с англ. Е. Г. Коваленко; под ред. В. В. Налимова – М.: Мир, 1969 395 с.: ил.

7. Исаев В.Н. Анализ методик определения расходов во внутреннем водопроводе / В.Н. Исаев, М.Г. Мхитарян // Санитарная техника. - 2003 г. - №5 – с. 6 - 11.
8. Шопенский Л.А. Исследование режимов работы водопроводов жилых зданий: автореф. дис... канд. техн. Наук / Л.А. Шопенский – М.: НИИ санитарной техники, 1968. – 34 с.
9. Шопенский Л.А. Построение расчетных графиков водопотребления / Л.А. Шопенский, И.П. Юрьева // Санитарная техника. Сб. науч. тр. М.: НИИ санитарной техники, 1970. - Вып. 34. - с. 27 - 32.
10. Черносивтов М. Д. Динамика режимов и величин удельного водопотребления населением города: дис... канд. техн. наук: 05.23.04: защищена 04.07.2011 / Черносивтов Михаил Дмитриевич. - Самара, 2011. - 213 с.

Список литературы на английском языке/ References in English

1. SNiP 2.04.01-85. Stroitel'nye normy i pravila. Vnutrennij vodoprovod i kanalizacija zdaniy. [Building regulations. Internal water supply and sewerage of buildings] – Enact. 1986-06-01:– М.: Strojizdat, 1985. – 57 p. [in Russian]
2. SP 30.13330.2012. Svod pravil. Vnutrennij vodoprovod i kanalizacija zdaniy. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.04.01-85*. [Code of rules. Internal water supply and sewerage of buildings. Updated version of SNiP 2.04.01-85 *] – Enact. 2013-01-01. – М.: Minregion Rossii, 2011. – 65 p. [in Russian]
3. DBN V.2.5-64:2012. Derzhavni budivel'ni normi. Vnutrishnij vodoprovod ta kanalizacija. [State building codes. Internal water supply and sewerage] – Valid from 2013-03-01. - K.: Minregion Ukraïni, 2013. - 112 p. [in Ukrainian]
4. Gmurman V.E. Teorija veroyatnostej i matematicheskaja statistika: ucheb. posobie dlja vuzov [Theory of Probability and Mathematical Statistics: A Textbook for Universities] / V.E. Gmurman. - 9 edition, Ster. - М.: Vyssh. shk. , 2003. - 479 p. [in Russian]
5. Bazhenov Ju.M. Perspektivy primeneniya matematicheskikh metodov v tehnologii sbornogo zhelezobetona [Prospects of application of mathematical methods in technology of precast reinforced concrete] / Ju.M. Bazhenov, V.A. Voznesenskij. - М.: Strojizdat, 1974, 192 p. [in Russian]
6. Han G. Statisticheskie modeli v inzhenernyh zadachah [Statistical models in engineering problems] / G. Han, S. Shapiro; transl. from eng. E. G. Kovalenko; edited by V. V. Nalimova - М.: Mir, 1969 395 p.: il. [in Russian]
7. Isaev V.N. Analiz metodik opredeleniya rashodov vo vnutrennem vodoprovode [Analysis of methods of determination water consumption in the internal water supply system] / V.N. Isaev, M.G. Mhitarjan // Sanitary engineering. - 2003. - №5 – P. 6 - 11. [in Russian]
8. Shopenskij L.A. Issledovaniye rezhimov raboty vodoprovodov zhilyh zdaniy [Research of operating modes of water supply systems of residential buildings]: thesis abstract of PhD in Engineering / L.A. Shopenskij – М.: Research Institute of Sanitary Engineering, 1968. – 34 p. [in Russian]
9. Shopenskij L.A. Postroenie raschetnyh grafikov vodopotrebleniya [Construction of calculated water consumption schedules] / L.A. Shopenskij, I.P. Jur'eva // Sanitary engineering. Collection of scientific papers. М.: Research Institute of Sanitary Engineering, 1970. - V. 34. - P. 27 - 32. [in Russian]
10. Chernosvitov M. D. Dinamika rezhimov i velichin udel'nogo vodopotrebleniya naseleniem goroda [Dynamics of modes and values of specific water consumption by the city population]: dis... of PhD in Engineering: 05.23.04: defense of the thesis 04.07.2011 / Chernosvitov Mihail Dmitrievich. - Samara, 2011. - 213 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.012>Пантюхин А.Р.¹, Беляев А.С.²¹ORCID: 0000-0002-6973-6046, аспирант,

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

²ORCID: 0000-0002-0725-4690, аспирант,

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ**Аннотация**

Системы локализации объектов внутри помещения на сегодняшний день находят широкое применение в сфере обслуживания людей. Потребность в таких системах возрастает вместе с желанием выработки оптимальных алгоритмов управления с точки зрения повышения прибыли (в коммерческих организациях) или повышения эффективности работы (в организациях сферы обслуживания в которых имеются большие потоки людей). В работе представлен метод локализации объектов внутри помещения с применением технологий на основе стандарта IEEE 802.11 (Wi-Fi) или технологии персональных сетей (Bluetooth). Применение данных технологий обосновано их повсеместным внедрением во все мобильные устройства связи и коммуникаций, что в последствии облегчает задачу интеграции подобного рода систем для потребителя. В основу данного алгоритма лег метод трилатерации, а в качестве количественной оценки эффективности его работы был выбран интегральный квадратичный критерий качества

Ключевые слова: локализация объектов, определение положения, wi-fi, фильтр Калмана, трилатерация.

Pantiukhin A.R.¹, Belyaev A.S.²¹ORCID: 0000-0002-6973-6046, Postgraduate Student,

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

²ORCID: 0000-0002-0725-4690, Postgraduate Student,

National Research Tomsk Polytechnic University

SYSTEM OF DETERMINATION OF OBJECTS LOCATION INSIDE OF PREMISES**Abstract**

The systems of objects localization inside the premises are now widely used in the area of servicing people. The need for such systems increases with the desire to develop the most efficient management algorithms from the point of view of the increasing profit (in commercial organizations) or increasing the efficiency of work (in organizations of the service sector with large flows of people). The paper presents a method for objects localization inside a building using technologies based on the IEEE 802.11 (Wi-Fi) standard or the technology of personal networks (Bluetooth). The application of these technologies is justified by their ubiquitous introduction into all mobile communication devices, which subsequently facilitates the task of integrating such systems for the consumer. This algorithm was based on the trilateration method while an integral quadratic quality criterion is used as a quantitative evaluation of the efficiency of its work.

Keywords: localization of objects, position determination, wi-fi, Kalman filter, trilateration.

В настоящее время, одним из наиболее важных показателей экономически успешного предприятия является – прибыль. Именно поэтому, менеджеры крупных торговых сетей постоянно стремятся к ее увеличению. Существует ряд стандартных приемов, которые позволяют сделать это, одним из них является – «миграция товаров» в магазине. Изменяя положение товаров, менеджеры «ломают» привычный путь покупателя, в поисках действительно нужной товарной позиции, посетитель будет обращать внимание на все продукты, представленные в супермаркете. В большинстве случаев, он обязательно сделает покупку, которую не планировал. Однако, у данного метода есть один существенный недостаток: зачастую, стратегии перестановки товаров основываются на личном опыте работников магазина, и не имеют под собой качественной информации, именно поэтому очень сложно добиться хороших результатов при использовании данной методологии. Но если отслеживать передвижения покупателей и строить маршруты их перемещений, то появляется возможность оценить насколько эффективно влияет перестановка товаров на общую прибыль супермаркета.

Отдельно стоит отметить, что система универсальна - она может быть использована не только в области ритейла, но и в других направлениях: от сельского хозяйства до систем контроля безопасности.

Безусловно, на рынке уже представлены решения с подобным функционалом, например: RFID (Radio Frequency Identification) системы. К сожалению, они обладают рядом недостатков: высокая стоимость, порядка нескольких тысяч долларов, и радиоволны высокой мощности, оказывающие вредное действие на человека.

Однако, в последнее время исследователи все больше обращают свое внимание на технологии беспроводной связи: Wi-Fi и Bluetooth. Низкая стоимость и высокая степень интеграции позволяют использовать данные средства связи практически повсеместно. Зачастую, даже не требуется развивать инфраструктуру, практически все современные объекты и здания изначально оснащены средствами беспроводной связи. [1], [2].

Для обеспечения малых габаритов устройства отслеживания, применяется плата на основе микросхемы ESP32 изображенного на рисунке 1.



Рис. 1 – Переходник ESP3212

Фильтрация сигнала

Так как в исходном сигнале, получаемом с метки, присутствуют шумы, то необходимо использовать фильтр. Он позволит уменьшить влияние статической ошибки, благодаря чему можно добиться увеличения точности определения местоположения. Фильтр Калмана устраняет шумы (случайные всплески) и выдаёт результат как с учетом результатов текущих измерений, так и с учётом предсказанных результатов на основе прошлых измерений. Фильтр использует динамическую модель системы (закон движения) и две повторяющиеся циклически стадии: предсказание и корректировка. На первом этапе (предсказание) программа рассчитывает состояние системы в следующий момент времени, а на втором (корректировка) – корректирует прогноз, используя результат очередного измерения. Алгоритму фильтра требуется информация о дисперсии сигнала и математическом ожидании. Если дисперсия не зависит от расстояния и времени, то ее принимают, как постоянную величину. Практическое исследование показало, что в нашем случае дисперсию можно считать постоянной величиной. Стоит отметить, что для каждого маршрутизатора и маяка следует определять свое собственное значение дисперсии. Фильтр состоит из двух основных функций: предсказания и корректировки. Рассмотрим более подробно каждую из них.

Стадия корректировки.

Предположим, что имеется два состояния S_1 и S_2 (рис. 24). Каждое из них имеет дисперсию d_1 и d_2 , математическое ожидание m_1 и m_2 , соответственно. При переходе из состояния S_1 в состояние S_2 , необходимо рассчитать новые дисперсию и математическое ожидание, рассчитываемые по формулам (1).

$$m = \frac{m_1 \cdot d_2 + m_2 \cdot d_1}{d_1 + d_2}, \quad d = \frac{1}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}} \quad (1)$$

где m – математическое ожидание в новом состоянии, d – дисперсия в новом состоянии.

Стадия предсказания

В процессе движения объекта фильтр предсказывает его новое состояние, используя для этого формулы (2) для определения нового математического ожидания и новой дисперсии.

$$m = m_1 + m_2, \quad d = d_1 + d_2 \quad (2)$$

где m – новое математическое ожидание, d – новая дисперсия.

Пример работы фильтра приведен на рисунке 2. Синий график (рис. 2) – фильтрованный сигнал, а зеленый – исходный сигнал.

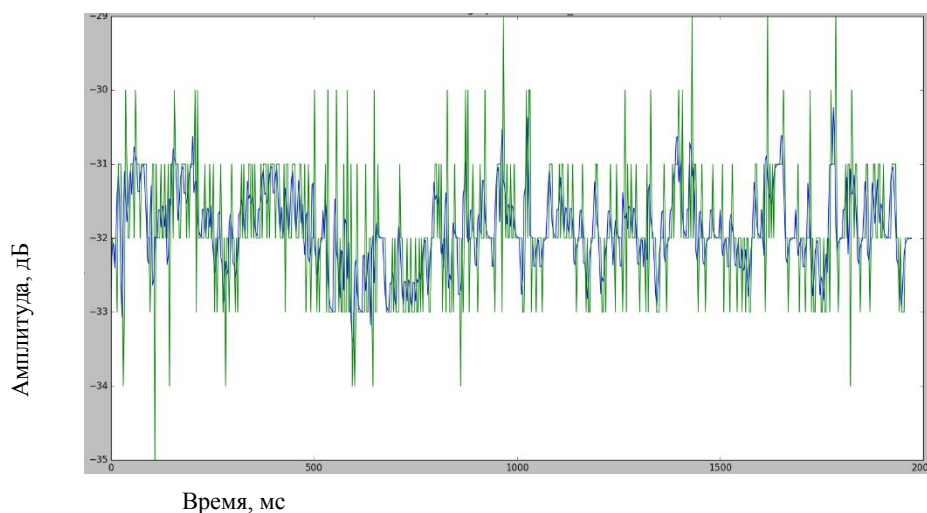


Рис. 2 – Пример работы фильтра Калмана

Определение координат

Для определения координат объекта, по расстоянию от 3-х стационарных точек (далее СТ), используется метод трилатерации. Трилатерация – это метод определения положения геодезических пунктов, путём построения на местности системы смежных треугольников, в которых измеряются длины их сторон. Система координат, будем называть ее глобальной, в ней находится объект, представлена на рисунке 3а.

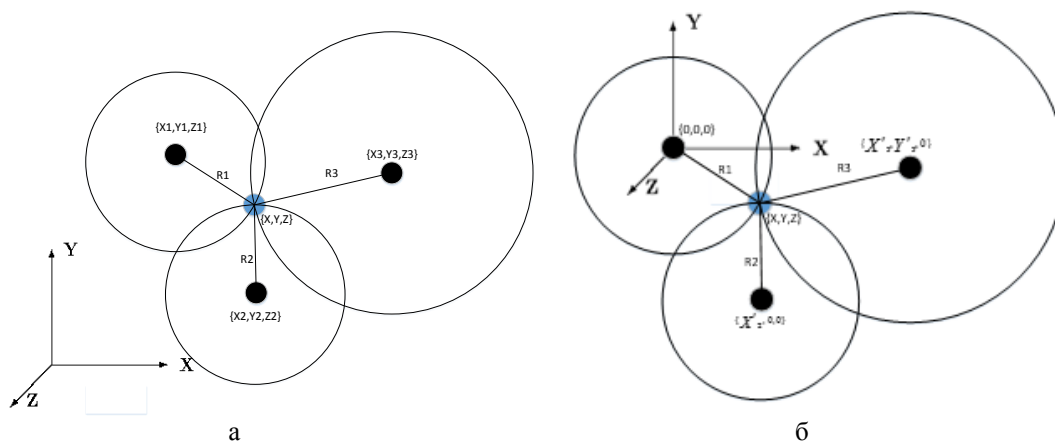


Рис. 3 – а) Глобальная система координат, б) желаемая система координат

где R_1, R_2, R_3 расстояние (в мм) от СТ P_i с координатами $\{X_i, Y_i, Z_i\}$ до объекта с координатами $\{X, Y, Z\}$, соответственно.

Для упрощения вычислений на первом этапе, перейдем в новое пространство относительно одной из СТ, имеющей минимальные координаты. Предположим, что такому условию удовлетворяет первая СТ. В результате должна получиться следующая система координат, рисунок 3б. Осуществим перенос системы координат таким образом, чтобы точка 1 стала началом новой системы координат. В результате получены следующие координаты (3):

$$\begin{aligned} X_1' &= 0, & Y_1' &= 0, & Z_1' &= 0, \\ X_2' &= X_2 - X_1, & Y_2' &= Y_2 - Y_1, & Z_2' &= Z_2 - Z_1, \\ X_3' &= X_3 - X_1, & Y_3' &= Y_3 - Y_1, & Z_3' &= Z_3 - Z_1 \end{aligned} \quad (3)$$

Где X_i', Y_i', Z_i' - координаты стационарной точки P_i в новой системе координат, а X_i, Y_i, Z_i - координаты точки P_i в старой системе координат

Затем повернем систему координат таким образом, чтобы все три стационарные точки лежали в плоскости оси z , а СТ номер 2 лежала на оси X . Для этого необходимо определить угол поворота по оси X (угол α), чтобы все 3 точки лежали в одной плоскости, и угол поворота по оси Z (угол φ). Чтобы найти угол по оси X необходимо рассчитать уравнение нормали, уравнения (4,5). В результате углы α, φ рассчитываются по формулам (6):

$$\begin{aligned} A &= Y_2' \cdot Z_3' - Y_3' \cdot Z_2' \\ B &= X_2' \cdot Z_3' - X_3' \cdot Z_2' \\ C &= Y_3' \cdot X_2' - Y_2' \cdot X_3' \end{aligned} \quad (4)$$

Где A, B, C -координаты вектора нормали \vec{n} .

$$\vec{n} = \{A \quad B \quad C\} \quad (5)$$

$$\alpha = \arccos\left(\frac{|C|}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}\right), \quad \varphi = \arctan\left(\frac{Y_2'}{X_2'}\right) \quad (6)$$

Где α - угол поворота во круг оси X , φ - угол поворота во круг оси Z

Используя матрицы поворота, формулы 7, перейдем к желаемой новой системе координат.

$$M(\alpha) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}, \quad M(\varphi) = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

В результате получаем новую систему координат, она представлена на рисунке 1б, для получения координат объекта используется формулы 8

$$X = \frac{R_1^2 - R_2^2 + X_2'^2}{2 \cdot X_2'}, \quad Y = \frac{R_1^2 - R_3^2 + Y_2'^2 + Z_2'^2}{2 \cdot Y_3'} - \frac{X_3'}{Y_3'} \cdot X, \quad Z = \pm \sqrt{R_1^2 - X^2 - Y^2}. \quad (8)$$

Где R_1, R_2, R_3 – расстояния до объекта от стационарных точек, X, Y, Z - координаты объекта

Для перевода координат из локальной системы в глобальную необходимо умножить их на обратные матрицы $M(\alpha)$ и $M(\varphi)$ и прибавить координаты первой стационарной точки. Использование данных формул позволяет получить координаты объекта. Для апробации работы системы было выбрано движение по траектории «квадрат», в результате получены следующие координаты движения объекта, обозначенные красными точками, и реальные координаты, обозначенные зелеными точками, представленные на рисунке 4.

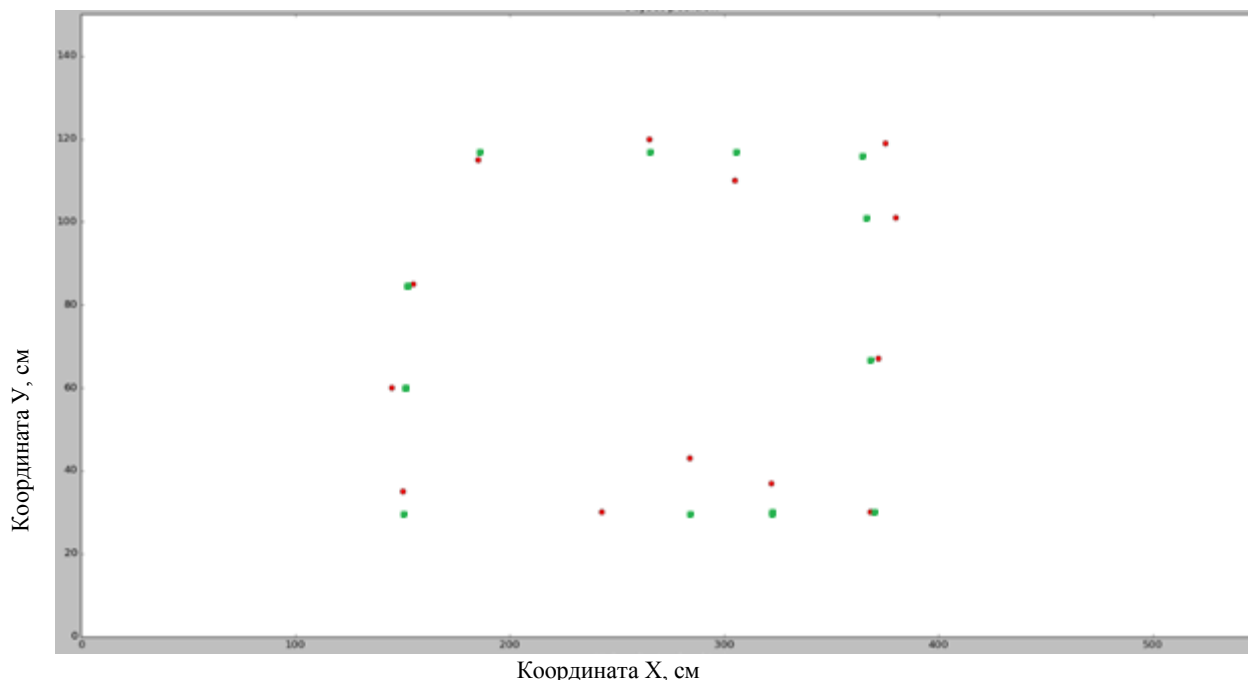


Рис. 4 – График перемещения метки по квадрату

Заключение: система позволяет определять положение объектов между стационарными точками, однако интегральная среднеквадратичная ошибка составляет порядка 20 см, что достаточно много для данной системы. Для увеличения точности возможно использование большего количества стационарных точек, а также использование дополнительной фильтрации по положению.

Список литературы / References

1. Ocaña M. Indoor robot navigation using a POMDP based on WiFi and ultrasound observations / Ocaña M. Bergasa L. Sotelo M. Flores R. // in 2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS – 2005. pp. 503–508.
2. Fu S. Hou Z. An indoor navigation system for autonomous mobile robot using wireless sensor network / Fu S. Hou Z. Yang G. // in 2009 International Conference on Networking, Sensing and Control – 2009, pp. 227–232.
3. Li Y. Zhang P. Realtime indoor navigation using smartphone sensors / Li Y. Zhang P. Niu X. Zhuang Y. Lan H. El-Sheimy N. // International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN) – 2015. P. 1–10.
4. Acer U. Forlivesi C. Liekens W. Perez-cruz F. Kawsar F. Sensing WiFi Network for Personal IoT Analytics / Acer U. Boran A. Forlivesi C. Liekens W. Perez-cruz F. Kawsar F. // 5th International Conference on the Internet of Things (IOT) – 2015, P. 104–111.
5. Schantz H. Characterization of error in a Near-Field Electromagnetic Ranging (NFER) Real-Time Location System (RTLS) / Schantz H. Weil C. Unden A. // IEEE Radio and Wireless Week, – 2011 IEEE Radio and Wireless Symposium. 2011. P. 379–382.
6. Ran C. Two average weighted measurement fusion Kalman filtering algorithms in sensor networks / Ran C. Deng Z. // Proceedings of the World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA) – 2008. P. 2387–2391.
7. Gast M. 802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide / Gast M. // O'Really Media, Inc. – 2005. Second Edition.
8. Kim K. Jee The stability of the adaptive two-stage extended Kalman filter / Kim K. Jee G. Song J. // International Conference on Control, Automation and Systems – 2008. P. 1378–1383.
9. Kim J. Soccer ball tracking using dynamic kalman filter with velocity control / Kim J. Kim T. // Proceedings of the 2009 6th International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization: New Advances and Trends – 2009. P. 367–374.
10. Long H. Qu Distributed extended kalman filter based on consensus filter for wireless sensor network / Long H. Qu Z. Fan X. Liu S. // 10th World Congress on Intelligent Control and Automation – 2012. P. 4315–4319.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.054>

Пантюхов О.Д.

Магистрант,

Донской государственной технической университет

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ ДЛИН ШАРНИРНЫХ ЛИНИЙ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАМНЫХ УЗЛОВ**Аннотация**

Произведено вычисление длин шарнирных линий изгиба фланцев в рамных узлах стальных конструкций по отечественной и британской методикам. Выполнены расчеты твердотельных моделей соединений для уточнения геометрии и характера расположения шарнирных линий. Полученные результаты показали существенное различие в значениях длин линий, вычисленных по двум методикам, а также иной характер их расположения при компьютерном моделировании. Намечены пути дальнейших исследований действительной работы фланцев.

Ключевые слова: фланцевое соединение, шарнирная линия, пластический момент.

Pantiukhov O.D.

Master's Degree Student,

Don State Technical University

TO THE QUESTION OF THE LENGTH OF HINGED LINES CALCULATION OF FLANGED CONNECTIONS IN FRAME NODES**Abstract**

The calculation of lengths of hinged lines of flanges in frame assemblies of steel structures by means of domestic and British methods is presented in the article. Calculations of solid-state models of joints are performed to clarify the geometry and character of the arrangement of hinge lines. Obtained results showed a significant difference in the values of line lengths calculated by the two methods, as well as different nature of their location in computer simulation. The ways of further studies of the actual operation of the flanges are outlined.

Keywords: flange connection, hinged line, plastic moment.

Вопрос о расчете фланцевых соединений рамных узлов достаточно актуален в силу разнообразных конструктивных решений узлов и характера их работы. Несущая способность таких соединений определяется предельным изгибающим моментом, возникающим в них. Причем, по серии 2.440-2 [7, С. 43] предельный изгибающий момент, который может быть воспринят соединением, определяется как минимальное из нескольких значений:

- достижение разрушающих (расчетных) усилий в стержнях наиболее нагруженных болтов;
- образование пластического механизма во фланце (изгиб фланца);
- образование пластического механизма в полке колонны;
- достижение напряжений текучести на всем участке стенки колонны при ее работе на растяжение, сжатие или сдвиг при наличии или отсутствии ребер жесткости.

Выполненные ранее исследования [1], позволили выявить неточности в формулах серии 2.440-2, касающихся вопроса определения предельного изгибающего момента, воспринимаемого болтами. Погрешность при этом может варьироваться в пределах 2-24%. Естественным образом возникает задача проверить и выражения для определения других предельных моментов, в частности, от изгиба фланца. Для более корректного анализа целесообразно сравнить результаты, полученные по [7] и аналогичным нормативным документам Великобритании.

Различие отечественной методики от методики Великобритании заключается в вариативности последней, которая предполагает расчет по нескольким схемам определения длин шарнирных линий, отечественная серия исключает вариативность, предлагая единственный вариант возникновения данных линий, зависящих от геометрии профиля и радиусов скругления и т.п.

Пластический момент изгиба фланца согласно [10, С. 18] определяется по формуле:

$$M_p = \frac{L_{eff} \cdot t^2 \cdot p_y}{4}, \quad (1)$$

где L_{eff} – фактическая длина шарнирной линии, определяемая по предложенным схемам;

t – толщина полки колонны или толщина фланца соединения;

p_y – предел текучести полки колонны или фланца.

Фактические шарнирные длины определяются в зависимости от расположения пары болтов относительно кромок профиля и ребер. Во фланцевом соединении необходимо выделить характерные участки размещения болтов, просчитать несколько вариантов, из которых выбрать минимальное значение. Если проанализировать формулы для определения длин линий, то геометрия последних определяется расстоянием от болта до ближайшего защемления: сварных швов профиля, ребер (параметр m) или кромки фланца (параметр e). В некоторых схемах присутствует коэффициент α , определяемый по п. 2.16 [10, С. 23]. На схеме показаны возможные варианты появления шарнирной линии, к примеру (рис. 1):

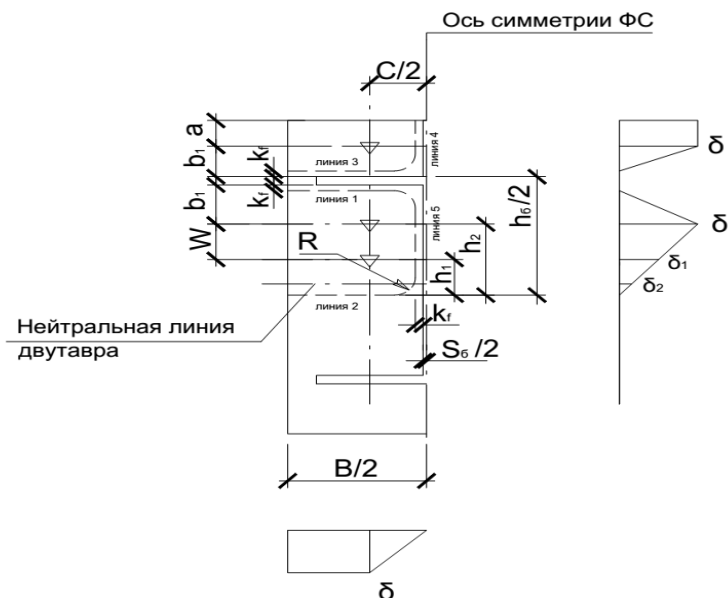


Рис. 3 – Схема методики [2], соответствующая рассматриваемому примеру рис. 2

Длины линий определяются из формулы работы [7, С. 62] и представляют собой сумму прямолинейных и скругленных участков:

$$L_{n.y.} = 3 \cdot \frac{B-C}{2} + 2 \cdot \frac{B-C}{2} + 2 \cdot a + 2 \left(\frac{h_{\delta}}{2} - \frac{C}{2} - \frac{S_{\delta}}{2} - k_f - b_1 \right) + 2 \cdot \left(1 + \left(\frac{2 \ln h}{\pi} \right)^2 \right) \cdot R + \pi \cdot R; \quad (4)$$

Результаты вычислений по обеим методикам представлены в таблице 1:

Таблица 1 – Суммарные длины шарнирных линий

Номер схемы по [7]	Длины линий по [10], мм	Длины линий по [7], мм
№1	1260	758

Полученные значения свидетельствуют о необходимости выполнения дополнительных исследований, например, проведения твердотельного моделирования в программе SolidWorks (рис. 3).

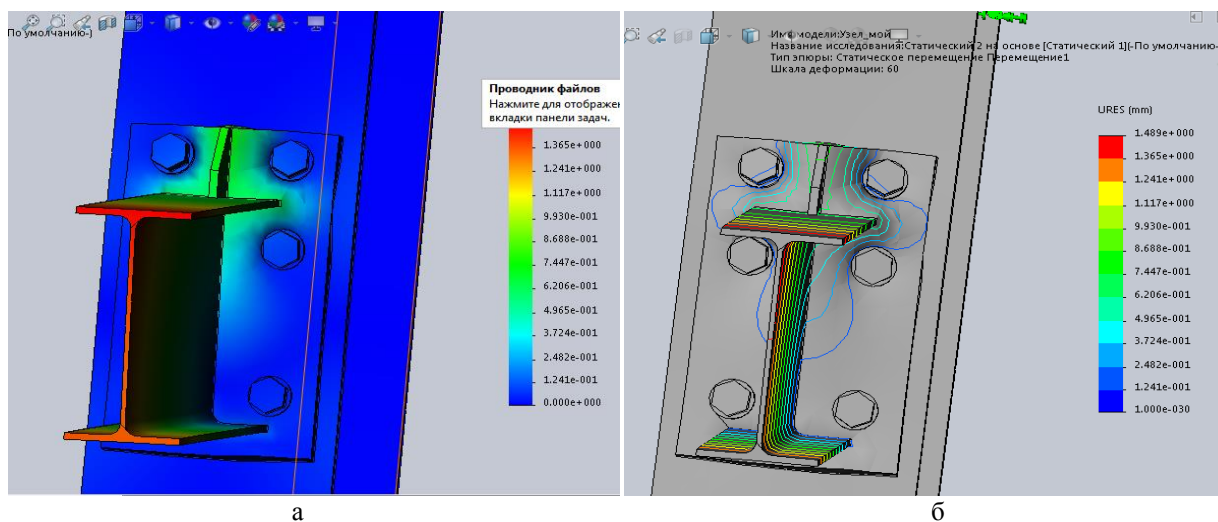
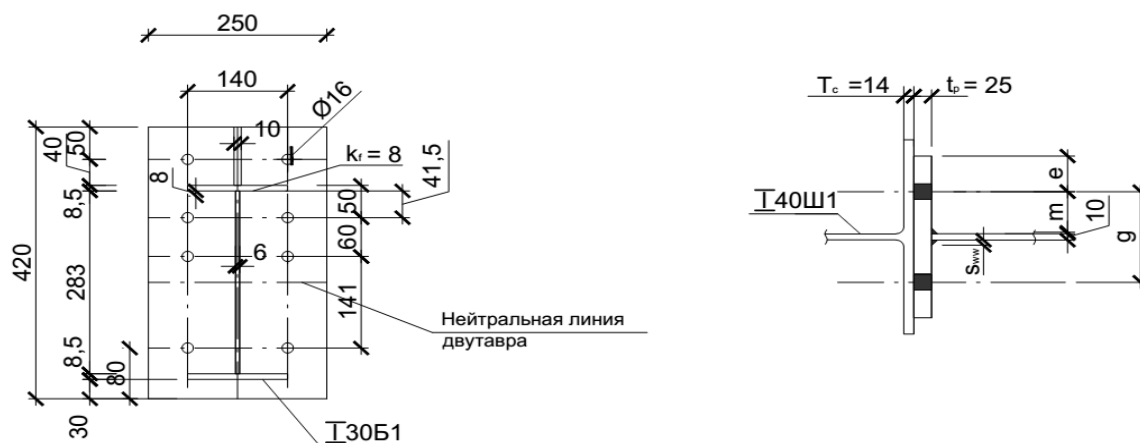


Рис. 4 – Шарнирные линии фланца (а) дискретно (б) линиями (схема №1)

Характер образования линий пластического момента качественно отличается от результатов рассматриваемых методик для болтов второго ряда, находящихся под полкой двутавра.

Качественное отличие результатов твердотельного моделирования от принятых в нормативных документах требует проверки на других вариантах узлов. Рассмотрим схему №2 по [7] с тремя рядами болтов (Рис. 5):



а б
Рис. 5 – Расчетная схема фланцевого соединения (схема №2):
а – общий вид, б – разрез

Согласно отечественной методике уравнение длин шарнирных линий запишется в виде (5):

$$L = 2 \cdot \left(3 \cdot \frac{B-C}{2} \right) + 2a + 2 \cdot \left(\frac{h_0}{2} - b_1 - k_f - 2 \left(\frac{C}{2} - \frac{S_0}{2} - k_f \right) \right) +$$

$$+ 4 \cdot \left(1 + \left(\frac{2 \ln h}{\pi} \right)^2 \right) \cdot R + 2 \cdot \frac{\pi R}{2}, \quad (5)$$

Выполним расчет по методике Великобритании. Формула длин шарнирных линий для верхнего ряда, ограниченного ребром и кромкой двутавра:

$$L_{eff} = \text{Min} [\text{Max} (v, vi), \text{Max} (ii, iii), i], \quad (6)$$

Для 2-го и 3-го ряда:

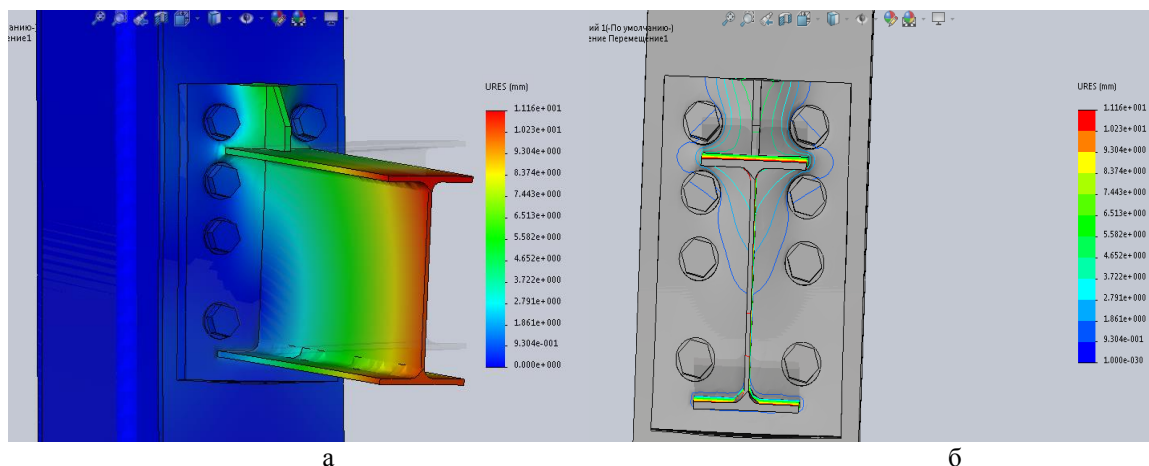
$$L_{eff} = \text{Max} \left[\frac{ii}{2}, \left(iii - \frac{ii}{2} \right) \right] + \frac{p}{2}, \quad (7)$$

Сравнение результатов также осуществляем в табличной форме.

Таблица 2 – Суммарные длины шарнирных линий

Номер схемы по [7]	Длины линий по [10], мм	Длины линий по [7], мм
№2	1017	687

Твердотельное моделирование показывает следующий характер деформирования фланца (рис. 6):



а б
Рис. 6 – Характер изгиба фланца:
а – дискретно, б – линиями (схема №2)

При изгибе фланца в зоне верхних болтов характер шарнирных линий совпадает с представленными методиками. Шарнирные же линии вторых и третьих рядов болтов плавно переходят к стенке двутавра, не образуя горизонтальных участков, как предполагается в [7]. Полученные результаты свидетельствуют об ином характере деформаций фланца во внутренней зоне двутавра. Кроме того, результаты подсчетов длин линий (табл. 1, 2) заметно разнятся. Достоинствами методики Великобритании является вариативность подхода к определению длин линий, учет гибкости различных участков фланца, простота расчетных схем. Главный недостаток – относительная трудоемкость расчета. К достоинствам отечественной методики можно отнести однозначность расчетных схем, рассмотрение скругленных участков как логарифмических спиралей и т.д. Основные недостатки – неточности и опечатки в расчетных формулах, вызывающие трудности их анализа.

В заключение отмечаем, что корректный расчет длин шарнирных линий непосредственным образом влияет на определение несущей способности соединения, что позволяет избежать применения нерациональных технических решений, снизить металлоемкость конструкции и т.д. Таким образом, вопрос о расположении и длинах линий во фланцевых соединениях рамных узлов требует дополнительной проработки.

Список литературы / References

1. Беленя Е.И. Металлические конструкции / Е.И. Беленя, Н.Н. Стрелецкий – М.: Стройиздат, 2007. – 549 с.
2. Вдовенко Н.В. К вопросу об определении несущей способности болтов во фланцевых соединениях изгибаемых конструкций/ Н.В.Вдовенко. - Международный научно-исследовательский журнал. Часть 3. – 2017. – №5 (59) 2017. – С.23-28;
3. ГОСТ 26020-83. Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Сортамент. – Введ. 1986-01-01. – М.: Стандартинформ, 2012. – 5 с.
4. Кузнецов В. В. Металлические конструкции. Справочник проектировщика, Том 1 – Общая часть/ В.В. Кузнецов – М.: Изд-во ABC, 1998. – 569 с.
5. Мандриков А.П. Примеры расчета металлических конструкций / А.П. Мандриков. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1991. – 431 с.
6. Рекомендации по расчету, проектированию, изготовлению и монтажу фланцевых соединений стальных строительных конструкций. – М.: Госстрой СССР, 1989. – 54 с.
7. Серия 2.440-2. Узлы стальных конструкций производственных зданий промышленных предприятий. Выпуск 7. Болтовые фланцевые рамные соединения балок с колоннами стальных каркасов зданий и сооружений. – Введ. 1994.02.01. – М.: НИПИПромстальконструкция, 1994. – 83с.
8. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* (с Изменением N 1). – Введ. 2011-05-20. – М.: Минрегион России, 2011. – 172 с.
9. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – Введ. 2017-06-04. – М.: Минрегион России, 2017. – 80 с.
10. Joints in Steel Construction: Moment connections. The Steel Construction – Institute, Silwood Park, Ascot, Berks SL5 7QN. P 8, 1997. – 233 p.

Список литературы на английском языке/ References in English

1. Belenja E.I. Metallicheskie konstrukcii [Steel constructors]/ E. I.Belenja, N. N. Streleckij.– М.: Strojizdat, 2007. – 549 p. [in Russian]
2. Vdovenko N.V. K voprosu ob opredelenii nesushhej sposobnosti boltov vo flancevyh soedinenijah izgibaemykh konstrukcij [On the problem of limiting capacity of bolts determination in flange connections of bending structures]/ N.V.Vdovenko // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal Ch.3. [International Research Journal P.2]. – 2017. – №5 (59) 2017 – p. 23-28. [in Russian]
3. GOST 26020-83. Dvutavry stal'nye gorjachekatanye s parallel'nymi granjami polok. Sortament [Hot-rolled steel I-beam with parallel flange edges. Dimensions]. – Vved. 1986-01-01. – М.: Standartinform, 2012. – 5 p [in Russian]
4. Kuznecov V. V. Metallicheskie konstrukcii. Spravochnik proektirovshhika, Tom 1 – Obshhaja chast' [Steel constructors. Designer directory. V.2- General part]/ V.V. Kuznecov – М.: Izd-vo ABC, 1998. – 569 p. [in Russian]
5. Mandrikov A.P. Primery rascheta metallicheskih konstrukcij [Examples of calculation of steel constructors] / A.P. Mandrikov. - 2nd edition. – М.: Stroiizdat, 1991. - 431 p. [in Russian]
6. Rekomendacii po raschetu, proektirovaniju, izgotovleniju i montazhu flancevyh soedinenij stal'nyh stroitel'nyh konstrukcij [Guidelines for calculation, design, manufacture and assembly of flanged joints of steel building structures]. – М.: Gosstroj SSSR, 1989. – 54p. [in Russian]
7. Seriju 2.440-2. Uzly stal'nyh konstrukcij proizvodstvennyh zdaniy promyshlennyh predpriyatij. Vypusk 7. Boltovye flantsevye soedineniya balok s kolonnami stal'nyh karkasov zdaniy i sooruzhenij [Series 2.440-2. Knots of steel structures of production buildings of the industrial enterprises. Issue 7. Bolt flange frame connections of beams with columns of steel frameworks of buildings and constructions]. – Vved. 1994.02.01. – М.: NIPIPromstal'konstruktsiya, 1994.-83p. [in Russian]
8. SP 16.13330.2011. Stal'nye konstrukcii. Aktualizirovannaja redakcija SNIp II-23-81* (s Izmeneniem N 1) [Steel structures. Updated redaction of SNIp II-23-81* (with Change N1)] – Vved. 2011-05-20. – М.: Minregion Rossii, 2011. – 172 p. [in Russian]
9. SP 20.13330.2016. Nagruzki i vozdejstviya. Aktualizirovannaja redakcija SNIp 2.01.07-85* [Loads and actions. Updated redaction of SNIp 2.01.07-85*] – Vved. 2017-06-04. – М.:Minregion Rossii, 2017. – 80 p. [in Russian]
10. Joints in Steel Construction: Moment connections. The Steel Construction – Institute, Silwood Park, Ascot, Berks SL5 7QN. P 8, 1997. – 233 p.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.025>Поротова Е.Ю.¹, Каледина М.В.², Шевченко Н.П.³ Уколова О.А.⁴¹ORCID: 0000-0001-6124-6416, Кандидат технических наук¹Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского²ORCID: 0000-0002-5835-996X, Кандидат технических наук,³Кандидат технических наук, ⁴Бакалавр,^{2,3,4}Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина**ФИТОПРОДУКТЫ С ЭКСТРАКТАМИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА
НА ОСНОВЕ СЫВОРОТОЧНО-ПОЛИСАХАРИДНОЙ ФРАКЦИИ****Аннотация**

Сывороточно-полисахаридная фракция (СПФ) – принципиально новое молочное сырье, полученное путем фракционирования цельного или обезжиренного молока пектином. По своим функционально-технологическим свойствам является прекрасной основой для производства функциональных продуктов. В статье рассмотрена возможность использования СПФ в качестве экстрагента БАВ из лекарственного растительного сырья. Установлены оптимальные параметры процесса экстрагирования: продолжительность, температура и массовая доля растительного компонента к экстрагенту. Разработаны рецептуры сорбетов с использованием экстрактов на основе СПФ и определены потребительские показатели фитопродуктов.

Ключевые слова: сывороточно-полисахаридная фракция, флокулянт, яблочный пектин, лекарственные растения, экстрагирование, сорбет, фитопродукт.

Porotova E.Yu.¹, Kaledina M.V.², Shevchenko N.P.³, Ukolova O.V.⁴¹ORCID: 0000-0001-6124-6416, PhD in Engineering¹Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky²ORCID: 0000-0002-5835-996X, PhD in Engineering,³PhD in Engineering,⁴Bachelor,^{2,3,4}Belgorod State Agricultural University named after V.Ya. Gorin**PHYTOPRODUCTS WITH EXTRACTS OF HERBAL RAW MATERIALS OF THE CRIMEAN PENINSULA
ON THE BASIS OF SERUMAL-POLYSACCHARIDIC FRACTION****Abstract**

Serumal-polysaccharidic fraction (SPF) is a fundamentally new milk raw material, obtained by fractionation of full or skimmed milk with pectin. By its functional and technological properties it is an excellent basis for the production of functional products. The paper considers the possibility of using SPF as an extractant of BAS from medicinal herbal raw materials. The optimal parameters of the extraction process are determined: the duration, temperature and mass fraction of the herbal component to the extractant. The recipes of sorbets with the use of extracts based on SPF are developed as well as the consumer indicators of phytoproducts.

Keywords: serumal-polysaccharidic fraction, flocculant, apple pectin, medicinal plants, extraction, sorbet, phytoproduct.

В настоящее время актуальным является производство молочных продуктов с повышенной биологической и функциональной ценностью. Сырьем для таких продуктов могут являться как традиционные виды молочного сырья (обезжиренное молоко, пахта сыворотка, молоко), так и нетрадиционные. Одним из интересных направлений в технологии функциональных продуктов является производство комбинированных молочных продуктов, сочетающих в себе пользу молока и растительных компонентов [9, С. 124]. Потребление таких продуктов способствует противостоянию окислительному стрессу организма и преждевременному старению. Растительные компоненты позволяют регулировать биологическую и пищевую ценность молочных продуктов, путем обогащения их витаминами, минеральными веществами, фитоцитами, растительными белками и углеводами [3, С. 123]. В данном случае важно правильно подготовить растительный компонент, применяя такие режимы обработки, которые бы позволяли максимально сохранить комплекс полезных веществ.

Одним из новых направлений является использование в качестве экстрагента фитокомпонентов из растительного сырья сывороточно-полисахаридной фракции (СПФ), полученной в результате разделения молока под действием флокулянта – яблочного пектина [4, С. 5]. Процесс фракционирования полисахаридами весьма перспективен для переработки молочного сырья – низкие энергетические затраты, нет денатурирующих изменений в системе, экологическая безопасность производства, полученные фракции (белковая и сывороточно-полисахаридная) являются прекрасной основой для получения продуктов функциональной направленности [1, С.195], [5, С.556]. СПФ имеет ярко выраженную пребиотическую, радиопротекторную и детоксицирующую способность, что обусловлено содержащимся в ней пектином. СПФ может использоваться как самостоятельно, так и как рецептурный компонент в любых молочных продуктах, так как по своей сути является плазмой молока, имеет схожие физико-химические и органолептические свойства [2, С.105-106], [6, С.30].

Цель работы – исследование параметров экстрагирования биологически активных веществ из лекарственного сырья Крымского полуострова в сывороточно-полисахаридную фракцию молока.

Исследования проводились в рамках проекта Программы развития Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского «Сеть академической мобильности «Академическая мобильность молодых ученых России - АММУР» на базе Белгородского государственного аграрного университета им. В.Я. Горина.

Объекты исследования: сывороточно-полисахаридная фракция молока, полученная путем воздействия на молочное сырье яблочного пектина; листья соцветий шиповника, листья лимонника и плоды барбариса. Выбранное растительное сырье является природными иммуномодуляторами, обладают гипотензивными, противовоспалительными,

антисептическими свойствами [7, С.57], [8, С.203]. Органолептические показатели экстрактов сочетаются с молочным сырьем.

СПФ получали при следующих параметрах: содержание пектина 0,6 % от массы сырья; температура проведения процесса 10 °С; пектин вносили в молочное сырье в виде 5% раствора при температуре 22-25°С смешиваемых компонентов. В цельное или обезжиренное молоко, предварительно пастеризованное при температуре 85 °С с выдержкой 15-20 секунд, вносили охлажденный после термической обработки при 95 °С раствор пектина [10, С.66]. Процесс флокуляции длился 3-4 часа. Далее полученные фракции разделяли путем слива СПФ. Физико-химические показатели СПФ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели СПФ

Показатель	Содержание в СПФ
Титруемая кислотность, °Т	17-18
Активная кислотность, рН	6,38±0,04
Сухие вещества, %	6,4±0,1
Массовая доля жира, %	Следы
Массовая доля белка, %	0,6±0,1
Массовая доля лактозы в массе сырья, %	3,23
Массовая доля лактозы, в пересчете на водную часть сырья, %	3,45±0,05
Массовая доля пектина, %	0,6

Для изучения процесса экстрагирования БАВ в СПФ из растительного сырья выбраны следующие параметры процесса экстрагирования: температура (40–60)° С, количество сырья от 1 до 10 % от массы экстрагента. Предварительно высушенное, измельченное растительное сырье смешивали с СПФ и экстрагировали в интервале температур 40–60° С, продолжительность экстрагирования 30 минут. После термостатирования образцы фильтровали, охлаждали и определяли количественное содержание витамина С и биофлавоноидов (рутина) титриметрически. В качестве контроля использовали экстракты на воде.

Выявление оптимальной продолжительности процесса экстракции биологически активных веществ в СПФ проводили при следующих условиях: температура 50 °С, массовая доля крымского лимонника – 2 %, массовая доля барбариса – 5 %, время экстракции 30-150 минут.

Анализ полученных результатов показал, что основные факторы оказывающие влияние на процесс экстрагирования: температура процесса, соотношение массы экстрагируемого растительного сырья к экстрагенту и продолжительность процесса. Для всех экстрактов характерно увеличения БАВ с увеличением содержания сухих веществ растительного сырья в растворе (Рис.1).

Однако для шиповника и лимонника превышение их содержания в сухом виде в экстракте более 3% приводит к затруднению дальнейшей технологической обработки. С увеличением температуры процесса экстрагирования в исследуемых экстрактах увеличивалось содержание биофлавоноидов, а содержания витамина С уменьшалось. Поэтому принято решение использование температуры экстрагирования не более 50 °С.

Увеличение продолжительности процесса также способствует закономерному увеличению концентрации БАВ в экстрактах (Рис 2). Отмечено, что с превышением процесса более 1,5 часов, в последствии после отделения и охлаждения экстрактов, наблюдался эффект образования плотных не тягучих гелей. Это обусловлено переходом в СПФ из растительного сырья некоторого количества пектиновых веществ, что в свою очередь, приводит к стабилизации системы и образованию геля. Поэтому продолжительность процесса экстрагирования не рекомендуется более 60 минут.

В качестве практической реализации исследования, на основе полученных экстрактов разработаны рецептуры сорбетов (Таблица 2). Технология производства осуществлялась согласно технологической схеме производства мороженого. Особенность – этап получения экстрактов на СПФ, внесение сахара и стабилизатора и последующая кратковременная пастеризация при температуре не выше 76 °С.

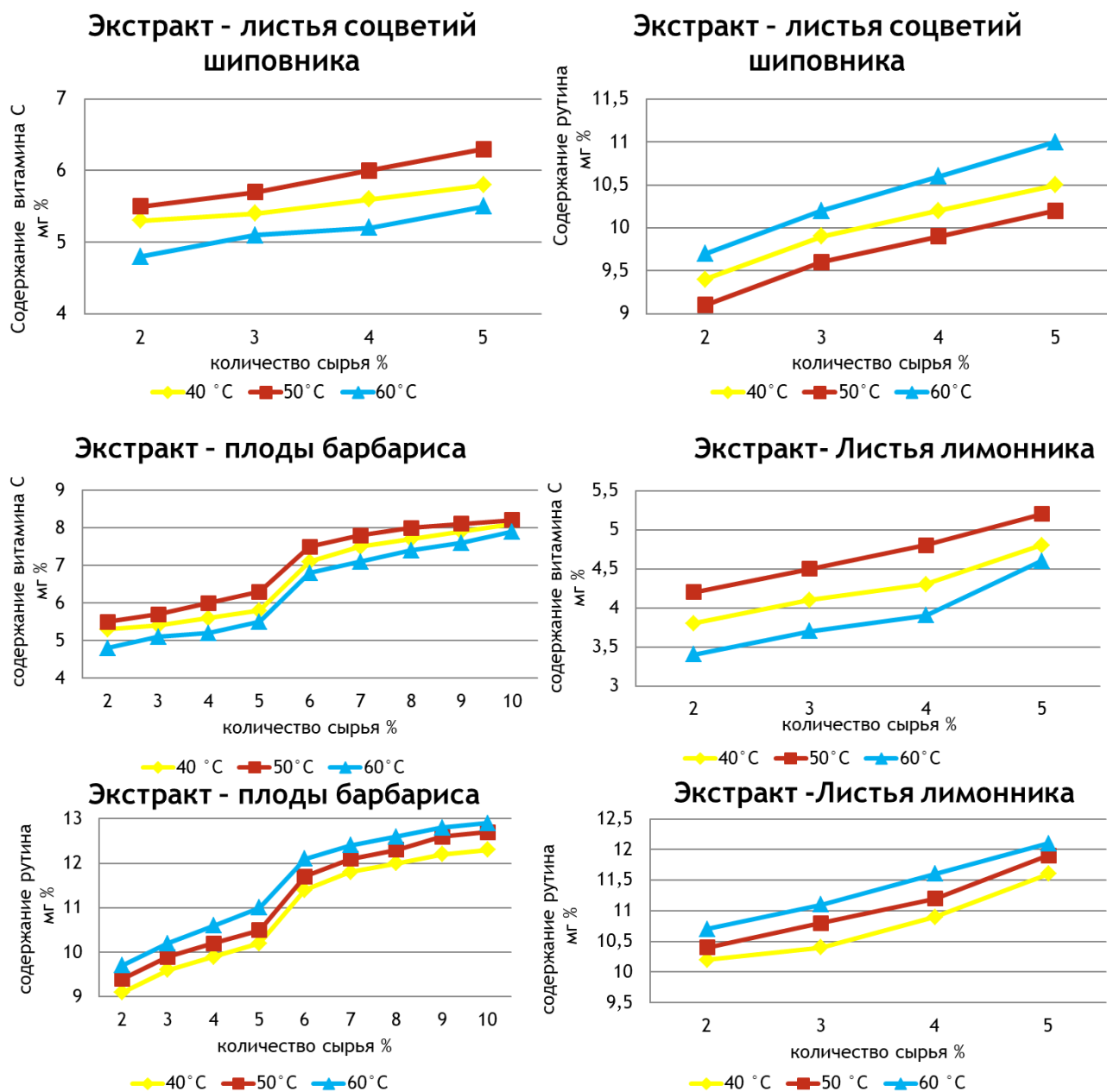


Рис. 1 – Зависимости содержания витамина С и рутина от количества сырья в экстрактах при температурах процесса от 40 до 60 °C

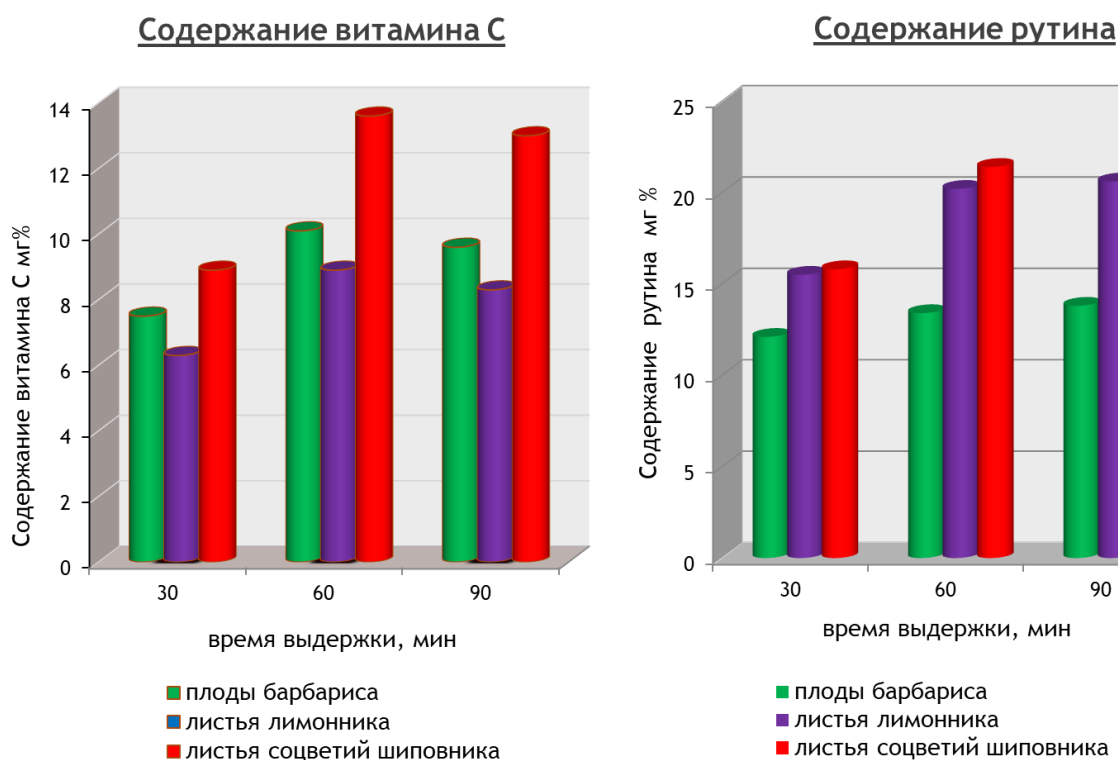


Рис. 2 – Влияние продолжительности экстракции на содержание витамина С и рутина в экстрактах барбариса, лимонника и шиповника на основе СПФ

Полученные продукты имели оригинальные органолептические характеристики, обусловленные вкусом и ароматом используемых экстрактов.

Таблица 2 – Рецепт на сорбеты с растительными экстрактами на основе СПФ

Наименование компонента	Масса, кг
Экстракт на СПФ, сухие вещества 6,0 %	71,7
Растительное сырье, %	2
Сахар, сухие вещества 95%	26
Кремодан	0,4
Итого масса продукта	100

Таким образом, полученные продукты максимально сбалансированы по пищевой и биологической ценности, функциональные ингредиенты, продуктов, оказывают профилактические свойства различных заболеваний, они могут быть востребованы как продукты функционального назначения.

Список литературы / References

1. Орлова Т.А. Функциональные продукты питания на основе концентратов, полученных при фракционировании молочного сырья полисахаридами / Т.А. Орлова, М.А. Ткаченко // Материалы международной конференции «Пробиотики, пребиотики и функциональные продукты питания». – Москва. – 2004. – С. 194–195.
2. Молочников В.В. Безотходная технология переработки молока с применением полисахаридов / В.В. Молочников. – М.: Агропромиздат, 2007. – 320 с.
3. Орлова Т.А. Использование фракционирования молочного сырья полисахаридами в производстве функциональных продуктов питания / Т.А. Орлова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 8. – С. 123–125.
4. Трухачев В.И. Инновационная составляющая биомембранной технологии производства молочных продуктов / В.И. Трухачев, В.В. Молочников, А.Г. Храмцов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – №5. – С. 3–7.
5. Трухачев В.И. Некоторые аспекты оценки радиопротекторной активности молочных продуктов технологии «Био-тон» / В.И. Трухачев, В.В. Молочников, С.А. Емельянов // Fundamental and Applied Studies in the Pacific and Atlantic Oceans Countries The 1st International Academic Congress. – 2014. – С. 554–557.
6. Молочников В.В. Новый взгляд на переработку молока / В.В. Молочников, Т.А. Орлова, В.В. Морено // Пищевая промышленность. – 2009. – № 6. – С. 30–31.
7. Машковский М.Д. Лекарственные средства. В 2 т. / М.Д. Машковский. – М: ООО Издательство Новая Волна, 2000. – 421 с.

8. Лекарственные растения: Справочное пособие. / Н.И. Гринкевич, И.А. Баландина, В.А. Ермакова и др.; Под ред. Н.И. Гринкевич – М.: Высшая школа, 1991. – 398 с.
9. Поротова Е.Ю. Использование сывороточно-полисахаридной фракции молока в качестве экстрагента биологически активных веществ из растительного сырья Крымского полуострова / Е.Ю. Поротова, М.В. Каледина, Н.П. Шевченко, О.А. Уколова // Znanstvena misel journal. – 2017. – №4. – С. 123–126.
10. Каледина М.В. Использование полисахаридов в функциональных продуктах / М.В. Каледина, А.Н. Федосова, О.А. Уколова // Молочная промышленность. – 2017. – №6. – С. 65–67.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Orlova T.A. Funkcional'nye produkty pitaniya na osnove koncentratov, poluchennyh pri frakcionirovanii molochного syr'ya polisaharidami [Functional foods based on concentrates obtained by fractionation of raw milk polysaccharides] / T.A. Orlova, M.A. Tkachenko // Materialy mezhdunarodnoj konferencii «Probiotiki, prebiotiki i funkcional'nye produkty pitaniya» (Moskva) [The international conference "Probiotics, prebiotics and functional foods" (Moscow)]. – 2004. – P. 194–195. [in Russian]
2. Molochnikov V.V. Bezothodnaya tekhnologiya pererabotki moloka s primeneniem polisaharidov [Wasteless technology of processing of milk using polysaccharides] / V.V. Molochnikov – М.: Agropromizdat, 2007. – 320 p. [in Russian]
3. Orlova T. A. Ispol'zovanie frakcionirovaniya molochного syr'ya polisaharidami v proizvodstve funkcional'nyh produktov pitaniya [Use of raw milk fractionation by polysaccharides in the production of functional foods] / T.A. Orlova // Hranenie i pererabotka sel'hozsr'ya [Storage and processing of agricultural products]. – 2003. – №8. – P. 123–125. [in Russian]
4. Truhachev V.I. Innovacionnaja sostavljajushhaja biomembrannoj tehnologii proizvodstva molochnyh produktov [Innovative component of biomembrane technology for the production of dairy products] / V.I. Truhachev, V.V. Molochnikov, A.G. Hramcov. // Vestnik Rossijskoj sel'skohozjajstvennoj nauki [Bulletin of the Russian Agricultural Science]. – 2015. – №5. – P.3–7. [in Russian]
5. Truhachev V.I. Nekotorye aspekty ocenki radioprotektoznoj aktivnosti molochnyh produktov tehnologii «Bio-ton» [Aspects of evaluation of radioprotective activity of dairy products of the "Bio-ton" technology] / V.I. Truhachev, V.V. Molochnikov, S.A. Emel'janov // Fundamental and Applied Studies in the Pacific and Atlantic Oceans Countries The 1st International Academic Congress. – 2014. – P. 554–557. [in Russian]
6. Molochnikov V.V. Novyj vzgljad na pererabotku moloka [New look at the processing of milk] / V.V. Molochnikov, T.A. Orlova, V.V. Moreno // Pishhevaja promyshlennost' [Food industry]. – 2009. – № 6. – P. 30–31. [in Russian]
7. Mashkovskij M.D. «Lekarstvennye sredstva». V 2 t [Medicines. In 2 p.] / M.D. Mashkovskij - М., ООО «Izdatel'stvo Novaja Volna», 2000. – 421 p. [in Russian]
8. Lekarstvennye rastenija: Spravochnoe posobie [Directory of medicinal plants] / N.I. Grinkevich, I.A. Balandina, V.A. Ermakova and others.; edited by N.I. Grinkevich – М.: Vysshaja shkola, 1991. – 398 p. [in Russian]
9. Porotova E.Yu. Ispol'zovanie syvorotochno-polisaharidnoj frakcii moloka v kachestve jekstragenta biologicheski aktivnyh veshhestv iz rastitel'nogo syr'ja Krymskogo poluostrova [Whey-polysaccharide milk fraction utilization as an extractant of biologically active substances from Crimean peninsula herbal plants] / E.Yu. Porotova, M.V. Kaledina, N.P. Shevchenko, O.A. Ukolova // Znanstvena misel journal. – 2017. – №4. – P. 123–126. [in Russian]
10. Kaledina M.V. Ispol'zovanie polisaharidov v funkcional'nyh produktah [Polysaccharides in functional foods] / M.V. Kaledina, A.N. Fedosova, O.A. Ukolova // Molochnaja promyshlennost' [Dairy industry]. – 2017. – №6. – P. 65–67. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.055>Санжаровская Н.С.¹, Храпко О.П.²¹ORCID: 0000-0002-8403-7892, Кандидат технических наук,²ORCID: 0000-0002-8453-1735, Кандидат технических наук,

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЙНОГО МАРМЕЛАДА НА ОСНОВЕ ПЕКТИНОВЫХ ЭКСТРАКТОВ И ФИТОНАСТОЕВ**Аннотация**

С целью расширения сырьевой базы при производстве мармеладных изделий изучена возможность использования пектиновых экстрактов из дикорастущего ягодного сырья и фитонастоев лекарственных растений. Определено влияние вносимых добавок на качественные показатели готового продукта. Обоснованы и разработаны рецептуры и технологии производства желейного мармелада «Ягодный», «Фито», «Весенний», позволяющие получать продукты массового потребления с повышенной пищевой ценностью, предназначенные для функционального питания.

Ключевые слова: фитонастои, пектиновый экстракт, мармелад.

Sanzharovskaya N.S.¹, Khrapko O.P.²¹ORCID: 0000-0002-8403-7892, PhD in Engineering,²ORCID: 0000-0002-8453-1735, PhD in Engineering,

The Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin

TECHNOLOGY OF JELLY MARMALADE MANUFACTURE BASED ON PECTIN EXTRACTS AND HERBAL POTIONS**Abstract**

With the purpose of expanding the raw material base in the production of marmalade products, the possibility of using pectin extracts from wild berry raw materials and medicinal herbs potions has been studied. The influence of additives on the quality indicators of the finished product is determined. The recipes and technologies for the production of jelly marmalade "Yagodnyi", "Fito", "Vesenniy", which allow to obtain mass consumption products with increased nutritional value, designed for functional nutrition, are grounded and developed.

Keywords: herbal potions, pectin extract, marmalade.

В современном обществе отслеживается тенденция формирования системы здорового питания, которая диктует потребность в создании современных кондитерских изделий с пониженной сахароемкостью и повышенным содержанием нутриентов. Выпуск данного вида продукции позволит перевести ее из группы «риска» в группу функциональных продуктов питания. Поэтому необходима разработка технологий производства кондитерских изделий с внесением в их состав нетрадиционных видов сырья, не изменяющих качественные характеристики продукта, при этом способствующих снижению калорийности продукта и повышению его пищевой ценности [1, С.195], [2, С.103].

Желейный мармелад, изготавливаемый на основе природных полисахаридов, имеет повышенное содержание сахара и невысокое содержание витаминов, микро-, макроэлементов, также в нем присутствуют синтетические вкусоароматические ингредиенты, что относится к его существенным недостаткам [3, С. 181], [4, С. 42].

Поэтому актуальным направлением в развитии кондитерской отрасли является разработка на научной основе технологии производства конкурентоспособного желейного мармелада, обогащенного физиологически функциональными ингредиентами [5, С. 50], [6, С.49].

Цель работы – разработка рецептур и технологии желейного мармелада на основе пектиновых экстрактов (ПЭ) и фитонастоев с высокими профилактическими свойствами.

В качестве основных объектов исследования использовали: пектиновые экстракты из плодов боярышника, шиповника и облепихи; фитонастои – ромашки аптечной, крапивы двудомной, мяты перечной [7, С. 15]; образцы желейного мармелада. Использование ПЭ и фитонастоев в технологии желейного мармелада позволит повысить уровень содержания БАВ, а также полностью исключить из рецептуры желейного мармелада искусственные красители и вкусоароматические вещества [8, С. 14].

В качестве основы для проектирования нового продукта использовалась рецептура желейного мармелада на основе сахара, патоки, высокоэтерифицированного пектина XSS – 100 и лактата натрия.

В первом варианте эксперимента («Ягодный») в рецептуру мармелада вводили фитонастой из листьев мяты и ПЭ из плодов боярышника.

Для приготовления фитонастоя мяты сырье заливали горячей водой в соотношении 1 : 40 и выдерживали в течение 15 минут при температуре 85–90 °С. Затем настаивали 30–40 минут, фильтровали и уваривали до содержания сухих веществ 2 % [9, С. 330].

Вариант второй («Фито») предусматривал внесение пищевой добавки из фитонастоев ромашки, крапивы и мяты перечной.

Фитонастой готовился из измельченного сырья в соотношении 1 : 1 : 1, по предыдущей схеме. Пектино-сахарный сироп, приготовленный на фитонастоях уваривался до содержания сухих веществ 82%, затем в варианте втором добавляли кислоту и мармелад направляли на формование.

В третьем варианте («Весенний») использовали фитодобавки из фитонастоя ромашки, ПЭ из плодов шиповника и облепихи [10, С. 28].

Изготовление опытных образцов мармелада с использованием ПЭ и фитонастоев осуществлялось в соответствии со схемой, представленной на рис.1.

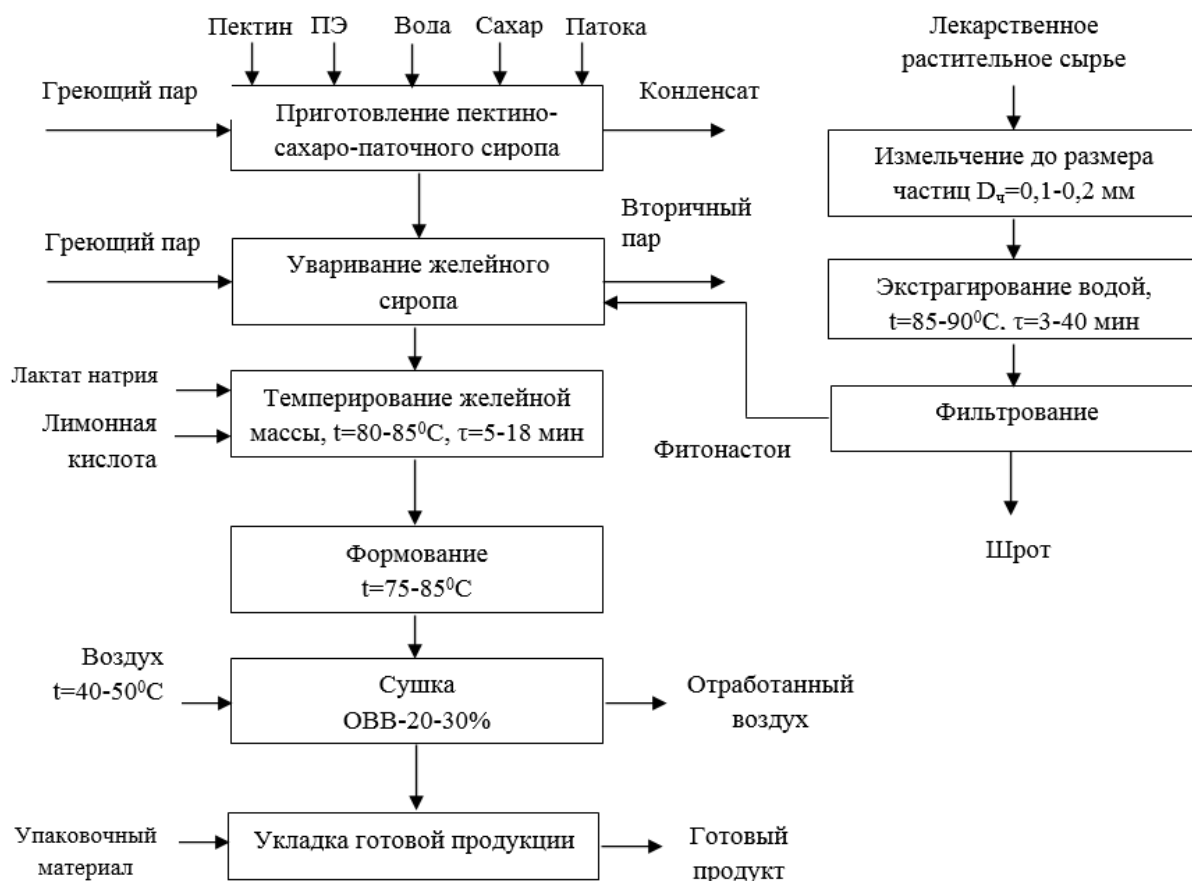


Рис. 1 – Структурная схема производства желейного мармелада на основе пектиновых экстрактов и фитонастоёв

Полученные образцы мармелада оценивались по комплексу показателей, который учитывал органолептические, физико-химические и структурно-механические характеристики, табл. 1.

Таблица 1 – Качественные показатели мармелада на основе ПЭ и фитонастоёв

Показатель	Образцы мармелада			
	Контроль	«Ягодный»	«Фито»	«Весенний»
Массовая доля влаги, %	21,5	20,1	20,6	20,4
Массовая доля редуцирующих веществ, %	15,7	15,6	16,0	15,7
Титруемая кислотность, град	11,5	12,3	10,7	12,5
Студнеобразующая способность, кПа	81,2	85,9	84,8	83,9

Согласно полученным результатам, содержание влаги во всех образцах практически равно. Титруемая кислотность анализируемых образцов изменяется от 10,7 до 12,5 град.

Оценивая влияние фитодобавок на механизм образования пектинового студня следует, отметить, что прочность студня во всех вариантах опыта увеличилась по сравнению с контролем.

Органолептическая оценка образцов проводилась по пятибальной шкале, результаты представлены на рис.2.

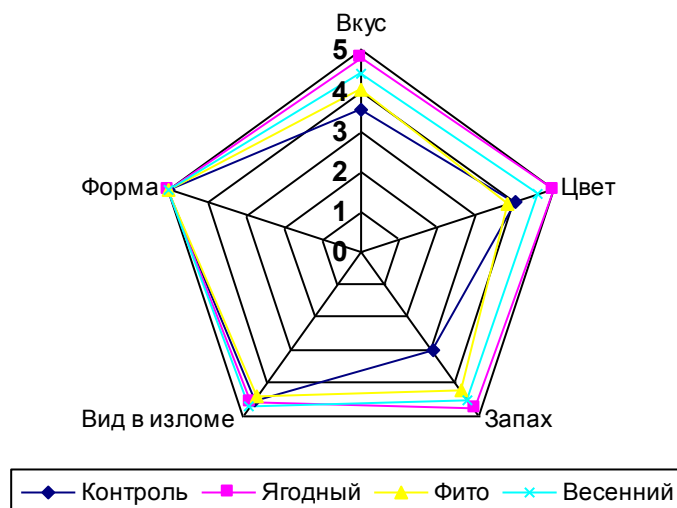


Рис. 2 – Органолептическая оценка образцов мармелада

По органолептическим характеристикам опытные образцы мармелада не уступали мармеладу на пектине, произведенному по традиционной рецептуре. Изделия обладали плотной консистенцией, имели ровный вид в изломе, приятный вкус и запах, характерный для мармелада.

Анализируя результаты, полученные в ходе исследований, можно сделать вывод о том, что введение в рецептуру желеинового мармелада фитонастоев лекарственного растительного сырья и ПЭ позволит повысить пищевую ценность мармелада, исключить применение синтетических красителей и ароматизаторов. В разработанных рецептурах мармеладных изделий произведена частичная замена сухого пектина, что способствует снижению затрат, и приводит к снижению себестоимости готового продукта.

Список литературы / References

1. Канарская З. А. Тенденции развития технологии кондитерских изделий / З.А. Канарская, Ф.К. Хузин, А.Р. Ивлева, В.М. Гематдинова // Вестник ВГУИТ. – 2016. – № 3. – С. 195–204.
2. Горбатовская Н.А. Инновационные технологии продуктов функционального назначения / Н.А. Горбатовская, Е.Н. Шоя, Н.В. Иванникова, Ш.Д. Умирбаева, Е.И. Атенев // Механика и технологии. – 2016. – № 2. – С. 102–107.
3. Веселева И.Д. Использование нетрадиционных источников сырья в технологии мармелада / И.Д. Веселева, И.В. Максимов, Е.Е. Курчаева // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 3. – С. 181–183.
4. Сокол Н.В. Роль пектиновых веществ в производстве продуктов питания лечебно-профилактического назначения / Н.В. Сокол, Н.С. Храмова, Ю.А. Ракова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2006. – №01(017). С. 41 – 49. – Шифр Информрегистра: 0420600012\0005, IDA [article ID]: 0170601006. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2006/01/pdf/06.pdf>.
5. Талаба Е.В. Органолептическая оценка желеинового мармелада с использованием ягодных полуфабрикатов / Е.В. Талаба // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – № 2. – С. 49–54.
6. Иоргачева Е.Г. Регулирование качества желеинового мармелада с измененным углеводным составом / Е.Г. Иоргачева, К.В. Аветисян // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2016. – № 11. – С. 48–56.
7. Храпко О.П. Разработка технологий и рецептур хлебобулочных изделий функционального назначения с использованием нетрадиционного растительного сырья Краснодарского края : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / О.П. Храпко. – Краснодар, 2012. – 26 с.
8. Донченко Л.В. Использование гидратопектинов из дикорастущего сырья в хлебопечении / Л.В. Донченко, Н.В. Сокол, Н.С. Храмова, О.П. Гайдукова // Хлебопечение России. – 2007. – № 1. – С. 14–16.
9. Клецкина Е.В. Возможность применения лекарственных растений в технологии мармеладных изделий / Е.В. Клецкина // Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. – 2016. – № 3. – С. 328–332.
10. Сокол Н.В. Исследование пектиновых веществ плодов дикорастущих культур / Н.В. Сокол, Н.С. Храмова, О.П. Гайдукова // Новые технологии. – 2008. – № 6. – С. 27–30.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kanarskaja Z. A. Tendencii razvitiya tehnologii konditerskih izdelij [Trends in the development of confectionery technology] / Z.A. Kanarskaja, F.K. Huzin, A.R. Ivleva, V.M. Gematdinova // Vestnik VGUIT [Bulletin VGUIT]. – 2016. – № 3. – P. 195–204. [in Russian]
2. Gorbatskaja N.A. Innovacionnye tehnologii produktov funkcional'nogo naznachenija [Innovative technologies for functional products] / N.A. Gorbatskaja, E.N. Shoja, N.V. Ivannikova, Sh.D. Umirbaeva, E.I. Atenov // Mehanika i tehnologii [Mechanics and technology]. – 2016. – № 2. – P. 102–107. [in Russian]
3. Veseleva I.D. Ispol'zovanie netradicionnyh istochnikov syr'ja v tehnologii marmelada [Use of non-traditional sources of raw materials in marmalade technology] / I.D. Veseleva, I.V. Maksimov, E.E. Kurchaeva // Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik [International Student Scientific Bulletin]. – 2016. – № 3. – P. 181–183. [in Russian]
4. Sokol N.V. Rol' pektinovyh veshhestv v proizvodstve produktov pitaniya lechenno-profilakticheskogo naznachenija [The role of pectin substances in the production of food products for therapeutic and prophylactic purposes] / N.V. Sokol, N.S. Khramova, O.P. Gaydukova // Novye tehnologii. – 2008. – № 6. – S. 27–30. [in Russian]

Hramova, Ju.A. Rakova // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Electronic resource]. – Krasnodar: KubGAU, 2006. – №01(017). P. 41 – 49. – Shift Informregistra: 0420600012\0005, IDA [article ID]: 0170601006. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2006/01/pdf/06.pdf>. [in Russian]

5. Talaba E.V. Organolepticheskaja ocenka zhelejnogo marmelada s ispol'zovaniem jagodnyh polufabrikatov [Organoleptic evaluation of jelly marmalade using berry semi-finished products] / E.V. Talaba // Tehnologii pishhevoj i pererabatyvajushhej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya [Technologies of food and processing industry of AIC - healthy food products]. – 2016. – № 2. – P. 49–54. [in Russian]

6. Iorgacheva E.G. Regulirvanie kachestva zhelejnogo marmelada s izmenennym uglevodnym sostavom [Quality control of jelly marmalade with altered carbohydrate composition] / E.G. Iorgacheva, K.V. Avetisjan // Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij [Eastern European Journal of Advanced Technology]. – 2016. – № 11. – P. 48–56. [in Russian]

7. Hrapko O.P. Razrabotka tehnologij i receptur hlebobulochnyh izdelij funkcional'nogo naznachenija s ispol'zovaniem netradicionnogo rastitel'nogo syr'ja Krasnodarskogo kraja [Development of technologies and recipes for bakery products of functional purpose using non-traditional plant raw materials of the Krasnodar Territory]: avtoref. dis. ... of PhD in Engineering: 05.18.01 / O.P. Hrapko. – Krasnodar, 2012. – 26 p. [in Russian]

8. Donchenko L.V. Ispol'zovanie gidratopektinov iz dikorastushhego syr'ja v hlebopechenii [Using hydrateopectins from wild-growing raw materials in bakery] / L.V. Donchenko, N.V. Sokol, N.S. Hramova, O.P. Gajdukova // Hlebopechenie Rossii [Baking of Russia]. – 2007. – № 1. – P. 14–16. [in Russian]

9. Kleckina E.V. Vozmozhnost' primeneniya lekarstvennyh rastenij v tehnologii marmeladnyh izdelij [The possibility of using medicinal plants in the technology of marmalade products] / E.V. Kleckina // Obrazovanie i nauka bez granic: social'no-gumanitarnye nauki [Education and Science Without Borders: Social and Human Sciences]. – 2016. – № 3. – P. 328–332. [in Russian]

10. Sokol N.V. Issledovanie pektinovyh veshhestv plodov dikorastushhih kul'tur [Study of pectin substances of fruits of wild cultures] / N.V. Sokol, N.S. Hramova, O.P. Gajdukova // Novye tehnologii [New technologies]. – 2008. – № 6. – P. 27–30. [in Russian]



*«Международный научно-исследовательский журнал» включен в базу данных **WorldCat**.*

***WorldCat** — крупнейшая в мире библиографическая база данных, насчитывающая свыше 240 млн записей о всех видах произведений на 470 языках мира. База создается совместными усилиями более чем 72 тыс. библиотек из 170 стран мира в рамках организации OCLC.*

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.082>Долапчи С.М.¹, Денисова О.А.²¹ORCID: 0000-0001-9609-5937, Южно-Уральский институт управления и экономики²ORCID: 0000-0001-6374-3109, доктор физико-математических наук, доцент,

Уфимский государственный нефтяной технический университет

ЭЛЕКТРОННО – КЛАСТЕРНЫЙ МЕХАНИЗМ РОСТА КРИСТАЛЛОВ КВАРЦА, ПОЛУЧЕННЫХ
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Аннотация

В данной работе представлена модель механизма последовательного образования кластеров и встраивания их в решётку кристалла кварца с перестройкой электронной структуры при образовании связей между встраиваемым комплексом и кристаллом. На примере кварца рассмотрены вопросы, связанные с формированием, самоорганизацией и профилированием кристаллов кварца в условиях неравновесной термодинамики. Кристаллизация осуществляется термодинамическими и кинетическими факторами. Первый из них определяет движущую силу кристаллизации, подготавливает этот процесс, второй осуществляет встраивание кристаллообразующих частиц в решётку. Оба действующих фактора взаимосвязаны между собой. Внутренняя энергия системы в кристаллическом состоянии ниже, чем в исходном, однако процесс перехода в кристаллическое состояние не проходит самопроизвольно. Для его начала нужно предварительно затратить некоторую энергию, а дальнейшая кристаллизация протекает самопроизвольно и в большинстве случаев сопровождается выделением избыточной энергии.

Ключевые слова: силоксановая связь, кремнийкислородные тетраэдры, глобулы, натрий, кварц, тридимит, прочность, упругость, отжиг, расплав, тетраэдр.

Dolapchi S.M.¹, Denisova O.A.²¹ORCID: 0000-0001-9609-5937, South Ural Institute of Management and Economics²ORCID: 0000-0001-6374-3109, PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Ufa State Petroleum Technological UniversityELECTRONIC-CLUSTER MECHANISM OF QUARTZ CRYSTALS GROWTH OBTAINED BY
HYDROTHERMAL METHOD

Abstract

The following paper contains a model of the mechanism of successive cluster formation and its integration into the grid of quartz crystal with a rearrangement of the electronic structure in the formation of bonds between the embedded complex and the crystal. We considered the questions connected with the formation, self-organization and profiling of quartz crystals under the conditions of non-equilibrium thermodynamics on the example of quartz. Crystallization is carried out by means of thermodynamic and kinetic factors. The first of them determines the driving force of crystallization, prepares this process, while the second one implements crystal-forming particles in the grid. Both operating factors are interrelated. The internal energy of the system in the crystalline state is lower than in the initial one, however, the process of transition to the crystalline state does not pass spontaneously. To begin with, it is required to first expend some energy, and then crystallization proceeds spontaneously and is accompanied by the release of excess energy in most cases.

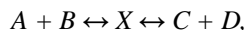
Keywords: siloxane linkage, silicon-oxygen tetrahedra, globules, sodium, quartz, tridymite, strength, elasticity, annealing, melting, tetrahedron.

Кварц – одна из разновидностей кремнезёма или диоксида кремния (SiO_2), которая наиболее часто встречается в природе и находит широкое применение в авиационной, радиоэлектронной, оптической, керамической, стекольной и огнеупорной промышленности [1, С. 301]. В расплаве кварцевых стёкол динамические структуры диоксида кремния переходят в структурные элементы – тетраэдры. В тетраэдрах кремнезёма SiO_4 атомы кремния могут быть связаны с одним или с двумя атомами кремния. В первом случае образуются немостиковые связи $\text{Si}-\text{O}$, при этом атомы кислорода являются концевыми и координируются катионами металла, во втором случае образуются мостиковые связи $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ [2, С. 203], [3, С. 15]. В зависимости от соотношения числа мостиковых (O_m) и концевых (O_k) атомов кислорода можно выделить пять типов тетраэдров, которые являются основными структурными единицами силикатов и обозначаются Q^n , где n – число мостиковых атомов кислорода [4, С. 86]. Зная структуру кристаллов кварца, можно предположить, как устроены глобулы – основа кварцевых стёкол, которые тоже в свою очередь состоят из тетраэдров SiO_4 . В настоящее время не создана теория о строении кварцевых стёкол. Ее создание очень актуально, т.к. такие стекла широко применяются в автоматике, телекоммуникации, оптике, а также в авиационной и космической отраслях в качестве механических резонаторов для гироскопических систем автопилотов.

Для определения структуры тетраэдра кварца, был произведён расчёт методом MNDO с помощью программного комплекса HyperChem, который обеспечивает проведение расчётов методами молекулярной механики, а также полуэмпирическими и неэмпирическими методами квантовой физики и интерпретацию полученных результатов. Расчёт показал, что при заселении уровня d из-за искажения структурного тетраэдра, в нем возникает дипольный момент ($003 D$), вследствие смещения атома кремния к одному из рёбер, обладающего двойными связями (рис. 1 а).

Процесс кристаллизации следует рассматривать не только как насыщение свободных связей, но и как перестройку электронной структуры комплексов, присоединяемых к поверхности кристалла, и комплексов на поверхности роста, с которыми образуются связи.

Согласно теории переходного состояния комплекс из раствора должен под действием электромагнитного поля кристалла сблизиться с ним, затем, ориентируясь после дегидратации и перейдя через активированное состояние, образовывать связи и постепенно встроиться в решётку по схеме [4, С. 97]:



где A и B исходные состояния, C и D конечные состояния и X – активированное состояние.

Уравнение Эйринга определяет скорость встраивания комплекса в решётку кристалла

$$V \sim Ae^{\frac{\Delta E}{kT}} = A \left(e^{\frac{\Delta U}{kT}} + e^{\frac{\Delta S}{kT}} \right),$$

где A – частотный фактор сближения комплекса с поверхностью кристалла, ΔE – энергия активации, k – постоянная Больцмана, ΔU – определяет энергию сближения, а ΔS – энтропийный член, отвечающий за ориентацию комплекса.

Кинетические процессы на растущей поверхности осуществляют встраивание частиц в решётку кристалла. Данные процессы, с одной стороны, связаны с диффузией частиц в растущей поверхности к местам встраивания, а с другой – со структурой поверхности, наличием на ней ступеней, которые определяют значение кинетического коэффициента – одного из важнейших параметров в этом процессе.

В процессе образования связей происходит явление дегидратации, то есть отделение молекулы воды H_2O . Затем образуются последующие связи с перестройкой электронной структуры кристалла.

Изначальный комплекс в растворе $[Si(OH)_4]^0$ образует тетраэдр с ионом кремния в центре, который связан одиночными связями с ионами OH . В результате образования связей с перестройкой электронной структуры, комплекс раствора постепенно преобразуется в тетраэдрический комплекс $[SiO_4]$, а затем образуется кластер из двух тетраэдров диортокремниевой группы Si_2O_7 , который является основой силикатных структурных соединений [5, С. 207], в том числе и представленного электронно – кластерного механизма роста кристаллов кварца.

Согласно результатам рентгеновского эмиссионного метода [6, С. 175] установлено, что в образовании связей центрального иона кремния с ионами кислорода участвуют не только одиночные связи s - и p -уровней, но и электроны уровня d иона кремния, создавая двойные связи. При этом ион кремния в тетраэдре смещается к одному из рёбер, в вертикальной плоскости которого находятся двойные связи (рис. 1 а).

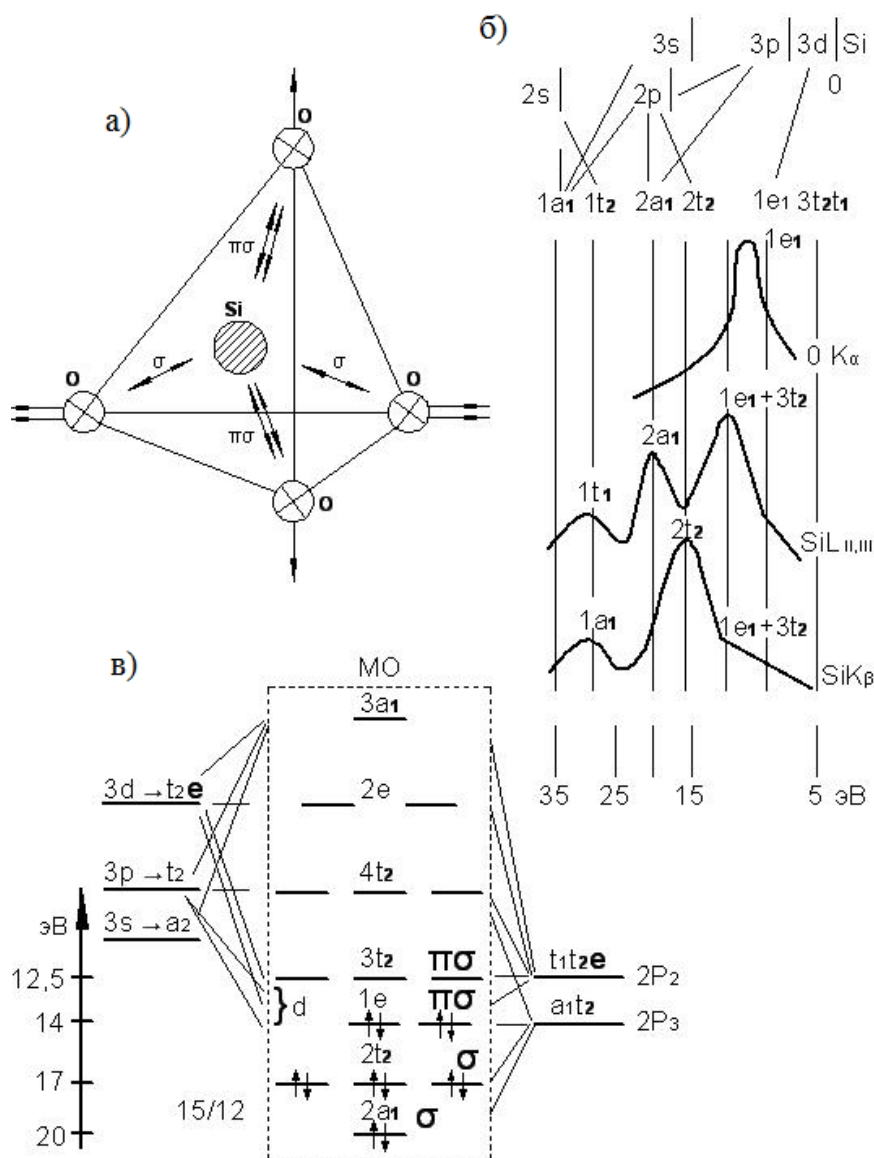


Рис. 1 – а) Структурный тетраэдр кварца; б) рентгенографические спектры низкотемпературного кварца; в) схема распределения энергетических уровней и электронов в тетраэдре

Механизм встраивания комплексов в решётку кристалла кварца представлен на рис. 2 [7, С. 47], [8, С. 108]. Комплекс $[Si(OH)_4]^0$ (рис. 2 а) имеет 4 связывающих молекулярных орбитали (МО) с 8 электронами на них и 4 разрыхляющих МО. В образовании связей участвуют $3p$ - и $3s$ - атомные орбитали (АО) иона Si^{4+} и 4 иона OH , при этом задействованы 4 электрона от центрального иона Si и 4 одиночных электрона, по одному от каждого иона OH . В этом случае образуются одиночные связи.

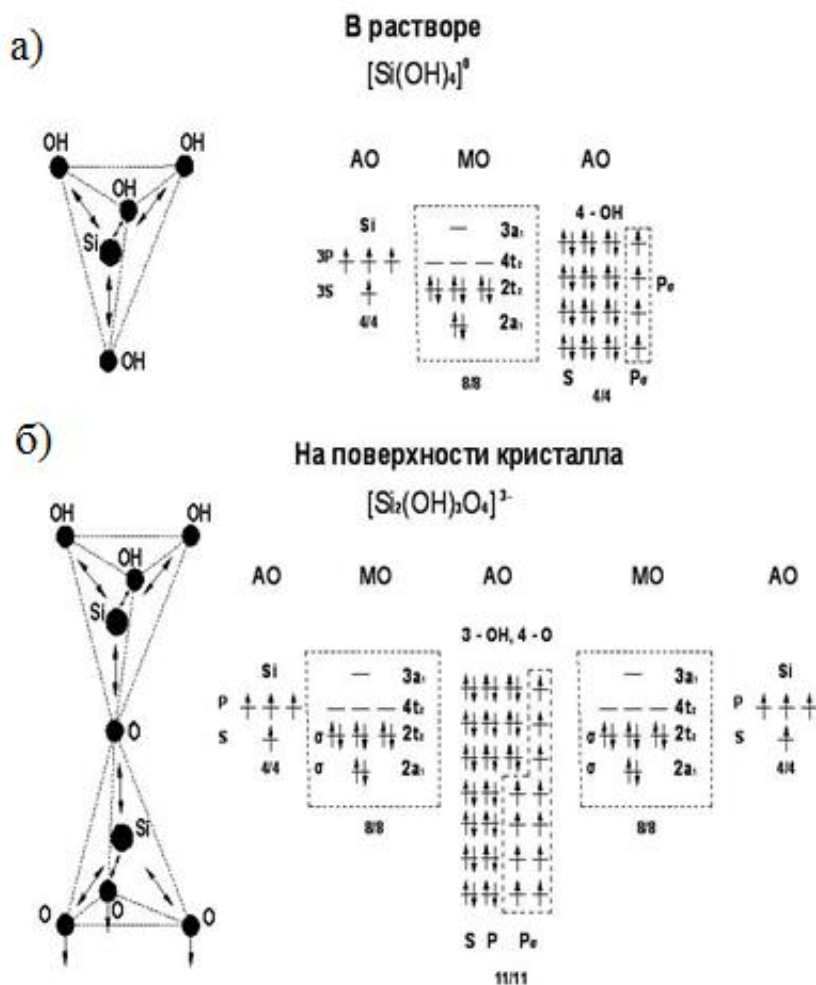


Рис. 2 – а) Схемы молекулярных, атомных орбиталей и электронов комплекса в растворе и б) на поверхности кристалла

Приближаясь к поверхности кристалла, кластер попадает в поле кристаллических сил и переходит в активированное состояние. Свободные связи ионов O^{2-} на поверхности кристалла нейтрализованы ионами H^+ . С приближением к поверхности кристалла в результате дегидратации образуются молекулы H_2O , которые переходят в раствор. При взаимодействии растворного комплекса с поверхностью кристалла из двух тетраэдров, связанных мостиковым ионом O^{2-} , образуется поверхностный кластер $[Si_2(OH)_3O_4]^{3-}$ (рис. 2 б). В верхнем тетраэдре ион кремния связан с тремя группами OH и одним ионом кислорода, а в нижнем тетраэдре ион кремния связан с 4-мя ионами кислорода одиночными σ -связями. В образовании связей участвуют только не спаренные электроны лигандов. В верхнем тетраэдре не имеется свободных связей, а нижний связан с поверхностью кристалла тремя одиночными связями.

При последующей дегидратации образуется приповерхностный кластер $[Si_2O_7]^{8-}$ (рис. 3 а), в котором ионы кремния в том и другом тетраэдрах связаны с ионами кислорода, но в верхнем - 4-мя одиночными σ -связями, а в нижнем - 2-мя одиночными σ - и двумя двойными $\sigma\pi$ -связями при участии p - и частично d -орбиталей.

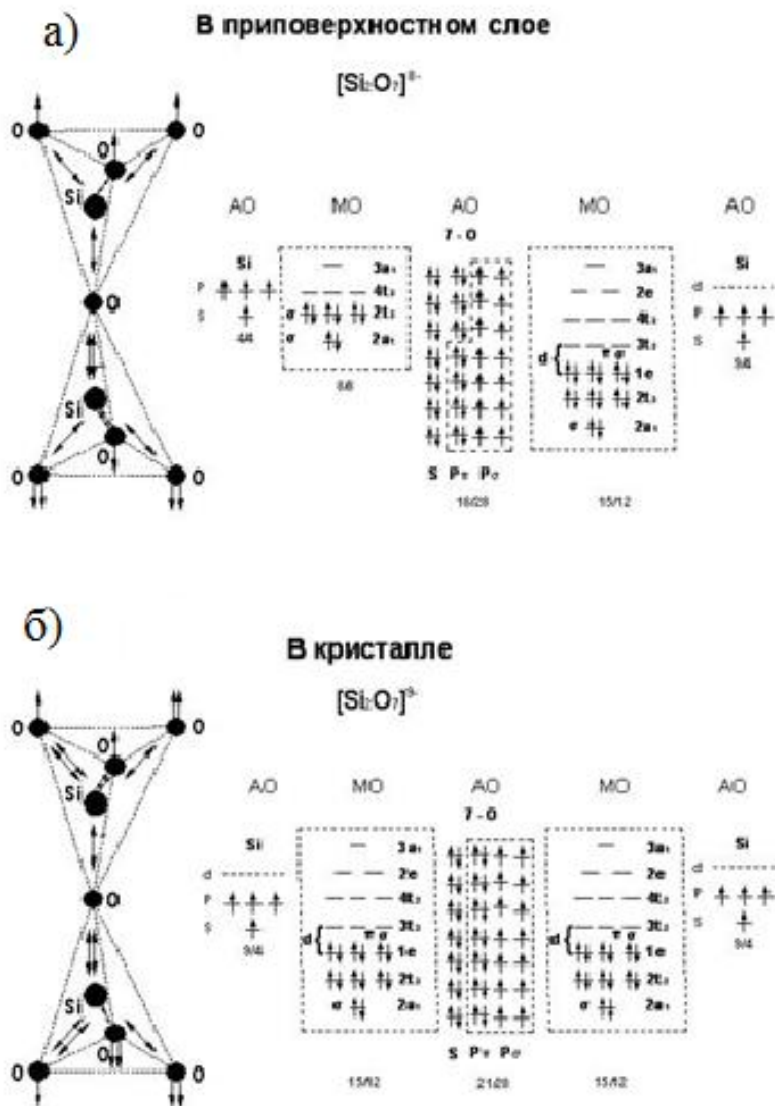


Рис. 3 – а) Схемы молекулярных, атомных орбиталей и электронов комплекса в приповерхностном слое и б) внутри кристалла

В ходе дальнейшей электронной перестройки формируется кластер $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{2-}$ (рис. 3 б), который входит в состав кристалла и образует с ним каркасную структуру. Конечный кластер состоит из двух одинаковых тетраэдров с двумя одиночными и двумя двойными связями ионов кремния с ионами кислорода. Соединение кластера с другими смежными с ним тетраэдрами осуществляется тремя одиночными и тремя двойными связями. В образовании связей у центрального иона кремния принимают участие s -, p - и d -орбитали, а от ионов кислорода p_x - и p_z -орбитали, причём в составе молекулярных орбиталей dx , dy , dz , дают связывающий вклад, а остальные - разрыхляющий. Наблюдается последовательность образования связей в комплексах между ионом кремния и лигандами, и перераспределение электронов на энергетических уровнях.

Рассмотрев механизм роста кристаллов кварца выращенных гидротермальным способом, можно найти много общего с ростом глобул в кварцевом стекле [9, С. 40], так как в обоих случаях основу структуры составляют тетраэдры кварца SiO_4 . Силоксановая связь [10, С. 114] образуется по одним и тем же принципам благодаря уникальным свойствам кремния. Внешняя форма кристаллов в последней стадии роста, определяется пассивными и медленно растущими гранями.

Работа выполнена под руководством профессора кафедры «Физика и методика обучения физике» ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет», доктора физико-математических наук Брызгалова Александра Николаевича (27.10.1930 – 11.01.2017).

Список литературы / References

1. Анфилов В. Н. Силикатные расплавы / В. Н. Анфилов, В. Н. Быков, А. А. Осипов. -М.: Наука. Ин-т минералогии УрО РАН, 2005. -357 с.
2. Воронков М. Г. Силоксановая связь / М. Г. Воронков. Новосибирск: Наука, 1976. - 413 с.
3. Брызгалов А. Н. Свойства и дефекты оптических кристаллов (кварц, корунд, гранат): автореф. дис. доктора физ.-мат. наук: 01.04.07: защищена 29.12.1998: утв. 15.07.1999 / Брызгалов Александр Николаевич. – Уфа: Институт физики молекул и кристаллов УНЦ РАН, 1998. - 32 с.
4. Брызгалов А.Н. Выращивание, симметрия и физические свойства кристаллов / А.Н. Брызгалов. ЧГПУ, Челябинск, 2007. - 116 с.

5. Юшкин Н.П. Мир минералов, кристаллов и наноструктур / Н.П. Юшкин, В.И. Ракин. ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, 2008. - 364 с.
6. Марфунин А.С. Спектроскопия, люминесценция и радиационные спектры в минералах / А.С. Марфунин. - М.: Наука, 1975. - С. 204 - 218.
7. Брызгалов А.Н. Связь между неравновесными формами роста и растворения кристаллов кварца / А.Н. Брызгалов, В.В. Мусатов // Физика кристаллизации. - Тверь: ТГУ, 1999. - С. 45 - 48.
8. Брызгалов А.Н. Электронно-кластерная модель роста кристаллов кварца / А.Н. Брызгалов, А.В. Фокин // Материалы всероссийской научной конференции «Новые идеи и концепции в минералогии», Сыктывкар. - 2002. - С. 105 - 109.
9. Долапчи С.М. Влияние силоксановых связей на упрочнение поверхности изделий из кварцевого стекла / С.М. Долапчи, Д.С. Живулин, А.Н. Брызгалов // Научная дискуссия: вопросы математики, физики, химии, биологии. - 2015. - № 8 - 9 (27). - С. 39 - 46.
10. Брызгалов А.Н. Создание оптимальных пленок кремния на подложке сапфира методом эпитаксии / А.Н. Брызгалов, С.М. Долапчи // Башкирский химический журнал. - 2015. - Т. 22. - № 2. - С. 113 - 115.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Anfilogov V. N. Silikatnye rasplavy [Silikatnye rasplavy] / V. N. Anfilogov, V. N. Bykov, A. A. Osipov. - М.: Nauka. Int mineralogii UrO RAN, 2005. - 357 P. [in Russian]
2. Voronkov M. G. Siloksanovaya svyaz' [Siloksanovaya svyaz'] / M. G. Voronkov. Novosibirsk: Nauka, 1976. - 413 P. [in Russian]
3. Bryzgalov A. N. Svoystva i defekty opticheskikh kristallov (kvarc, korund, granat) [Properties and defects of optical crystals (quartz, corundum, garnet): the author's abstract. Dis. Doctor of Phys.-Math. Sciences: 01.04.07: it is protected on December, 29th, 1998: it is approved. 07.15.1999 / Bryzgalov Alexander Nikolayevich. - Ufa: Institute of Physics of Molecules and Crystals, Ufa Science Center, Russian Academy of Sciences, 1998. - 32 P. [in Russian].
4. Bryzgalov A.N. Vyrashhivanie, simmetrija i fizicheskie svoystva kristallov [Cultivation, symmetry and physical properties of crystals] / A.N. Bryzgalov. ChGPU, Cheljabinsk, 2007. - 116 P. [in Russian]
5. Jushkin N.P. Mir mineralov, kristallov i nanostruktur [The world of minerals, crystals and nanostructures] / N.P. Jushkin, V.I. Rakin. IG Komi NC UrO RAN, Syktyvkar, 2008. - 364 P. [in Russian]
6. Marfunin A.S. Spektroskopija, ljuminescencija i radiacionnye spektry v mineralah [Spectroscopy, luminescence and radiation spectra in minerals] / A.S. Marfunin. - М.: Nauka, 1975. - P. 204 - 218. [in Russian]
7. Bryzgalov A.N. Svjaz' mezhdru neravnovesnymi formami rosta i rastvorenija kristallov kvarca [Connection between nonequilibrium forms of growth and dissolution of quartz crystals] / A.N. Bryzgalov, V.V. Musatov // Fizika kristallizacii [Crystallization physics]. - Tver': TGU, 1999. - P. 45 - 48. [in Russian]
8. Bryzgalov A.N. Jelektronno-klasternaja model' rosta kristallov kvarca [Electron-cluster model of crystal growth of quartz] / A.N. Bryzgalov, A.V. Fokin // Materialy vsrossijskoj nauchnoj konferencii «Novye idej i koncepcii v mineralogii» [Materials of the all-Russian scientific conference "New ideas and concepts in mineralogy"], Syktyvkar. - 2002. - P. 105 - 109. [in Russian]
9. Dolapchi S.M. Vlijanie siloksanovyh svjazej na uprochnenie poverhnosti izdelij iz kvarcevogo stekla [Effect of siloxane bonds on the hardening of the surface of quartz glass products] / S.M. Dolapchi, D.S. Zhivulin, A.N. Bryzgalov // Nauchnaja diskussija: voprosy matematiki, fiziki, himii, biologii [Scientific discussion: mathematics, physics, chemistry, biology]. - 2015. - № 8 - 9 (27). - P. 39 - 46. [in Russian]
10. Bryzgalov A.N. Sozdanie optimal'nyh plenok kremnija na podlozhke sapfira metodom jepitaksii [Creation of optimal silicon films on a sapphire substrate by epitaxy] / A.N. Bryzgalov, S.M. Dolapchi // Bashkirskij himicheskij zhurnal [Bashkirsky chemical journal]. - 2015. - Т. 22. - № 2. - P. 113 - 115. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.046>

Жданов К.Е.

ORCID: 0000-0003-2290-6324, Аспирант, Санкт-Петербургский государственный университет
**НОВЫЙ ПОДХОД К УСКОРЕНИЮ МЕТОДА D-MORPH ДЛЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО
 КВАНТОВОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Аннотация

В работе вводятся новые поправки различных порядков малости к методу D-MORPH для поиска оптимального управления квантовой системой в задаче реализации желаемой унитарной эволюции за счет использования полной формы выражения производной от операторной экспоненты, заданной на алгебре Ли. Включение в метод таких поправок, учитывающих информацию о коммутаторах гамильтониана системы, приводит к более быстрому нахождению оптимального управления, даже по сравнению с улучшенной версией метода, опубликованной автором ранее.

Ключевые слова: квантовые системы, оптимальное управление, оператор эволюции, алгебры Ли, квантовые вычисления.

Zhdanov K.E.

ORCID: 0000-0003-2290-6324, Postgraduate Student, St. Petersburg State University

**NEW APPROACH TO ACCELERATING THE METHOD OF D-MORPH FOR THE SEARCH OF OPTIMUM
 QUANTUM CONTROL**

Abstract

The article introduces new corrections of various orders of smallness to the D-MORPH method for finding the optimal control of a quantum system in the problem of realizing the desired unitary evolution by using the complete expression of the derivative of the operator exponent defined on the Lie algebra. Inclusion of the corrections with regard to information on the commutators of the Hamiltonian system into the method leads to faster identification of optimal control, even in comparison with the improved version of the method published by the author earlier.

Keywords: quantum systems, optimal control, evolution operator, Lie algebras, quantum computations.

Введение

Одним из часто используемых методов для построения оптимального управления квантовыми системами является метод D-MORPH [3]-[5][7][8], который обеспечивает минимизацию заданного критерия качества.

Алгоритм D-MORPH основан на численном решении специально построенной системы обыкновенных дифференциальных уравнений с помощью метода Рунге-Кутты четвертого порядка с переменным шагом по фиктивному параметру s , который обозначает прогресс минимизации функционала качества, что часто требует довольно продолжительного численного интегрирования. Как было показано в опубликованной ранее автором работе [1], метод D-MORPH можно ускорить за счет использования информации о различных коммутаторах гамильтониана квантовой системы.

В данной работе приводится новый способ получения поправок различного порядка малости к методу D-MORPH для ускорения поиска оптимальных управлений за счет использования полной формы производной от операторной экспоненты, заданной на алгебре Ли. Полученные поправки напоминают по форме поправки, найденные автором ранее в [1], поэтому производится их сравнение на примере численной реализации одного квантового гейта, и показывается, что новый метод работает быстрее.

Ранее полученный метод

Для реализации в N -мерной квантовой системе с M управлениями $\{\varepsilon_k(t)\}_{k=1}^M$ к моменту времени T желаемого оператора эволюции U_D метод D-MORPH предлагает решить систему дифференциальных уравнений

$$\frac{d\varepsilon_k^l(s)}{ds} = -\frac{\partial J}{\partial \varepsilon_k^l(s)}, \quad l = \overline{1, L}, k = \overline{1, M} \quad (1)$$

на большом отрезке $[0, S]$, где $J = 0.5 - \text{Re Tr}[U_D^* U(T, 0)] / (2N)$ — функционал качества управлений, ε_k^l — постоянные значения управлений на отрезке $[t_{l-1}, t_l]$, s — параметр, показывающий прогресс метода D-MORPH, $\text{Tr}[\dots]$ — операция взятия следа матрицы, U_D^* — эрмитово-сопряженный оператор к U_D , $U(T, 0)$ — оператор эволюции системы на отрезке $[0, T]$.

В работе [1] были предложены поправки различных порядков к методу D-MORPH, которые получаются за счет интегрирования системы (1) по t :

$$\frac{d\varepsilon_k^l}{ds} = \frac{1}{2N} \text{Im Tr} \left[U_D^* U(T, t_{l-1}) \left(\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(i\Delta t)^n}{(n+1)!} \text{ad}_H^n H_k \right) U(t_{l-1}, 0) \right], l = \overline{1, L}, k = \overline{1, M}. \quad (2)$$

где, $H = H_0 + \sum_{k=1}^M \varepsilon_k^l H_k$ — гамильтониан системы на отрезке $[t_{l-1}, t_l]$, $[H, H_k] = \text{ad}_H H_k = HH_k - H_k H$ — коммутатор матриц H и H_k . Оригинальный метод D-MORPH получается при формальном приравнении $\Delta t = 0$, после чего остается лишь первый член ряда (2). Как было показано в [1], улучшенный метод (2) приводит к минимуму

функционала качества быстрее и требует интегрирования системы дифференциальных уравнений на меньшем отрезке $[0, S]$, чем оригинальный метод D-MORPH.

Новый способ получения улучшенного метода

Имеется еще один способ получения аналогичных поправок, основанный на более аккуратном и теоретически верном вычислении производной функционала качества $\partial J / \partial \varepsilon_k^l(s)$. Аналогично работе [2], здесь используется полная форма производной по параметру ε_k^l от операторной экспоненты $e^{-i\Delta t H}$, которая является оператором эволюции системы с гамильтонианом H на интервале Δt . Данная форма известна из теории групп и алгебр Ли [9, С. 15] и, в случае квантовой системы, записывается в виде

$$\frac{\partial}{\partial \varepsilon_k^l} e^{-i\Delta t H} = e^{-i\Delta t H} \frac{1 - \exp(-ad_{-i\Delta t H})}{ad_{-i\Delta t H}} (-i\Delta t H_k) = -i\Delta t e^{-i\Delta t H} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(i\Delta t)^n}{(n+1)!} ad_H^n H_k.$$

В предыдущей работе [1] использовался только один член с $n=0$, что является аналогом классической производной от экспоненциальной функции. Из приведенной выше формулы видно, что ошибка такого приближения равна $O(\Delta t)$, что может сказаться на точности вычислений при использовании больших шагов по времени, поэтому в данной работе используется полное выражение производной, что должно положительно сказаться на точности нового метода. После подстановки данного выражения в систему (1) получается новая система дифференциальных уравнений

$$\frac{d\varepsilon_k^l}{ds} = \frac{\Delta t}{2N} \text{Im Tr} \left[U_D^* U(T, t_{l-1}) \left(\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(i\Delta t)^n}{(n+1)!} ad_H^n H_k \right) U(t_{l-1}, 0) \right], l = \overline{1, L}, k = \overline{1, M}. \quad (3)$$

Данная система выглядит аналогично системе (2) полученной ранее в [1] за исключением наличия в системе (3) множителя Δt , и того факта, что она более точно описывает производную операторной экспоненты. Ожидается, что метод (3) будет давать более точные результаты, чем метод (2), который в свою очередь дает более точные и быстрые результаты, чем D-MORPH. К тому же аналогично методу (2) в сравнении с D-MORPH, ожидается, что метод (3) будет давать верное решение быстрее, чем (2).

Численный эксперимент

Для экспериментального подтверждения большей точности и скорости метода (3) по сравнению с методом (2) были использованы лишь первые два члена данных методов (с $n=0$, $n=1$) для решения задачи из области квантовых вычислений — реализации квантового гейта контролируемого отрицания CNOT [6, С. 21] в квантовой системе, состоящей из двух частиц со спином $1/2$ ($N=4$), описываемой безразмерным гамильтонианом

$$H(t) = \sum_{i=1}^2 S_z^i \omega_i + \sum_{k=1}^2 \varepsilon_k(t) S_x^k + C_x^{(12)} S_x^1 S_x^2 + C_y^{(12)} S_y^1 S_y^2 + C_z^{(12)} S_z^1 S_z^2,$$

где $\omega_1=20$, $\omega_2=30$, $C_x^{(12)}=110$, $C_y^{(12)}=120$, $C_z^{(12)}=130$, $S_i^2 = I \otimes S_i$, $S_i^1 = S_i \otimes I$,

$$S_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, S_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, S_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}, I = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, U_D = e^{\frac{i\pi}{4}} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Таким образом, было проведено сравнение двух моделей (были взяты только члены рядов с индексами $n=0$, $n=1$), записанных в следующем виде.

$$\frac{d\varepsilon_k^l}{ds} = \frac{1}{2N} \text{Im Tr} \left[U_D^* U(T, t_{l-1}) \left(H_k + \frac{\Delta t}{2!} [iH(t_l), H_k] \right) U(t_{l-1}, 0) \right], l = \overline{1, L}, k = \overline{1, M}. \quad (4)$$

$$\frac{d\varepsilon_k^l}{ds} = \frac{\Delta t}{2N} \text{Im Tr} \left[U_D^* U(T, t_{l-1}) \left(H_k + \frac{\Delta t}{2!} [iH(t_l), H_k] \right) U(t_{l-1}, 0) \right], l = \overline{1, L}, k = \overline{1, M}. \quad (5)$$

Решение данных систем производилось с помощью метода MATLAB ode45 [10] с нулевыми начальными управлениями на четырехъядерном процессоре Intel Core i7 2.20 ГГц с 12 Гб ОЗУ. Параметры задачи принимали следующие значения: $T=5, 10$; $L=150, 300$; $S=5000$. Вычисления останавливались, когда достигалось значение $J < 10^{-7}$, т. е. ошибка в реализации гейта меньше 10^{-7} . Результаты сравнения приведены в таблице.

Таблица 1

	$T=10, L=300$		$T=10, L=150$		$T=5, L=300$		$T=5, L=150$	
Метод	(4)	(5)	(4)	(5)	(4)	(5)	(4)	(5)
Конечное S	70	2089	73	1097	81.1	4866.5	117.8	3532.2
Время, с.	348	317	174.8	158.8	240.8	225.7	99	94.3
Макс. шаг	0.19	5.6	0.14	2.1	0.3	19.4	0.4	13

Из таблицы видно, что предложенный в данной работе новый метод (5) всегда достигает заданной точности за меньшее время, но на большем отрезке интегрирования $[0, S]$, чем метод (4). К тому же метод (5) допускает использование больших шагов интегрирования, что часто является предпочтительным. Стоит отметить, что аналогичное исследование также было проведено для вариантов методов (2) и (3) с одним лишь членом $n = 0$ (не показано в таблице), и новый метод оказывался почти всегда хуже оригинального метода D-MORPH — требовал большего времени на вычисления, большего отрезка интегрирования и часто даже не сходил к приемлемому приближению к оптимальному решению.

Выводы

В работе был представлен новый способ получения поправок различного порядка малости к методу построения оптимального квантового управления D-MORPH. Полученные поправки оказались аналогичны найденным автором ранее в работе [1], за исключением наличия у нового метода множителя пропорционального шагу по времени, использованном для дискретизации управлений и тому факту, что новый метод более точно описывает производную функционала качества. На примере решения задачи максимально точной реализации квантовой логической операции CNOT в системе, состоящей из двух квантовых частиц, было продемонстрировано, что новый способ получения поправок к методу D-MORPH действительно дает ускорение вычислений по сравнению с ранее полученным методом, который в свою очередь дает ускорение по сравнению с методом D-MORPH. Даже включение одного дополнительного члена в метод позволяет реализовать квантовую операцию быстрее. Примечательно, однако, что при сравнении оригинального метода и нового метода без использования поправок (случай $n = 0$), новый метод почти всегда оказывался медленнее, а иногда и вовсе не сходил — информация о коммутаторах гамильтониана системы является существенной для нового метода. При отсутствии подобной информации лучшее, что можно сделать — это использовать оригинальный метод D-MORPH. Таким образом, использование теоретически точной формы производной при выводе поправок позволяет еще больше улучшить точность и производительность метода построения оптимального квантового управления, что делает его пригодным для использования на вычислительных системах с небольшими мощностями.

Список литературы на английском языке / References

1. Жданов К. Е. Улучшение метода D-MORPH для поиска оптимального квантового управления / К. Е. Жданов // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 6 (48) Часть 5. С. 94–99.
2. de Fouquieresa P. Second order gradient ascent pulse engineering / P. de Fouquieresa, S. G. Schirmera, S. J. Glaserb, et. al. // Journal of Magnetic Resonance. 2011. Vol. 212(2). P. 412–417.
3. Moore K. W. Search complexity and resource scaling for the quantum optimal control of unitary transformations / K. W. Moore, R. Chakrabarti, G. Riviello, et. al. // Phys. Rev. A. 2011. Vol. 83(1).
4. Moore K. W. Exploring constrained quantum control landscapes / K. W. Moore, H. Rabitz // The Journal of Chemical Physics. 2012. Vol. 137(13).
5. Moore Tibbetts K. Exploring the trade-off between fidelity and time optimal control of quantum unitary transformations / K. Moore Tibbetts, C. Brif, M. D. Grace, et. al. // Phys. Rev. A. 2012. Vol. 86(6).
6. Nielsen M. A. Quantum Computation and Quantum Information: 10th Anniversary Edition / M. A. Nielsen, I. L. Chuang. New York: Cambridge University Press, 2010. 702 p.
7. Riviello G. Searching for quantum optimal controls in the presence of singular critical points / G. Riviello, C. Brif, R. Long, et. al. // Phys. Rev. A. 2014. Vol. 90(1).
8. Riviello G. Searching for quantum optimal controls under sever constraints / G. Riviello, K. Moore Tibbetts, C. Brif, et. al. // Phys. Rev. A. 2015. Vol. 91(4).
9. Rossmann W. Lie Groups: An Introduction Through Linear Groups / W. Rossmann. New York: Oxford University Press, 2006. 265 p.
10. Shampine L. F. The MATLAB ODE Suite / L. F. Shampine, M. W. Reichelt // SIAM Journal on Scientific Computing. 1997. Vol. 18(1). P 1–22.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zhdanov K. E. Uluchshenie metoda D-MORPH dlya poiska optimal'nogo kvantovogo upravleniya [an improvement of D-MORPH method for finding quantum optimal control] / K. E. Zhdanov // Mezhdunarodnyj naucno-issledovatel'skiy zurnal [International research journal]. 2016. № 6 (48) Part 5. P. 94–99. [in Russian]
2. de Fouquieresa P. Second order gradient ascent pulse engineering / P. de Fouquieresa, S. G. Schirmera, S. J. Glaserb, et. al. // Journal of Magnetic Resonance. 2011. Vol. 212(2). P. 412–417.
3. Moore K. W. Search complexity and resource scaling for the quantum optimal control of unitary transformations / K. W. Moore, R. Chakrabarti, G. Riviello, et. al. // Phys. Rev. A. 2011. Vol. 83(1).
4. Moore K. W. Exploring constrained quantum control landscapes / K. W. Moore, H. Rabitz // The Journal of Chemical Physics. 2012. Vol. 137(13).
5. Moore Tibbetts K. Exploring the trade-off between fidelity and time optimal control of quantum unitary transformations / K. Moore Tibbetts, C. Brif, M. D. Grace, et. al. // Phys. Rev. A. 2012. Vol. 86(6).
6. Nielsen M. A. Quantum Computation and Quantum Information: 10th Anniversary Edition / M. A. Nielsen, I. L. Chuang. New York: Cambridge University Press, 2010. 702 p.
7. Riviello G. Searching for quantum optimal controls in the presence of singular critical points / G. Riviello, C. Brif, R. Long, et. al. // Phys. Rev. A. 2014. Vol. 90(1).
8. Riviello G. Searching for quantum optimal controls under sever constraints / G. Riviello, K. Moore Tibbetts, C. Brif, et. al. // Phys. Rev. A. 2015. Vol. 91(4).
9. Rossmann W. Lie Groups: An Introduction Through Linear Groups / W. Rossmann. New York: Oxford University Press, 2006. 265 p.
10. Shampine L. F. The MATLAB ODE Suite / L. F. Shampine, M. W. Reichelt // SIAM Journal on Scientific Computing. 1997. Vol. 18(1). P 1–22.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.019>Казак В.В.¹, Солохин Н.Н.²¹ Кандидат физико-математических наук, Южный федеральный университет² Кандидат физико-математических наук, Донской государственный технический университет**ДОСТАТОЧНЫЕ УСЛОВИЯ КВАЗИКОРРЕКТНОСТИ СМЕШАННОГО КРАЕВОГО УСЛОВИЯ****Аннотация**

В теории бесконечно малых изгибов поверхностей наиболее общими внешними связями являются связи, определяющие при бесконечно малом изгибе зависимость между смещением точек края и поворотом касательных плоскостей поверхности вдоль края – смешанные внешние связи. Такие связи являются обобщением краевых условий обобщенного скольжения и обобщенного поворота. В данной работе изучаются бесконечно малые изгибы поверхностей второго порядка положительной кривизны с краем, подчинённых на краю внешней связи смешанного типа. При этом рассматривается случай, когда заданное векторное поле не принадлежит поверхности.

Ключевые слова: поверхность положительной кривизны, бесконечно малые изгибы, поле смещений, поле вращений.

Kazak V.V.¹, Solokhin N.N.²¹ PhD in Physics and Mathematics, Southern Federal University,² PhD in Physics and Mathematics, Don State Technical University**SUFFICIENT CONDITIONS OF QUASI-ACCURACY OF A MIXED BOUNDARY CONDITION****Abstract**

The most common external constraints in the theory of infinitesimal bending of surfaces are the constraints that determine the dependence between the displacement of the edge points and the rotation of the tangent planes of the surface along the edge-mixed outer bonds under infinitesimal bending. Such connections are a generalization of the boundary conditions of generalized slip and generalized rotation. In this paper, we study an infinitesimal bending of surfaces of the second order of positive curvature with boundary that are subordinate to the edge of an external connection of the mixed type. In this case we consider the vector field that does not belong to the surface.

Keywords: surface of positive curvature, infinitesimal bending, displacement field, rotation field.

В данной работе рассмотрено обобщение утверждения, полученного в [1] для поверхностей второго порядка на общий случай односвязных поверхностей положительной кривизны с краем, подчинённых на краю условию комбинированного типа.

Пусть $S \in C^{3,\mu}$, $0 < \mu < 1$ – односвязная поверхность положительной кривизны $K \geq K_0 > 0$ с краем $\partial S \in C^{2,\mu}$, $0 < \mu < 1$. Считаем, что на краю ∂S поверхности S заданы вещественные функции a , b и c и векторное поле \vec{l} класса $C^{1,\mu}$, $0 < \mu < 1$, не принадлежащее поверхности. Изучим внешнюю связь

$$a(\vec{U}\vec{l}) + b(\vec{V}\vec{n}) = c \quad (1)$$

где \vec{n} – единичный нормальный вектор.

В каждой точке края поверхности можно рассматривать подвижной репер $\{\vec{t}, \vec{n}, \vec{\eta}\}$, где \vec{t} – тангенциальный вектор края ∂S , ориентированный так, что при обходе по краю ∂S поверхность S лежит слева; \vec{n} – единичный нормальный вектор поверхности S , направленный в сторону вогнутости поверхности, $\vec{\eta} = [\vec{t}\vec{n}]$ – тангенциальная нормаль.

Рассмотрим вдоль края поверхности векторное поле $\vec{l} = \vec{l}(s)$ класса $C^{1,\mu}$, $0 < \mu < 1$. Спроектируем вектор \vec{l} , взятый в некоторой точке края, на касательную плоскость поверхности, обозначим эту проекцию в любой точке края через \vec{l}_τ . Предполагаем, что векторное поле \vec{l}_τ не является касательным к границе поверхности в любой точке края. Введём в рассмотрение следующие углы: 1) $\beta = \beta(s)$ – угол между тангенциальной нормалью $\vec{\eta}$ и построенной выше проекцией \vec{l}_τ ; 2) $\alpha = \alpha(s)$ – угол между \vec{l}_τ и \vec{l} . При таких предположениях векторное поле \vec{l} однозначно определяется заданием углов $\alpha = \alpha(s)$ и $\beta = \beta(s)$, зависящих от длины дуги контура L .

Определим нормальное сечение некоторого непустого множества векторных полей. Обозначим Λ – множество векторных полей \vec{l} , а Λ_0 – множество единичных векторных полей \vec{l}_0 класса $C^{1,\nu}$. Для каждого единичного поля \vec{l}_0 получим множество $\Lambda(\vec{l}_0)$ единичных векторных полей \vec{l}_α , тангенциальная составляющая которых коллинеарна вектору \vec{l}_0 . Такое множество векторных полей $\Lambda(\vec{l}_0)$ называют **нормальным сечением множества Λ** по направлению векторного поля \vec{l}_0 .

Будем исследовать бесконечно малые изгибы поверхности S , предполагая, что некоторая внутренняя точка поверхности закреплена вместе с касательной плоскостью, а вдоль края ∂S поле \vec{l} удовлетворяет условию (1).

В частном случае, при $b = 0$ получим условие обобщённого скольжения

$$a(\vec{U}\vec{L}) = c$$

Для последней внешней связи В.Т.Фоменко в работе [3] получил следующий результат.

Теорема. Пусть $S \in C^{3,\mu}$, $\partial S \in C^{1,\mu}$, $\vec{l}_0, \vec{l}_\alpha \in C^{1,\mu}$, $\sigma \in C^{1,\mu}$, $0 < \mu < 1$. Тогда для всякого нормального сечения $\Lambda(\vec{l}_0)$, $\vec{l}_0 \in \Lambda_0$, можно указать такое $\alpha_0, \alpha_0 > 0$, что для всех векторных полей \vec{l}_α из $\Lambda(\vec{l}_0)$, удовлетворяющих условию $\pi - \alpha_0 < \alpha(s) < \pi$, краевое условие $\vec{U}\vec{l}_0 = \sigma(s)$ является квазикорректным, почти жёстким с тремя степенями свободы.

Задача о квазикорректности условия (1) в предположении, что $|a| + |b| \neq 0$, была исследована для некоторых семейств векторных полей \vec{l}_ε , $\varepsilon \in (-\infty; \infty)$ в работах [1], [2], где было доказано, что условие (1) квазикорректно не для всех ε .

Поиск достаточных условий квазикорректности краевого условия (1) привёл к следующему основному результату данной работы.

Теорема. Пусть вдоль края ∂S поверхности S задано семейство векторных полей $\vec{l}_\alpha(s)$, определяемых углами $\alpha(s)$ и $\beta_0(s)$, где $\beta_0(s)$ – фиксированная функция из интервала $\left(-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}\right)$, а $\alpha(s)$ произвольная функция. Если при этом выполнены условия: 1) $a(s)b(s) < 0$, 2) $\text{Ind}(\overline{a+ib}) = 0$ и 3) $(\vec{t}\vec{l}) < 0$, то существуют константы $C_0 > 0$ и $\alpha_0 > 0$, $\frac{\pi}{2} - \alpha_0 < \alpha(s) < \frac{\pi}{2}$ зависящие от поверхности S , края ∂S и векторного поля \vec{l} , такие, что при $C_0 \leq \max \left| \frac{a \cos \alpha}{b \sqrt{K}} \right| < \infty$ поверхность с внешней связью (1) является почти жёсткой.

Доказательство: Учитывая вышеуказанные обозначения, получаем для вектора \vec{l} разложение $\vec{l} = \vec{l}_0 \cos \alpha - \vec{n} \sin \alpha$, где $\vec{l}_0 \in S$ – единичный вектор направления \vec{l}_τ , $\alpha = \angle(\vec{l}_0, \vec{l})$, $\alpha \in (0, \pi)$. Полагаем, что $\vec{l}_0 = \vec{t} \sin \beta + \vec{\eta} \cos \beta$, где \vec{t} – тангенциальный вектор края ∂S , $\vec{\eta}$ – тангенциальная нормаль.

В работе [1] изучена краевая задача, полученная при рассмотрении краевого условия (1):

$$\begin{cases} \Delta U = 0, & U(0,0) = V(0,0) = 0 \\ a^{(l_0)} \frac{\partial U}{\partial \vec{l}_0} + g^2 d^2(z) \sqrt{K} U + d_1 U + d_2 V - h^2 a^{(l_0)} \frac{\partial V}{\partial \vec{l}_0} - h^2 d_1 V + h^2 d_2 U - \\ - h^2 \partial_z \ln \sqrt{K} (\chi_2 U + \chi_1 V) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

и доказано, что она имеет только нулевое решение.

Кроме того, там же однородное ($c = 0$) краевое условие (1) было приведено к виду

$$\text{Re} \left\{ \left(-b\sqrt{K} + a \sin \alpha i \right) \partial_z \omega + \left(ia \partial_z \ln \sqrt{K} \sin \alpha + a \overline{\lambda(z)} \sqrt{K} \cos \alpha \right) \omega(z) \right\} = 0. \quad (3)$$

где $b(z) = l^1 + il^2$, $w = u_1 + iu_2$, $w(z) = i\omega(z)$, $\lambda(z) = i\sqrt{g}b(z) = i\sqrt{g}(l^1 + il^2)$.

Рассмотрим теперь общий случай: $S \in C^{3,\nu}$, $0 < \nu < 1$ – односвязная поверхность положительной кривизны $K \geq K_0 > 0$ с краем $\partial S \in C^{1,\nu}$, $0 < \nu < 1$.

Рассмотрим краевую задачу:

$$\begin{cases} \partial_{\bar{z}} \omega(z) + B(z) \bar{\omega}(z) = 0, \\ \text{Re} \left\{ \left(-b\sqrt{K} + a \sin \alpha i \right) \partial_z \omega + \left(ia \partial_z \ln \sqrt{K} \sin \alpha + a \overline{\lambda(z)} \sqrt{K} \cos \alpha \right) \omega(z) \right\} = c \end{cases} \quad (5)$$

где область D можно считать единичным кругом; ∂D – граница D , $a(s)$, $b(s)$, K , $\lambda(z)$ – известные функции.

Докажем, что для всякого нормального сечения $\Lambda(\vec{l}_0)$, можно указать такое C_0 , что для всех векторных полей \vec{l}_α

из $\Lambda(\vec{l}_0)$, удовлетворяющих неравенствам $C_0 \leq \max \left| \frac{a \cos \alpha}{b \sqrt{K}} \right| < \infty$ краевое условие

$$a(\vec{U}\vec{L}) + b(\vec{V}\vec{L}) = c \quad (6)$$

является квазикорректным с 3 степенями свободы.

Для доказательства достаточно установить, что можно указать такое C_0 , $C_0 \leq \max \left| \frac{a \cos \alpha}{b \sqrt{K}} \right| < \infty$, что краевая

задача с условием (3) разрешима для любой функции c класса $C^{1,\nu}$, $0 < \nu < 1$, причём решение зависит от 3 параметров.

Рассмотрим следующую неоднородную задачу

$$\begin{cases} \partial_{\bar{z}} \omega(z) = F(z), & z \in D \\ \operatorname{Re} \left\{ \left(-b\sqrt{K} + a \sin \alpha i \right) \partial_z \omega + \left(ia \partial_z \ln \sqrt{K} \sin \alpha + a \overline{\lambda(z)} \sqrt{K} \cos \alpha \right) \omega(z) \right\} = 0 \end{cases} \quad (7)$$

где $F(z)$ – известная функция класса $C^{1,\lambda}(D)$, $0 < \lambda < 1$. Число p решений однородной задачи (7) связано с числом p^* решений её сопряжённой задачи [5, с. 23 - 24] формулой

$$p = 3 + p^* \quad [5, \text{с. 31}].$$

В [1] показано, что при условии $\operatorname{Ind}(\overline{a+ib}) = 0$ однородная задача (7) имеет не более $p = 3$ линейно независимых решений и поэтому из условия $p = 3 + p^*$ находим $p^* = 0$. Следовательно, при $C_0 \leq \max \left| \frac{a \cos \alpha}{b \sqrt{K}} \right| < \infty$ задача (7) допускает трёхпараметрическое семейство решений для любой функции $F(z)$ класса $C^{1,\lambda}(D)$, $0 < \lambda < 1$. Это решение можно представить в виде

$$\omega = T_\alpha F + \sum_{k=1}^3 c_k^0 \omega_\alpha^k \quad (8)$$

где оператор T_α зависит от выбора функций $a(s)$, $b(s)$, ω_α^k – линейно независимые решения однородной задачи (7), c_k^0 – произвольные вещественные постоянные.

Рассмотрим семейство задач

$$\begin{cases} \partial_{\bar{z}} \omega(z) + B(z) \bar{\omega}(z) = 0, \\ \operatorname{Re} \left\{ \left(-b\sqrt{K} + a \sin \alpha i \right) \partial_z \omega + \left(ia \partial_z \ln \sqrt{K} \sin \alpha + a \overline{\lambda(z)} \sqrt{K} \cos \alpha \right) \omega(z) \right\} = c \end{cases} \quad (9)$$

Покажем, что задача (9) имеет 3 линейно независимых решения для некоторой функции $\frac{a(s) \cos \alpha}{b(s) \sqrt{K}}$, удовлетворяющей условию $C_0 \leq \max \left| \frac{a \cos \alpha}{b \sqrt{K}} \right| < \infty$.

Для доказательства этого факта сведём задачу (9) с помощью формулы (8) к интегральному уравнению

$$\omega + T_\alpha (B \bar{\omega}) = \sum_{k=1}^3 c_k^0 \omega_\alpha^k \quad (10)$$

Будем отыскивать решения задачи (7), удовлетворяющие условиям

$$\omega(0) = 0, \quad \operatorname{Re} \left\{ \omega(0) \chi^{-1}(0) \right\} = \operatorname{Im} \left\{ \omega(0) \chi^{-1}(0) \right\} \quad (11)$$

При этих условиях однородная задача (7) имеет только нулевое решение, если $C_0 \leq \max \left| \frac{a \cos \alpha}{b \sqrt{K}} \right| < \infty$.

Неоднородная задача (7) при условиях (11) разрешима всегда единственным образом.

В самом деле, из формулы (10) имеем, что в точке $z = 0$ должны выполняться условия

$$\begin{aligned} T_\alpha F(0) + \sum_{k=1}^3 c_k^0 \omega_g^k &= 0 \\ \operatorname{Re} \left\{ \chi^{-1}(0) \left[T_\alpha F(0) + \sum_{k=1}^3 c_k^0 \omega_g^k(0) \right] \right\} &= \operatorname{Im} \left\{ \chi^{-1}(0) \left[T_\alpha F(0) + \sum_{k=1}^3 c_k^0 \omega_g^k(0) \right] \right\} \end{aligned} \quad (12)$$

Эти условия можно рассматривать как линейную систему 3 уравнений относительно вещественных постоянных c_1^0 , c_2^0 , c_3^0, \dots . Так как определитель этой системы отличен от нуля (иначе однородная задача (7) имела бы ненулевое решение), то константы c_k^0 из (12) определяются всегда и однозначно. Поэтому решение неоднородной задачи (7) представлено в виде

$$\omega(z) = \tilde{T}_\alpha F \quad (13)$$

где \tilde{T}_α – однородный аддитивный оператор.

Покажем, что оператор \tilde{T}_α допускает представление

$$\tilde{T}_\alpha = \tilde{T}_0 + \tilde{T}_{1\alpha} \quad (14)$$

где \tilde{T}_0 – вполне непрерывный оператор в $C^{1,\lambda}$, $0 < \lambda < 1$, не зависящий от α , а норма зависящего от α оператора

$\tilde{T}_{1\alpha}$ стремится к нулю при любом $\max \left| \frac{a \cos \alpha}{b\sqrt{K}} \right|$ в некотором специально подобранном банаховом пространстве,

например, в $L_2(D)$.

Для этого рассмотрим задачу

$$\begin{cases} \partial_{\bar{z}} \omega_0(z) = F(z), & \omega_0(0) = 0 \\ \operatorname{Re} \{ \omega_0(0) \chi^{-1}(0) \} = \operatorname{Im} \{ \omega_0(0) \chi^{-1}(0) \} \\ \operatorname{Re} \{ \overline{\lambda(z)} \omega_0(z) \} = 0 \end{cases} \quad (15)$$

Из предыдущих рассуждений вытекает, что решение этой задачи существует и единственно для любой функции $F(z)$ класса $C^{1,\lambda}$, $0 < \lambda < 1$ и даётся формулой

$$\omega_0 = \tilde{T}_0 F \quad (16)$$

причём $\tilde{T}_0 F \in C^{2,\lambda}$, $0 < \lambda < 1$.

Установим, что норма оператора $\tilde{T}_{1\alpha}$ стремится к нулю при достаточно большом $\max \left| \frac{a \cos \alpha}{b\sqrt{K}} \right|$, т.е. при $\alpha \rightarrow 0$

в специально подобранном банаховом пространстве $L_2(D)$.

Для того, чтобы доказать этот факт, мы положим

$$\Psi_\alpha = \omega_\alpha - \omega_0 \quad (17)$$

где ω_0 – решение задачи (15), а ω_α – решение задачи

$$\begin{cases} \partial_{\bar{z}} \omega_\alpha(z) = F(z), & \omega_\alpha(0) = 0, & \operatorname{Re} \{ \omega_\alpha(0) \chi^{-1}(0) \} = \operatorname{Im} \{ \omega_\alpha(0) \chi^{-1}(0) \} \\ \operatorname{Re} \{ (-b\sqrt{K} + a \sin \alpha i) \partial_z \omega_\alpha + (ia \partial_z \ln \sqrt{K} \sin \alpha + a \overline{\lambda(z)} \sqrt{K} \cos \alpha) \omega_\alpha(z) \} = 0 \end{cases} \quad (18)$$

Функция Ψ_α аналитична в D и является решением краевой задачи

$$\begin{cases} \partial_{\bar{z}} \Psi_\alpha = 0, & \Psi_\alpha(0) = 0, & \operatorname{Re} \{ \Psi_\alpha(0) \chi^{-1}(0) \} = \operatorname{Im} \{ \Psi_\alpha(0) \chi^{-1}(0) \} \\ \operatorname{Re} \{ (-b\sqrt{K} + a \sin \alpha i) \partial_z \Psi_\alpha + (ia \partial_z \ln \sqrt{K} \sin \alpha + a \overline{\lambda(z)} \sqrt{K} \cos \alpha) \Psi_\alpha \} = \\ = -\operatorname{Re} \{ \partial_z \omega_0 \}, & z \in \partial D \end{cases}$$

Отсюда вытекает, что функция

$$\Psi_{1\alpha} = \Psi_\alpha \chi^{-1} \quad (\Psi_{1\alpha} = U_{1\alpha} + iV_{1\alpha})$$

является решением задачи

$$\begin{cases} \partial_{\bar{z}} \Psi_{1\alpha} = 0, & \Psi_{1\alpha}(0) = 0, & \operatorname{Re} \{ \Psi_{1\alpha}(0) \} = \operatorname{Im} \{ \Psi_{1\alpha}(0) \} \\ \operatorname{Re} \{ (-b\sqrt{K} + a \sin \alpha i) \partial_z \Psi_{1\alpha} + (ia \partial_z \ln \sqrt{K} \sin \alpha + a \overline{\lambda(z)} \sqrt{K} \cos \alpha) \Psi_{1\alpha} \} = \\ = -\operatorname{Re} \{ \partial_z \omega_0 \}, & z \in \partial D \end{cases}$$

По предыдущим результатам эта задача сводится к следующей

$$\begin{cases} \Delta U_{1\alpha} = 0, & U_{1\alpha}(0,0) = V_{1\alpha}(0,0) \\ a^{(l_0)} \frac{\partial U}{\partial \bar{l}_0} + g^2 d^2(z) \sqrt{K} U - d_{10} U + d_2 V - h^2 a^{(l_0)} \frac{\partial V}{\partial \bar{l}_0} + h^2 d_{10} V - h^2 d_{20} U - \\ - h^2 \partial_z \ln \sqrt{K} (\chi_2 U + \chi_1 V) + \gamma_0 = 0 \end{cases}$$

где $\gamma_0 = \operatorname{Re}\{\partial_z \omega_0\}$.

Проделявая аналогичные как в [1] рассуждения, получаем, что

$$M_4 \|U_{1\alpha}\|_{L_2}^2 \leq (M_1 + M_2) \|U_{1\alpha}\|_{L_2}^2 + M_3 + M_5 \|U_{1\alpha}\|_{L_2},$$

где $M_5 = \max |\gamma_0|$.

Отсюда имеем

$$M_4 \leq M_1 + M_2 + \frac{M_3}{\|U_{1\alpha}\|_{L_2}^2} + \frac{M_5}{\|U_{1\alpha}\|_{L_2}} \quad (19)$$

Если предполагаем $\|U_{1\alpha}\|_{L_2} \neq 0$, то при условии $C_0 \leq \max \left| \frac{a \cos \alpha}{b\sqrt{K}} \right| < \infty$ получаем противоречие, т.е. $\|U_{1\alpha}\|_{L_2} = 0$ в

$D + \partial D$.

Таким образом, $\|V_{1\alpha}\|_{L_2} = 0$. Значит $\Psi_{1\alpha} = 0$, $\Psi_\alpha = 0$. Отсюда следует, что $\|\tilde{T}_{1\alpha}\| \rightarrow 0$ при любом $\max \left| \frac{a \cos \alpha}{b\sqrt{K}} \right|$.

В связи с этим однородная задача (7) имеет только нулевое решение, а неоднородная задача (7) имеет решение, зависящее от 3 параметров при условии $C_0 \leq \max \left| \frac{a \cos \alpha}{b\sqrt{K}} \right| < \infty$.

Список литературы / References

1. Солохин Н. Н. Некоторые условия квазикорректности смешанного краевого условия / Н.Н. Солохин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 6 (48). Ч. 5. – С. 103–106.
2. Фоменко В. Т. О квазикорректности внешних связей в теории бесконечно малых изгибаний / В. Т. Фоменко // СМЖ. – 1974. – Т.15. – №1. – С.152 – 161.
3. Фоменко В. Т. О жесткости поверхности с краем в римановом пространстве / В. Т. Фоменко // ДАН. – 1969. – Т.187. – № 2. – С.280–283.
4. Векуа И. Н. Обобщённые аналитические функции / И. Н. Векуа – М.: Физматлит, 1959. – 509 с.
5. Данилюк И. И. О задаче с наклонной производной. / И. И. Данилюк // СМЖ. 1962. – Т. 3. – №1. – С. 18 – 55.
6. Фоменко В. Т. О жёсткости поверхностей Дарбу с краем в римановом пространстве / В. Т. Фоменко // ДАН СССР. – 1968. – Т. 181. – №6. – С. 1346 – 1349.
7. Сабитов И. Х. Бесконечно малые изгибания выпуклых поверхностей с краевым условием обобщённого скольжения / И. Х. Сабитов // ДАН СССР. – 1962. – 147, №4. – С.793 – 796 (РЖМат, 1964, 10А419).
8. Казак В.В. Распределение собственных векторных полей условия обобщённого скольжения в нормальных сечениях / В. В. Казак // Мат. анализ и его приложения. – 1974. – С. 183 – 188.
9. Виноградов В.С. Об одной краевой задаче для линейных эллиптических систем дифференциальных уравнений первого порядка на плоскости. / В. С. Виноградов // Доклады Академии наук СССР. – 1958. – Т. 118. – № 6. – С. 1059 – 1062.
10. Казак В. В., Солохин Н. Н. О квазикорректности смешанного краевого условия для поверхностей положительной кривизны. / В. В. Казак, Н. Н. Солохин // Сборник тезисов Международной конференции «Метрическая геометрия поверхностей и многогранников, посвящённая 100 – летию со дня рождения Н.В.Ефимова. – Москва. – 2010. – С. 28 – 29.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Solokhin N. N. Nekotorye usloviya kvazikorrektnosti smeshannogo kraevogo usloviya [Some Conditions for the Quasi-Accuracy of a Mixed Boundary Condition] / N.N. Solokhin // International Scientific and Research Journal. - 2016. - No.6 (48). Part 5 - P. 103-106.
2. Fomenko V. T. O kvazikorrektnosti vneshnikh svyazei v teorii beskonechno malykh izgibanii [On Quasi-Accuracy of External Constraints in the Theory of an Infinitesimal Bending] / V.T.Fomenko // CMZh. -1974. -T.15. - No.1. - P.152-161.
3. Fomenko V. T. O zhestkosti poverkhnosti s kraem v rimanovom prostranstve [On the Rigidity of a Surface with Boundary in a Riemannian Space] / V.T. Fomenko // DAN. -1969. -V.187. - No.2. -P.280-283.
4. Vekua I.N. Obobshhionnye analiticheskie funktsii [Generalized Analytic Functions] / I. N. Vekua – M.: Fizmatlit, 1959. – 509 p.
5. Daniliuk I. I. O zadache s naklonnoi proizvodnoi. [On the Problem with Oblique Derivative] / I. I. Daniliuk // SMZh. 1962. – V. 3. – No.1. – P.18 – 55.
6. Fomenko V. T. O zhiostkosti poverkhnostei Darbu s kraem v rimanovom prostranstve [On the Rigidity of Darboux Surfaces with Boundary in a Riemannian Space] / V. T. Fomenko // DAN SSSR. - 1968. - T. 181. - No.6. - P. 1346 - 1349.
7. Sabitov I. H. Beskonechno malye izgibaniya vypuklykh poverkhnostei s kraevym uslovиеm obobshchionnogo skolzheniya [Infinitesimal Bending of Convex Surfaces with the Boundary Condition of Generalized Slip] / I. Kh. Sabitov // DAN SSSR. - 1962. - 147, No.4. - P.793 - 796 (RZhMat, 1964, 10A419).
8. Kazak V.V. Raspredelenie sobstvennykh vektornykh polei usloviya obobshchionnogo skolzheniya v normalnykh secheniyakh [Distribution of Eigenvectors of the Generalized Slip Condition in Normal Sections] / V.V. Kazak // Mathematical Analysis and its Applications. - 1974. - P. 183 - 188.

9. Vinogradov V.S. Ob odnoi kraevoi zadache dlia lineinykh ellipticheskikh sistem differentsialnykh uravnenii pervogo poriadka na ploskosti. [On a Boundary-Value Problem for Linear Elliptic Systems of First-Order Differential Equations on the Plane] / V.S. Vinogradov // Reports of the Academy of Sciences of the USSR. - 1958. - T. 118. - No. 6. - P. 1059 - 1062.

10. Kazak V. V., Solokhin N. N. O kvazikorrektnosti smeshannogo kraevogo usloviya dlia poverkhnosti polozhitelnoi krivizny. [On Quasi-Accuracy of a Mixed Boundary Condition for Surfaces of Positive Curvature] / V.V. Kazak, N.N. Solokhin // Proceedings of the International Conference "Metric Geometry of Surfaces and Polyhedra" dedicated to the 100th anniversary of N.V. Efimov. - Moscow. - 2010. - P. 28 - 29.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.029>

Паровик Р.И.

ORCID: 0000-0002-1576-1860, Кандидат физико-математических наук,

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,

Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга

СУЩЕСТВОВАНИЕ И ЕДИНСТВЕННОСТЬ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ ШИРОКОГО КЛАССА ЭРЕДИТАРНЫХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ

Аннотация

В настоящей работе с помощью элементов теории функционального анализа (теоремы о неподвижной точке) обосновывается существование и единственность задачи Коши для специального класса интегро-дифференциальных уравнений с разностными ядрами в виде степенных функций. Исходное интегро-дифференциальное уравнение с помощью производных дробного порядка в смысле Герасимова-Капуто сводилось к уравнению, которое описывает широкий класс фрактальных осцилляторов или осцилляторов с памятью.

Ключевые слова: эредитарность, принцип сжимающего отображения, существование и единственность решения, задача Коши, фрактальный осциллятор.

Parovik R.I.

ORCID: 0000-0002-1576-1860, PhD in Physics and Mathematics,

Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation, FEB RAS,

Kamchatsky State University named after Vitus Bering

EXISTENCE AND UNIQUENESS OF THE CAUCHY PROBLEM FOR A WIDE CLASS OF HEREDITARY OSCILLATORS

Abstract

In this paper, using the elements of the theory of functional analysis (fixed-point theorem), the existence and uniqueness of the Cauchy problem for a special class of integral and differential equations with difference kernels in the form of power functions is justified. The initial integral and differential equation with the help of derivatives of fractional order in the sense of Gerasimov-Caputo is reduced to an equation, describing a wide class of fractal oscillators or oscillators with memory.

Keywords: heredity, contraction mapping principle, existence and uniqueness of a solution, the Cauchy problem, the fractal oscillator.

Введение. В одной из глав монографии [1], посвященной эредитарным процессам, был приведен эредитарный осциллятор, который исследовал Вито Вольтерра. В его работах [2,3], было впервые также введено понятие эредитарности, означающее эффект памяти или последствия и заключающееся в зависимости текущего состояния, рассматриваемой динамической системы от предыдущих состояний, т.е. от предыстории. С точки зрения математики эредитарный осциллятор можно описать с помощью интегро-дифференциального уравнения с разностным ядром, которое называют функцией памяти.

Функция памяти может принимать любой вид, который определяется условиями рассматриваемой задачи. Существуют два предельных случая: отсутствие памяти и ее полное наличие. Первому случаю соответствует функция памяти, взятая в виде дельта-функции, а второму – функция Хевисайда. Промежуточные функции памяти, определяют динамические системы с частичной потерей памяти так, как текущие их состояния будут зависеть лишь от конечного числа предыдущих состояний. Отметим, что наличие в природе степенных законов и фракталов [4], позволяют предположить степенной вид функции памяти [1]. Необходимо отметить, что степенная функция памяти дает возможность перехода от модельного интегро-дифференциального уравнения к модельному уравнению с производными дробных порядков, которые изучаются в рамках дробного исчисления [1], [5], [6]. Тогда модельное уравнение будет описывать один достаточно широкий класс эредитарных осцилляторов – фрактальные осцилляторы. Исследованию некоторых фрактальных осцилляторов были посвящены работы [7-21]. Более полно, на наш взгляд, они были изучены в монографиях [22], [23], но тем не менее многие вопросы в этих работах были оставлены без должного внимания. Одним из таких вопросов, например, является вопрос о существовании и единственности решения задачи Коши. Поэтому эта работа посвящена обоснованию существования и единственности задачи Коши для целого класса фрактальных осцилляторов.

По аналогии с работой [24] мы сначала дадим ряд определений, которые будем использовать при доказательстве основной теоремы.

Определение 1. Функция действительного переменного $f(t)$, $t > 0$ принадлежит пространству C_μ , если существует такое $p > \mu$, что $f(t) = t^p f_1(t)$, где $f_1(t) \in C([0, \infty])$ и пространству C_μ^n , $n \in N$, если $f^{(n)} \in C_\mu$.

Определение 2. Интеграл Римана-Лиувилля порядка $\beta \geq 0$ для функции $f \in C_\mu, \mu \geq -1$ имеет вид:

$$I_{0,t}^\beta f(\xi) = \begin{cases} \frac{1}{\Gamma(\beta)} \int_0^t (t-\xi)^{\beta-1} f(\xi) d\xi, \beta > 0, t > 0, \\ f(t), \beta = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Определение 3. Производная дробного порядка β в смысле Герасимова-Капуто для функции $f \in C_{-1}^n$ является оператор [25, 26]:

$$\partial_{0,t}^\beta f(\xi) = \begin{cases} \frac{1}{\Gamma(n-\beta)} \int_0^t (t-\xi)^{\beta-1} f^{(n)}(\xi) d\xi, n-1 < \beta < n, n \in N, \\ \frac{d^n f(t)}{dt^n}, \beta = n \end{cases} \quad (2)$$

Отметим свойство композиции операторов (1) и (2);

$$\partial_{0,t}^\beta x(\xi) = I_{0,t}^{n-\beta} x^{(n)}(\xi), \quad (3)$$

Более детально о свойствах операторов (1) и (2) можно узнать в работах [1, 5, 6]. Рассмотрим следующую задачу Коши:

$$\partial_{0,t}^\beta x(\xi) + \lambda \partial_{0,t}^\gamma x(\xi) = f(x(t), t), 0 \leq t \leq T, 1 < \beta \leq 2, 0 < \gamma \leq 1, x(0) = \alpha_1, \dot{x}(0) = \alpha_2. \quad (4)$$

где $x(t) \in C_\mu^2([0, T])$, $T > 0$ - время процесса, α_1, α_2 - заданные константы, $\lambda > 0$ имеет смысл коэффициента трения, функция $f(x(t), t)$ непрерывная функция, такая что $f: [0, T] \times E \rightarrow E$ и $(E, \|\cdot\|)$ - пространство Банаха.

Задача Коши (4) в зависимости от вида функции $f(x(t), t)$ характеризует два класса фрактальных осцилляторов. В случае, если функция $f(x(t), t)$ является линейной, то мы приходим к классу линейных фрактальных осцилляторов, некоторые из них были рассмотрены в работе [23]. Другой класс фрактальных осцилляторов мы получим, если функция $f(x(t), t)$ будет нелинейной. Такой класс характеризует нелинейные фрактальные осцилляторы [22].

Введем пространство всех непрерывных функций, определенных на $[0, T] \rightarrow E$ порожденное нормой $\|\cdot\|$, которое обозначим $C([0, T], E)$.

Лемма. Для задачи Коши (4) справедлива формула:

$$x(t) = \frac{1}{\Gamma(\beta)} \int_0^t (t-\xi)^{\beta-1} f(x(\xi), \xi) d\xi - \frac{\lambda}{\Gamma(\beta-\gamma)} \int_0^t (t-\xi)^{\beta-\gamma-1} x(\xi) d\xi - \alpha_1 - \alpha_2 t. \quad (5)$$

Действительно. Из уравнения (4) мы имеем:

$$\partial_{0,t}^\beta x(\xi) = f(x(t), t) - \lambda \partial_{0,t}^\gamma x(\xi), 0 \leq t \leq T. \quad (6)$$

Учитывая свойство (3), уравнение (6) можно записать в виде:

$$I_{0,t}^{2-\beta} \ddot{x}(\xi) = f(x(t), t) - \lambda \partial_{0,t}^\gamma x(\xi). \quad (7)$$

Действуя на правую и левую части уравнения (7) оператором $I_{0,t}^{\beta-2}$ и дважды интегрируя от 0 до t , мы получим решение:

$$x(t) = I_{0,t}^\beta f(x(\xi), \xi) - \lambda I_{0,t}^{\beta-\gamma} x(\xi) - c_0 - c_1 t. \quad (8)$$

При $t = 0$ согласно начальным условиям (5), мы получим, что константы интегрирования в (8) определены как $c_0 = \alpha_1$ и $c_1 = \alpha_2$. Откуда следует соотношение (5). Лемма доказана.

Определим оператор $A(x): C([0, T], E) \rightarrow C([0, T], E)$ такой, что

$$A(x) = \frac{1}{\Gamma(\beta)} \int_0^t (t-\xi)^{\beta-1} f(x(\xi), \xi) d\xi - \frac{\lambda}{\Gamma(\gamma-\beta)} \int_0^t (t-\xi)^{\gamma-\beta-1} x(\xi) d\xi - \alpha_1 - \alpha_2 t, \quad (9)$$

где $0 \leq t \leq T, 1 < \beta \leq 2, 0 < \gamma \leq 1$.

Докажем существование и единственность задачи Коши (4), используя принцип сжимающих отображений (теорема Банаха о неподвижной точке).

Определим условия:

1. Функция $f(x(t), t)$ удовлетворяет по $x(t)$ условию:

$$\|f(x, t) - f(y, t)\| \leq L \|x - y\|, L > 0, x, y \in E, t \in [0, T]. \quad (10)$$

2. Пусть существуют два положительных действительных числа d и r таких, что $0 < d < 1$ и выполнено условие:

$$\frac{\lambda T^{\beta-\gamma}}{\Gamma(\beta-\gamma+1)} + \frac{LT^{\beta}}{\Gamma(\beta+1)} \leq d, \quad \frac{NT^{\beta}}{\Gamma(\beta+1)} + \alpha_1 + \alpha_2 T \leq (1-d)r, \quad (11)$$

где $N = \|f(0, t)\| = \sup_{t \in [0, T]} |f(0, t)|$.

Теорема. Решение задачи Коши (4) существует и единственно в пространстве $C([0, T], E)$, если выполнены условия (10) и (11).

Доказательство. Докажем, что оператор (9) имеет фиксированную точку в шаре $B_r = \{x \in E, \|x\| < r\}$. Пусть $x \in B_r$, тогда для оператора (9) можно записать соотношение:

$$\|A(x)\| = \left\| \frac{1}{\Gamma(\beta)} \int_0^t (t-\xi)^{\beta-1} f(x(\xi), \xi) d\xi - \frac{\lambda}{\Gamma(\beta-\gamma)} \int_0^t (t-\xi)^{\beta-\gamma-1} x(\xi) d\xi - \alpha_1 - \alpha_2 t \right\|,$$

или мы приходим к следующему неравенству:

$$\begin{aligned} \|A(x)\| &\leq \frac{1}{\Gamma(\beta)} \int_0^t (t-\xi)^{\beta-1} \|f(x(\xi), \xi) - f(0, \xi)\| d\xi + \frac{1}{\Gamma(\beta)} \int_0^t (t-\xi)^{\beta-1} \|f(0, \xi)\| d\xi + \\ &+ \frac{\lambda}{\Gamma(\beta-\gamma)} \int_0^t (t-\xi)^{\beta-\gamma-1} \|x(\xi)\| d\xi + \alpha_1 + \alpha_2 T. \end{aligned}$$

Далее с учетом условия (10) при $y = 0$, имеем:

$$\|A(x)\| \leq \frac{LT^{\beta}}{\Gamma(\beta+1)} \|x\| + \frac{NT^{\beta}}{\Gamma(\beta+1)} + \frac{\lambda T^{\beta-\gamma}}{\Gamma(\beta-\gamma+1)} \|x\| + \alpha_1 + \alpha_2 T,$$

а с учетом условия (11) окончательно получим неравенство:

$$\|A(x)\| \leq dr + (1-dr),$$

из которого следует включение $AB_r \subset B_r$. Следовательно, оператор (9) отображает B_r в себя.

Покажем, что оператор (9) является сжимающим отображением в шаре B_r . Пусть $x, y \in B_r$.

$$\begin{aligned} \|A(x) - A(y)\| &\leq \frac{1}{\Gamma(\beta)} \int_0^t (t-\xi)^{\beta-1} \|f(x(\xi), \xi) - f(y(\xi), \xi)\| d\xi + \\ &+ \frac{\lambda}{\Gamma(\gamma-\beta)} \int_0^t (t-\xi)^{\gamma-\beta-1} \|x(\xi) - y(\xi)\| d\xi. \end{aligned}$$

С учетом условия (11), имеем:

$$\|A(x) - A(y)\| \leq \frac{LT^{\beta}}{\Gamma(\beta+1)} \|x - y\| + \frac{\lambda T^{\gamma-\beta}}{\Gamma(\gamma-\beta+1)} \|x - y\| \leq d \|x - y\|.$$

Отсюда следует, что оператор (9) является сжимающим, поэтому имеет единственную неподвижную точку, которая является решением задачи Коши (4). Теорема доказана.

Заметим, что если обобщить уравнение (4) на случай переменных дробных порядков $\beta(t)$ и $\gamma(t)$ в виде:

$$\partial_{0+}^{\beta(t)} x(\xi) + \lambda \partial_{0+}^{\gamma(t)} x(\xi) = f(x(t), t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad 1 < \beta(t) \leq 2, \quad 0 < \gamma(t) \leq 1,$$

то будет затруднительно получить общее решение в виде соотношения (5), так как нарушается свойство композиции операторов: $\partial_{0+}^{-\beta(t)} \partial_{0+}^{\beta(t)} x(\xi) \neq x(t)$ и поэтому существуют определенные трудности в применении принципа сжимающих отображений. В этом случае возникает задача о выборе определения производных дробных переменных порядков [27].

Заключение. В этой работе была доказана теорема о существовании и единственности задачи Коши (4), однако интерес может представлять более общая задача Коши:

$$\partial_{0+}^{\beta} x(\xi) + \lambda(x, t) \partial_{0+}^{\gamma} x(\xi) = f(x, t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad 1 < \beta \leq 2, \quad 0 < \gamma \leq 1, \quad x(0) = \alpha_1, \quad \dot{x}(0) = \alpha_2, \quad (12)$$

Задача Коши (12) описывает более широкий класс фрактальных осцилляторов, чем задача Коши (4). Например, в случае, когда функция $\lambda(x, t)$ четна, а функция нечетна, то мы получаем обобщенное уравнение Льенара, которое характеризует фрактальные автогенераторы типа Ван дер Поля [28], Ван дер Поля-Дуффинга [29], ФитцХью-Нагумо [30] и др., часто встречающиеся в различных приложениях физики, техники, биологии и других науках.

Работа выполнена по государственному заданию, НИР КамГУ им. Витуса Беринга «Применение дробного исчисления в теории колебательных процессов» №АААА-А17-117031050058-9.

Список литературы/References

1. Uchaikin V. V. Fractional derivatives for physicists and engineers. Volume I. Background and theory / Uchaikin V. V. – Berlin: Springer, 2013. – 373 p.

2. Volterra V. Sur les equations integro-differentielles et leurs applications / Volterra V // *Acta Mathematica*. – 1912. – vol. 35. – no 1. – P. 295 – 356.
3. Volterra V. Theory of Functionals and of Integral and Integro-differential Equations / Volterra V. – New York: Dover Publication Inc, 2005. – 226 p.
4. Schroeder M. Fractals, chaos, power laws: minutes from an infinite Paradise / Schroeder M. – New York: V.H. Freeman, 1991.
5. Kilbas A.A. Theory and Applications of Fractional Differential Equations / Kilbas A.A., Srivastava H.M., Trujillo J.J. – North-Holland. Amsterdam. Elsevier. 2006. – 541 p.
6. Oldham K. B. The fractional calculus. Theory and applications of differentiation and integration to arbitrary order / Oldham K. B., Spanier J. – London: Academic Press, 1974. – 240 p.
7. Mainardi F. Fractional Relaxation-Oscillation and Fractional Diffusion-Wave Chaos / Mainardi F. // *Soliton & Fractal*. – 1996. – vol. 7. – no. 9. – P. 146 – 1477.
8. Meilanov R.P. Features of the phase trajectory of a fractal oscillator / Meilanov R.P., Yanpolov M.S. // *Technical Physics Letters*. – 2002. – vol. 28. – no. 1. – P. 30 – 32.
9. Achar B.N.N. Response characteristics of a fractional oscillator / Achar B.N.N., Hanneken J.W., Clarke T. // *Physica A*. – 2002. – vol. 309. – no. 3-4. – P. 275 – 288.
10. Al-Rabtah A. Solutions of a fractional oscillator by using differential transform method / Al-Rabtah A., Erturk V. S., Momani S. // *Computers & Mathematics with Applications*. – 2010. – vol. 59. – no. 3. – P. 1356 – 1362.
11. Afanas'ev V.V. Polish Stabilization of the Inertial Effects of the Fractal Oscillator / Afanas'ev V.V., Daniel M.J.E. // *Technical Physics Letters*. – 2010. – vol. 36. – no. 7. P. 1 – 6.
12. Zurigat M. Solving Fractional Oscillators Using Laplace Homotopy Analysis Method / Zurigat M. // *Annals of the University of Craiova, Mathematics and Computer Science Series*. – 2011. – vol. 38(4). – P. 1 – 11.
13. Parovik R.I. Fractal parametric oscillator as a model of a nonlinear oscillation system in natural mediums / Parovik R.I. // *International Journal of Communications, Network and System Sciences*. – 2013. – vol. 6. – no 3. – P. 134 – 138.
14. Zaitsev V.V. Self-oscillations dynamics of active fractional oscillator / Zaitsev V.V., Karlov Ar.V., Yarovoy G.P. // *Theoretical Physics*. – 2013. – vol. 14. – P. 11 – 18.
15. Xu Y. Models and numerical solutions of generalized oscillator equations / Xu Y., Agrawal O.P. // *Journal of Vibration and Acoustics*. – 2014. – vol. 136. – 051005.
16. Syta A. Chaotic vibrations of the Duffing system with fractional damping / Syta A., Litak G., Lenci S., Schefer M. // *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*. – 2014. – vol. 24. – issue 1. – 013107.
17. Blaszczyk T. A numerical solution of a fractional oscillator equation in a non-resisting medium with natural boundary conditions / Blaszczyk T. // *Romanian Reports in Physics*. – 2015. – vol. 67. – no. 2. – P. 350 – 358.
18. Parovik R.I. Mathematical modeling of nonlocal oscillatory Duffing system with fractal friction / Parovik R.I. // *Bulletin KRASEC. Physical and Mathematical Sciences*. – 2015. – vol. 10. – issue 1. – P. 16 – 21.
19. Parovik R.I. Mathematical modeling of the hereditary oscillator / Parovik R.I. // *Computer Research and Modeling*. – 2015. – vol. 7(5). – P. 1001 – 1021.
20. Parovik R. On a credit oscillatory system with the inclusion of stick-slip / Parovik R. // *E3S Web of Conferences*. – 2016. – vol. 11. – 00018.
21. Parovik R.I. Mathematical Modelling of Hereditary Airy Oscillator with Friction / Parovik R.I. // *Bulletin of South Ural State University. Series Mathematical Modelling, Programming & Computer Software*. – 2017. – vol. 10. – no 1. – P. 138–148.
22. Petras I. Fractional-Order Nonlinear Systems. Modeling, Analysis and Simulation / Parovik R.I. – Beijing and Springer-Verlag Berlin Heidelberg: Springer, 2011. – 218 p.
23. Parovik R.I. Mathematical modeling of hereditary linear oscillators / Parovik R.I. – Petropavlovsk-Kamchatsky: Vitus Bering Kamchatka State University. 2015. – 178 p.
24. Anber A. New existence and uniqueness results for fractional differential equations / Anber A., Belarbi S., Dahmani Z. // *Analele Universitatii "Ovidius" Constanta - Seria Matematica*. – 2013. – vol. 21(3). – P. 33 – 41.
25. Gerasimov A.N. Generalization of linear deformation laws and their application to internal friction problems / Gerasimov A.N. // *AS USSR. Applied mathematics and mechanics*. – 1948. – vol. 12. – P. 529 – 539.
26. Caputo M. Linear models of dissipation whose Q is almost frequency independent-II / Caputo M. // *Geophysical Journal International*. – 1967. – vol. 13. – no. 5. – P. 529 – 539.
27. Samko S.G. Fractional integration and differentiation of variable order / Samko S.G. // *Analysis Mathematica*. – 1995. – vol. 21. – P. 213 – 236.
28. Parovik R.I. Fractional calculus in the theory of oscillatory systems / Parovik R.I. // *Modern science-intensive technologies*. – 2017. – №1. – P. 66 – 68.
29. Lipko O.D. Mathematical model of propagation of nerve impulses with regard hereditary / Parovik R.I. // *Bulletin KRASEC. Physical and Mathematical Sciences*. – 2017. – vol. 17. no 1. – P. 33 – 43.
30. Novikova E.R. Van der Pol-Duffing oscillator with the effect of hereditary. / Novikova E.R. // *Bulletin KRASEC. Physical and Mathematical Sciences*. – 2017. – vol. 17. – no 2. – P. 65 – 75.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.037>

Сдвижков О.А.

Кандидат физико-математических наук, доцент, Российский государственный университет туризма и сервиса

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ К ЗАДАЧАМ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ**Аннотация**

В статье с помощью линейного программирования находятся существенные переменные булевых функций, а также проверяются булевы функции на монотонность и линейность.

Обобщается задача о кратчайшем покрытии булевой матрицы, как задача о кратчайшем покрытии булевой матрицы с заданным дефектом. Обобщенная задача о кратчайшем покрытии сводится к задаче линейного программирования, как следствие получается задача линейного программирования, к которой сводится классическая задача о кратчайшем покрытии булевой матрицы.

Приведены примеры, в которых задачи теории булевых функций решаются с помощью линейного программирования.

Ключевые слова: оптимизация, булева функция, монотонность, линейность, кратчайшее покрытие.

Sdvizhkov O.A.

PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Russian State University of Tourism and Service

APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING TO THE TASKS OF LOGICAL ALGEBRA**Abstract**

Significant variables of Boolean functions are found in the article with the help of linear programming. Boolean functions are checked for monotonicity and linearity.

The problem of the shortest covering of a Boolean matrix is generalized, as is the problem of the shortest covering of a Boolean matrix with a given defect. Generalized problem of the shortest covering is reduced to the problem of linear programming. As a consequence we obtain a linear programming problem, to which the classical problem of the shortest covering of a Boolean matrix is reduced.

Examples are given where problems of the theory of Boolean functions are solved with the help of linear programming.

Keywords: optimization, Boolean function, monotonicity, linearity, shortest covering.

Введение

Статья посвящена сведению ряда задач теории булевых функций [1], [2], [9], [10], включая задачу о кратчайшем покрытии булевой матрицы и ее обобщения, к задачам линейного программирования [3, 4] и решению их методами линейного программирования. Такой подход является достаточно эффективным, так как методы решения задач линейного программирования поддерживаются, вообще говоря, во всех современных информационных математических приложениях, включая [5], [6], [7], [8].

Во всех примерах данного исследования применялась надстройка «Поиск решения» (в оригинале «Solver») программного комплекса Excel.

§ 1. Существенные переменные булевых функций

Переменная x_i называется [2] существенной переменной булевой функции $f = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, если найдутся такие значения остальных переменных, при которых выполняется:

$$f(x_1, \dots, x_{i-1}, 0, x_{i+1}, \dots, x_n) \neq f(x_1, \dots, x_{i-1}, 1, x_{i+1}, \dots, x_n) \quad (1)$$

В противном случае, она называется несущественной или фиктивной переменной.

Следовательно, если в таблице истинности функции $f = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ существует пара строк, которые различаются только по значениям i -х элементов и по $(n+1)$ -х элементов, то переменная x_i является существенной, иначе она является фиктивной.

Пусть индексы принимают значения $k = 1, 2, \dots, 2^n$, $j = 1, 2, \dots, n+1$, c_{kj} – элементы таблицы истинности функции f , u_k и v_k – двоичные (булевы) переменные. Тогда справедлива следующая теорема.

Теорема 1. Проверка переменной x_i функции $f = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ на существенность сводится к задаче линейного программирования, в которой $z_{\max} = 2$ тогда и только тогда, когда переменная x_i является существенной:

$$z = \sum_{i=1}^{2^n} (u_i + v_i) \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^{2^n} c_{kj} u_k + \sum_{k=1}^{2^n} c_{kj} v_k = 1, \quad j \in \{i, n+1\}; \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^{2^n} c_{kj} u_k - \sum_{k=1}^{2^n} c_{kj} v_k = 0, \quad j \notin \{i, n+1\}; \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^{2^n} u_k \leq 1; \quad \sum_{k=1}^{2^n} v_k \leq 1. \quad (5)$$

Доказательство. В силу (2, 5) выполняется $z_{\max} \leq 2$. Если $z_{\max} = 2$, то в силу (5) только одна из переменных u_k принимает значение 1 и только одна из переменных v_k принимает значение 1, причем в силу (3) индексы этих переменных различны, но тогда из (3, 4) следует (1). В случаях, отличных от $z_{\max} = 2$, методом «от противного» легко доказывается, что условие (1) не выполняется.

Пример 1. Проверить, что переменная x_1 является фиктивной переменной функции $f = (11001100)$.

1. В диапазон A1:D8 вводим таблицу истинности.
2. Диапазон E1:E8 оставляем за переменными u_k .
3. Диапазон F1:F8 оставляем за переменными v_k .
4. Для наглядности заливаем диапазон E1:F8 желтым цветом.
5. В ячейку A9 вводим формулу =СУММПРОИЗВ(A1:A8;\$E\$1:\$E\$8) и копируем ее в остальные ячейки диапазона A9:D9.
6. В ячейку A10 вводим формулу =СУММПРОИЗВ(A1:A8;\$F\$1:\$F\$8) и копируем ее в остальные ячейки диапазона A10:D10.
7. В ячейку E9 вводим формулу =СУММ(E1:E8) и копируем ее в F9.
8. В ячейке G10 записываем формулу целевой функции =E9+F9.
9. В ячейку A11 вводим формулу =A9+A10 и копируем ее в D11.
10. В ячейку B11 вводим формулу =B9-B10 и копируем ее в C11.
11. Вызываем надстройку «Поиск решения» и задаем значения параметров (рис. 1).

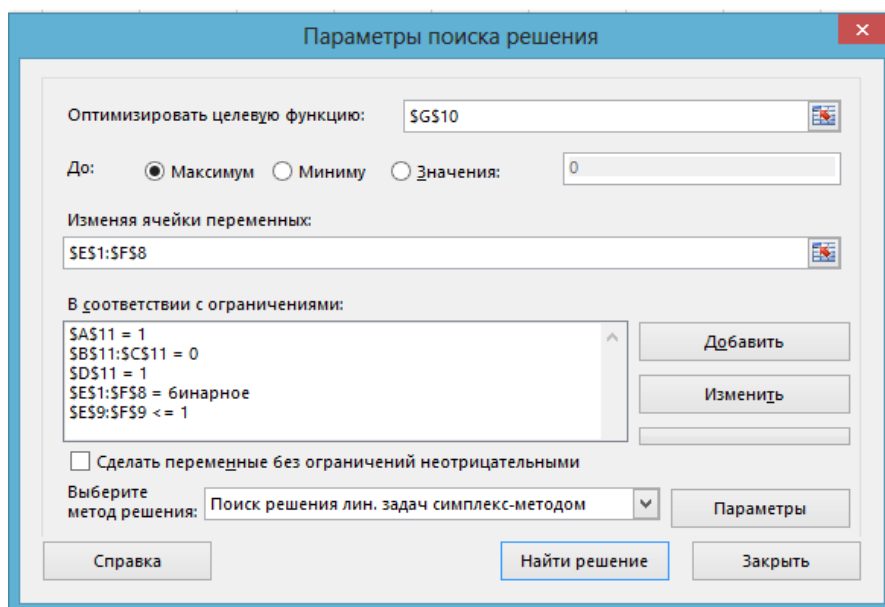


Рис. 1 – Значения параметров проверки x_1 на существенность

11. Кнопка «Найти решение» возвращает сообщение, что решение найдено, и результаты (рис. 2).

	A	B	C	D	E	F	G
1	0	0	0	1	0	0	
2	0	0	1	1	0	0	
3	0	1	0	0	0	0	
4	0	1	1	0	0	0	
5	1	0	0	1	0	1	
6	1	0	1	1	0	0	
7	1	1	0	0	0	0	
8	1	1	1	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	1	
10	1	0	0	1			1
11	1	0	0	1			

Рис. 2 – Результаты проверки x_1 на существенность

Так как $z_{\max} = 1 < 2$, то переменная x_1 является фиктивной.

§ 2. Монотонность и линейность булевых функций

Функция $f = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ называется монотонной [9], если для любых наборов (a_1, a_2, \dots, a_n) и (b_1, b_2, \dots, b_n) таких, что $a_i \leq b_i, i = 1, 2, \dots, n$, такие наборы называются сравнимыми, выполняется:

$$f(a_1, a_2, \dots, a_n) \leq f(b_1, b_2, \dots, b_n).$$

В противном случае, она немонотонная.

По аналогии с теоремой 1 доказывается следующая теорема.

Теорема 2. Проверка функции $f = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ на монотонность сводится к задаче линейного программирования, в которой $z_{\max} = 2$ тогда и только тогда, когда функция f не монотонная:

$$\begin{aligned} z &= \sum_{i=1}^{2^n} (u_i + v_i) \rightarrow \max, \\ \sum_{k=1}^{2^n} c_{kj} v_k - \sum_{k=1}^{2^n} c_{kj} u_k &\geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n; \\ \sum_{k=1}^{2^n} c_{k, n+1} u_k &= 1; \quad \sum_{k=1}^{2^n} c_{k, n+1} v_k = 0; \\ \sum_{i=1}^{2^n} u_i &\leq 1; \quad \sum_{i=1}^{2^n} v_i \leq 1. \end{aligned}$$

Пример 2. Проверить функцию $f = (10101100)$ на монотонность.

Первые 8 пунктов такие же, как примере 1.

9. В ячейке A11 записываем формулу =A10-A9 и копируем ее в ячейки B11:C11.

10. Вызываем надстройку «Поиск решения» и задаем значения параметров поиска решения (рис. 3).

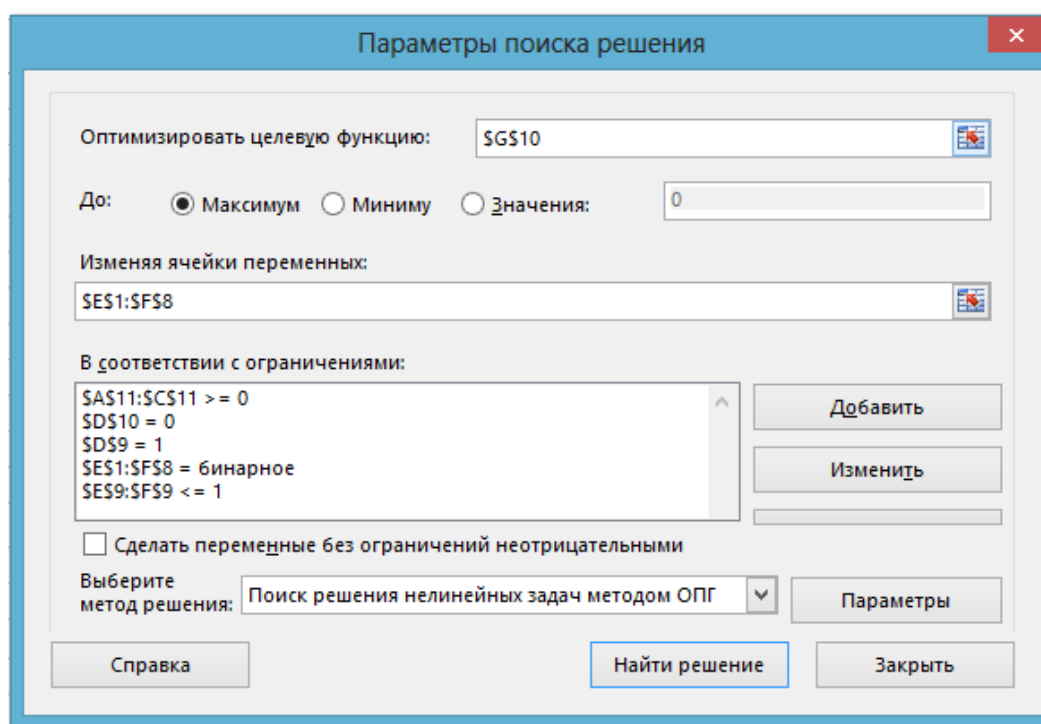


Рис. 3 – Значения параметров проверки на монотонность

12. Кнопка «Найти решение» возвращает сообщение, что решение найдено, и результаты (рис. 4).

	A	B	C	D	E	F	G
1	0	0	0	1	1	0	
2	0	0	1	0	0	1	
3	0	1	0	1	0	0	
4	0	1	1	0	0	0	
5	1	0	0	1	0	0	
6	1	0	1	1	0	0	
7	1	1	0	0	0	0	
8	1	1	1	0	0	0	
9	0	0	0	1	1	1	
10	0	0	1	0			2
11	0	0	1				

Рис. 4 – Результаты проверки на монотонность

Так как $z_{\max} = 2$, то функция не монотонная, монотонность, как минимум, нарушается в 1-ой и 2-ой строках таблицы истинности.

Функция $f = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ называется линейной [2], если ее можно представить в виде:

$$f = a_0 \oplus a_1 x_1 \oplus a_2 x_2 \oplus \dots \oplus a_n x_n.$$

Теорема 3. Проверка функции $f = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ на линейность сводится к задаче линейного программирования с двоичными переменными a_0, a_1, \dots, a_n и целочисленными переменными b_1, b_2, \dots, b_{2^n} , которая имеет решение тогда и только тогда, когда функция f линейная:

$$\sum_{k=0}^n a_k \rightarrow \max, \quad a_0 + \sum_{j=1}^n c_{ij} a_j = 2b_i + c_{i_{n+1}}, \quad i = 1, 2, \dots, 2^n.$$

Пример 3. Проверить на линейность функцию $f = (11000011)$.

1. Вводим в диапазон A1:D8 таблицу истинности функции.
2. Диапазон A9:D9 оставляем за переменными a_0, a_1, a_2, a_3 (заливаем диапазон желтым цветом), диапазон E1:E8 оставляем за переменными b_1, b_2, \dots, b_8 (тоже заливаем диапазон желтым цветом).
3. В ячейку G1 вводим формулу $=\$A\$9+\text{СУММПРОИЗВ}(A1:C1;\$B\$9:\$D\$9)$ и копируем ее в ячейки G2:G8.
4. В ячейку I1 вводим формулу $=G1-2*E1$ и копируем ее в ячейки I2:I8.
5. В ячейку E10 вводим формулу целевой функции $=\text{СУММ}(A9:D9)$.
6. Вызываем надстройку «Поиск решения» и задаем значения параметров поиска решения (рис. 5).

Рис. 5 – Значения параметров проверки на линейность

6. Кнопка «Найти решение» возвращает сообщение, что решение найдено, и результаты (рис. 6).

2. В ячейку A6 вводим формулу =СУММПРОИЗВ(A1:A4;\$H\$1:\$H\$4) и копируем ее в остальные ячейки диапазона A6:F6.
3. Целевую функцию записываем в ячейке I5 формулой =СУММ(H1:H4).
4. Вызываем надстройку «Поиск решения» и задаем значения параметров поиска решения (рис. 7).

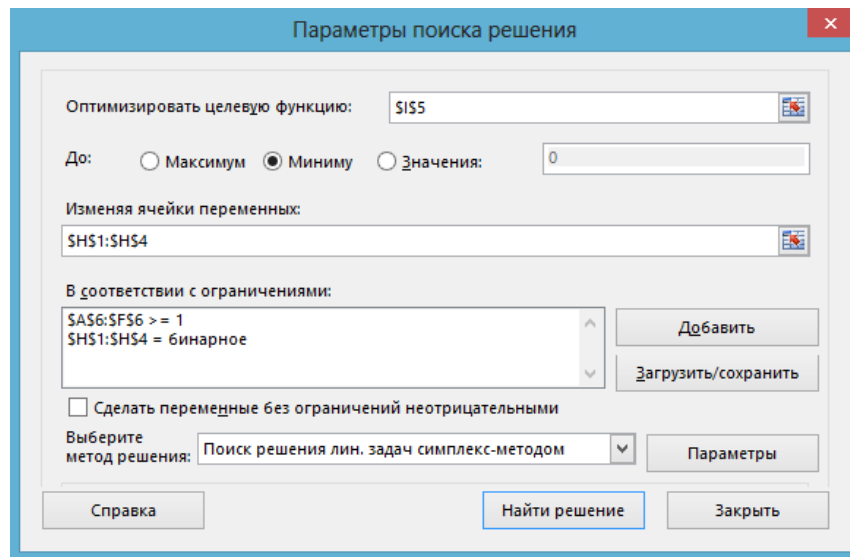


Рис. 7 – Значения параметров нахождения кратчайшего покрытия

5. Команда «Найти решение» возвращает сообщение, что решение найдено, и результаты (рис. 8), показывающие, что кратчайшее покрытие состоит из строк 1, 2, 4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	0	1	0	1	0	1		1	
2	0	1	1	0	1	0		1	
3	0	0	1	1	0	1		0	
4	1	1	0	1	0	0		1	
5									3
6	1	3	1	2	1	1			

Рис. 8 – Результаты нахождения кратчайшего покрытия

Пример 5. Найти кратчайшее покрытие с дефектом 1 матрицы C, заданной в примере 4.

Первые 3 пункта такие же как в решении примера 4.

4. Ячейки диапазона A5:F5 оставляем за переменными y_j (заливаем ячейки желтым цветом).
5. В ячейку G5 вводим формулу =СУММ(A5:F5).
6. Вызываем надстройку «Поиск решения» и задаем значения параметров поиска решения (рис. 9).

Рис. 9 – Параметры нахождения кратчайшего покрытия с дефектом 1

6. Команда «Найти решение» возвращает сообщение, что решение найдено, и результаты (рис. 10), показывающие, что кратчайшее покрытие дефекта 1 состоит из строк 2, 4:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	0	1	0	1	0	1		0	
2	0	1	1	0	1	0		1	
3	0	0	1	1	0	1		0	
4	1	1	0	1	0	0		1	
5	1	1	1	1	1	0	5		2
6	1	2	1	1	1	0			

Рис. 10 – Результаты нахождения кратчайшего покрытия с дефектом 1

Закключение

Приведенные примеры показывают, что сведение задач теории булевых функций к задачам линейного программирования позволяет решать их с помощью надстройки «Поиск решения» программного комплекса Excel, а это значительно упрощает решения задач. Поэтому предлагаемые методы решения задач теории булевых функций, основанные на сведении к задачам линейного программирования, несомненно, будут востребованы.

Список литературы / References

1. Ерусалимский Я.М. Дискретная математика: теория, задачи, приложения. 3-е издание. / Я.М. Ерусалимский – М.: Вузовская книга, 2000. – 280 с.
2. Гаврилов Г.П., Сапоженко А.А. Задачи и упражнения по дискретной математике: Учеб. пособие. / Г.П. Гаврилов, А.А. Сапоженко – 3-е изд., перераб. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 416 с.
3. Галеев Э.М. Оптимизация: теория, примеры, задачи: Учебное пособие. / Э.М. Галеев – М.: УРСС, 2002. – 304 с.
4. Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М. Дискретная математика для инженера. / О.П. Кузнецов, Г.М. Адельсон-Вельский – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 480 с.
5. Сдвижков О.А. Дискретная математика и математические методы экономики с применением VBA Excel. / О.А. Сдвижков – М.: ДМК Пресс, 2012. – 212 с.
6. Сдвижков О.А. Математика в Excel 2003. / О.А. Сдвижков – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 192 с.
7. Сдвижков О.А. Математика на компьютере: Maple 8. / О.А. Сдвижков – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 176 с.
8. Сдвижков О.А. MathCAD-2000. / О.А. Сдвижков – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2002. – 204 с.
9. Супрун В.П. Основы теории булевых функций. / В.П. Супрун – М.: ЛЕНАНД, 2017. – 208 с.
10. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. / С.В. Яблонский – М.: Наука, 1986. – 384 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Erusalimskij Ja.M. Diskretnaja matematika: teorija, zadachi, prilozhenija. 3-e izdanie [Discrete mathematics: the theory, task, appendix. 3 editions] / Ja.M. Erusalimskij – М.: Vuzovskaja kniga, 2000. – 280 p. [in Russian]
2. Gavrilov G.P., Sapozhenko A.A. Zadachi i uprazhnenija po diskretnoj matematike: Ucheb. posobie. – 3-e izd., pererab. [Tasks and exercises on discrete mathematics: studies] / G.P. Gavrilov, A.A. Sapozhenko – М.: FIZMATLIT, 2003. – 416 p. [in Russian]
3. Galeev Je.M. Optimizacija: teorija, primery, zadachi: Uchebnoe posobie. [Optimization: the theory, examples, tasks] / Je.M. Galeev – М.: URSS, 2002. – 304 p. [in Russian]

4. Kuznecov O.P., Adel'son-Vel'skij G.M. Diskretnaja matematika dlja inzhenera [Discrete mathematics for the engineer] / O.P. Kuznecov, G.M. Adelson-Velskij / – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Jenergoatomizdat, 1988. – 480 p. [in Russian]
5. Sdvizhkov O.A. Diskretnaja matematika i matematicheskie metody jekonomiki s primeneniem VBA Excel [Discrete mathematics and mathematical methods of economy with application VBA Excel] / O.A. Sdvizhkov – M.: DMK Press, 2012. – 212 p. [in Russian]
6. Sdvizhkov O.A. Matematika v Excel 2003 [Mathematics in Excel 2003] / O.A. Sdvizhkov – M.: SOLON-Press, 2005. – 192 p. [in Russian]
7. Sdvizhkov O.A. Matematika na komp'jutere: Maple 8 [Mathematics on the computer: Maple 8] / O.A. Sdvizhkov – M.: SOLON-Press, 2003. – 176 p. [in Russian]
8. Sdvizhkov O.A. MathCAD-2000 [MathCAD-2000] / O.A. Sdvizhkov – M.: Izdatelsko-torgovaja korporacija «Dashkov and C», 2002. – 204 p. [in Russian]
9. Suprun V.P. Osnovy teorii bulevykh funkcij [Bases of the theory Boolean functions] / V.P. Suprun – M.: LENAND, 2017. – 208 p. [in Russian]
10. Jablonskij S.V. Vvedenie v diskretnuju matematiku [Introduction in discrete mathematics] / S.V. Jablonskij – M.: Science, 1986. – 384 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.64.026>

Смолянов А.Г.

Кандидат физико-математических наук,

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРОЛЛЕРОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИЛОЖЕНИЙ MICROSOFT OFFICE В УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАФЕДРЫ ВУЗА

Аннотация

В целях оптимизации взаимодействия между Учебно-методическим управлением (УМУ) и кафедрами ВУЗа предложена компьютерная система, позволяющая автоматизировать информационные процессы, связанные с формированием расчетов нагрузки кафедр и распределением учебных поручений. Использование удаленного сервера позволило собрать кафедральные сведения в одном хранилище и оперативно получать общую и детальную картину по расчетам нагрузки и её распределению по всему ВУЗу. Практическое внедрение системы ускорило решение различных организационных задач и принятие управленческих решений. Система позволила более строго контролировать цифровой материал, связанный с организацией учебного процесса на кафедре. Подсистема генерации различных документов на стороне УМУ и на стороне кафедры позволила полностью автоматизировать подготовку ряда повседневных документов в электронном виде, исключив во многих случаях излишний бумажный документооборот.

Ключевые слова: расчет нагрузки кафедры, информационная система, технология COM, сервер автоматизации, контроллер автоматизации, Microsoft Office, генерация документов, компьютерная программа «Расчет:Распределение».

Smolyanov A.G.

PhD in Physics and Mathematics,

National Research Ogarev Mordovia State University

USING THE CONTROLLERS OF AUTOMATION OF MICROSOFT OFFICE APPLICATIONS IN THE MANAGEMENT ACTIVITY OF HIGH SCHOOL DEPARTMENTS

Abstract

In order to optimize the interaction between the Educational-methodical management (EMM) and the departments of the university, a computer system is proposed that allows to automate the information processes associated with the calculation of the load of the departments and the distribution of training assignments. Using a remote server made possible to collect the department's information in one repository and quickly obtain a general and detailed picture of the load calculations and its distribution throughout the university. The practical implementation of the system accelerated the solution of various organizational tasks and the adoption of managerial decisions. The system allowed to more strictly control digital material related to the organization of the educational process at the department. The subsystem of generation of various documents on the side of the EMM and on the side of the department allowed to fully automate the preparation of a number of everyday documents electronically, eliminating in many cases excessive paperwork.

Keywords: load calculation of the department, information system, COM technology, automation server, automation controller, Microsoft Office, documents generation, computer program "Calculation: Distribution".

В последние годы в обществе обозначилась устойчивая тенденция на массовый переход к электронному документообороту и интенсивному использованию инструментальных средств разработки программ, позволяющих автоматизировать процессы генерации электронных документов различных форматов. Появилась возможность интегрировать прикладные программы с генераторами отчетов, а также генерировать документы определенных форматов посредством доступа к интерфейсам «родных» систем этих документов [1], [2], [3], [4], [5]. Технологии web-программирования в этом направлении тоже развиваются. В качестве примера нового инструмента для автоматизации документов можно назвать пакет RHOOffice [6], [7]. Сегодня появляются генераторы отчетов нового поколения, к примеру, на основе PHP. Одна из технологий позволяет вставить в определенные места шаблона документа Microsoft Office код PHP и получить готовый документ формата Microsoft Word или Microsoft Excel. Причем в качестве источников данных при формировании документа могут быть файлы форматов DOS, ASCII, PDF, XML, dBase, ODBC, ORACLE, Microsoft SQL и других. Такую замечательную возможность дает, к примеру, продукт Script

Reports. Это не только генератор документов в формате Microsoft Word и Microsoft Excel, но и средство для построения диалоговых форм пользователя, позволяющее осуществить обратную по отношению к генератору отчетов функцию – прочитать данные из документов. Подобные инструменты значительно повышают производительность программиста при решении различных офисных задач.

Приложения пакета Microsoft Office представляют собой объекты-серверы, которые могут управляться внешними программами с использованием, в частности, OLE и COM. Модель COM дает программисту возможность создания многократно используемых объектов в различных приложениях, поддерживающих этот интерфейс. Объектами COM являются приложения-серверы, которые специальным образом регистрируются в системе. Эти серверы могут загружаться и выполняться как в адресном пространстве вызывающего приложения, так и в виде самостоятельного процесса, или даже на другом компьютере сети благодаря возможностям распределенной версии модели – DCOM. Такие приложения могут быть созданы в любой системе программирования, которая позволяет использовать интерфейс COM. Технология OLE Automation заметно отличается от COM. Отличие состоит в том, что OLE Automation позволяет использовать возможности COM не только компиляторам, но и интерпретаторам, обеспечивая связь с вызываемыми методами на стадии выполнения приложения. Напомним, что такой способ вызова метода называется поздним связыванием. Методы при таком способе вызова выполняются медленнее, причем заранее нельзя проверить правильность написания объектов и их методов. Преимуществом такого метода является независимость выбора среды разработки от объекта, который требуется программировать. Сервер автоматизации представляет собой программу, которая может управляться внешней программой – контроллером автоматизации. Сервером в нашем случае являлись программы Microsoft Word или Microsoft Excel.

Проведенное исследование показало эффективность использования в повседневной работе программных средств, позволяющих в большом территориально распределенном учреждении решать определенные задачи на общем информационном поле и оперативно генерировать различные документы, необходимые для повседневной управленческой деятельности. Основой для генерируемых документов стали заранее подготовленные шаблоны документов Microsoft Word и Microsoft Excel.

В [8, С. 45–51], [9, С. 29–34], [10, С. 64–67] кратко описана информационная система «Расчет:Распределение», которая структурно включает в себя блок функций, связанных с генерацией стандартных кафедральных документов.

Блок «Расчет часов учебной нагрузки» включает следующие функции, связанные с генерацией документов:

- расчет нагрузки по направлению подготовки (Microsoft Word);
- расчет нагрузки по направлению подготовки (Microsoft Excel);
- сводный расчет нагрузки по направлениям подготовки (Microsoft Word);
- сводный расчет нагрузки по направлениям подготовки с детализацией по профилям-специализациям (Microsoft Word);
- сводный расчет нагрузки по направлениям подготовки в разрезе факультетов (Microsoft Word);
- сводный расчет нагрузки по направлениям подготовки в разрезе выбранной формы обучения (Microsoft Word);
- сводный расчет нагрузки по направлениям подготовки в разрезе выбранного факультета (Microsoft Word);
- сводный расчет нагрузки по направлениям подготовки (Microsoft Excel);
- сводный расчет нагрузки по направлениям подготовки с детализацией по профилям-специализациям (Microsoft Excel);
- справка о контингенте студентов по направлению подготовки-специальности (Microsoft Word);
- справка о контингенте студентов по всем направлениям подготовки-специальностям (Microsoft Word);
- справка о контингенте студентов по всем направлениям подготовки-специальностям в разрезе факультетов (Microsoft Word).

Фрагменты некоторых выходных документов показаны на рис. 1–3.

ФГБОУ ВО "МГУ им. Н.П. Огарёва" Расчет учебной нагрузки кафедры фундаментальной информатики на 2017/18 учебный год											
Специальность / Форма	Дисциплина или вид учебной деятельности	курс / семестр	кол-во групп	кол-во п/групп	кол-во студентов	лекции	практ. / семинар. занятия	лабораторные занятия	консульт.		зачеты
									текущие	экзаменационная	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ОФО	Базовый практикум-I	1/1	1	2	25						0
МИКН	Базовый практикум-II	1/2	1	2	25						0
(Б)	Основы программирования	1/1	1	2	25	18		72	0		4
	Основы программирования	1/2	1	2	25	36		72	0	2	
	VBA и автоматизация Windows-	2/4	1	1	15	18		18	0		3

Рис. 1 – Фрагмент расчета часов по направлению подготовки (специальности)

ФГБОУ ВО "МГУ им. Н.П. Огарёва" Расчет учебной нагрузки кафедры фундаментальной информатики на 2017/18 учебный год											
Специальность / Форма	Специальность (направление)	курс / семестр	кол-во групп	кол-во п/групп	кол-во студентов	лекции	практ. / семинар. занятия	лабораторные занятия	консульт.		зачеты
									текущие	экзаменационная	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ОФО	Агрономия (ПБ)							36			4
ОФО	Аспирантура					18	18				5
ОФО	БИД (Б)					18		18		2	
ОФО	БизнесИнф (Б)					16	36				4
ОФО	Ветеринария(С)					18		72		2	
ОФО	ГМУ (Б)										

Рис. 2 – Фрагмент сводного расчета часов по кафедре

Справка о контингенте студентов Кафедра фундаментальной информатики (Факультет Математики и информационных технологий) 2017/18 учебный год								
ФО	Специальность (направление)	Курс	Число групп	Число п/групп	Число студентов	Число недель		Профиль
						Сем. I	Сем. II	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ОФО	ФИИТ (Б)	1	1	2	31	18	18	
ОФО	ФИИТ (Б)	2	1	2	23	18	18	
ОФО	ФИИТ (Б)	3	1	1	19	18	18	
ОФО	ФИИТ (Б)	3	1	1	19	18	18	ИиКН
ОФО	ФИИТ (Б)	4	1	2	21	15	12	
ОФО	ФИИТ (Б)	4	1	1	12	15	12	ИиКН

Рис. 3 – Справка о контингенте студентов по направлению подготовки (фрагмент)

Блок «Распределение учебных поручений» включает следующие функции, связанные с генерацией документов:

- индивидуальный план преподавателя (числовая часть) по семестрам (Microsoft Word);
 - индивидуальный план преподавателя (числовая часть) по семестрам (Microsoft Excel);
 - распределение часов по конкретной учебной дисциплине (Microsoft Word);
 - анализ невыполнения-перевыполнения учебной нагрузки по кафедре (Microsoft Word);
 - отчет о выполнении нагрузки кафедры за учебный год (Microsoft Word);
 - справка о распределении учебных поручений по кафедре на учебный год (Microsoft Word);
 - справка о распределении преподавателей по учебным дисциплинам с учетом вида учебной деятельности (Microsoft Word);
 - справка о распределении преподавателей по учебным дисциплинам кафедры на учебный год (Microsoft Word);
 - числовые таблицы к плану работы кафедры по семестрам (Microsoft Word);
- Фрагменты некоторых выходных документов показаны на рис. 4–6.

ФГБОУ ВО "МГУ им. Н.П. Огарёва" Кафедра фундаментальной информатики. Индивидуальный план преподавателя на 2017/18 учебный год СМОЛЬЯНОВ А.Г. ДОЛЖНОСТЬ: ЗАВ.КАФЕДРОЙ. СТАВКА: 1. Семестр: 1-2										
Специальность / Форма	Дисциплина или вид учебной деятельности	курс / семестр	кол-во групп	кол-во п/групп	кол-во студентов	лекции	практ. / семинар. занятия	лабораторные занятия	консульт.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ИиКН @ ОФО	Базы данных	4/1				18		36		2
ПИ @ ОФО	Базы данных	3/1						54		
ФИИТ @ ОФО	Учебная практика-III	2/1								
ФИИТ @ ОФО	(ПРФ) Программирование и современные Internet-технологии - ИиКН	3/1				36				

Рис. 4 – Индивидуальный план преподавателя (фрагмент)

ФГБОУ ВО "МГУ им. Н.П. Огарёва"
Отчет о выполнении учебной нагрузки
Кафедра фундаментальной информатики
2016/17 учебный год

Форма обучения	Фамилия И.О.	курс / семестр	кол-во групп	кол-во п/групп	кол-во студентов	лекции	практ. / семинар. занятия	лабор. занятия	консульт.		зачеты	экзамены
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Штатные:											
	Бадюкина Т.Е. (Ст.преподаватель, 1.05)											
ОФО						51		100	2	4		14
Итого						51		100	2	4		14
	Бикмурзина Р.Р. (Доцент, 1.1)											
ВФО						18		36	2	2		6
ЗФО						12	16	4	3		4	
ОФО						18	90	244	1	2	5	8
Итого						48	106	284	6	4	9	14

Рис. 5 – Отчет о выполнении учебной нагрузки кафедры (фрагмент)

ФГБОУ ВО "МГУ им. Н.П. Огарёва" Кафедра фундаментальной информатики. 2017/18 учебный год К плану работы кафедры. Семестр: 1												
№№	Фамилия Имя Отчество	курс / семестр	кол-во групп	кол-во п/групп	кол-во студентов	лекции	практ. / семинар. занятия	лабораторные занятия	консульт.		зачеты	экзамены
									текущие	экзаменационная		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Бадюкина Т.Е., должность- Доцент, ставка- 1.02					51		197		4	7	11
2	Гарина С.В., должность- Доцент, ставка- 1					87	90	240		8	17	24
3	Дворянинова Н.В., должность- Ст.преподаватель, ставка- 0.28							54				

Рис. 6 – Числовые таблицы к плану работы кафедры по семестрам (фрагмент)

Практический эксперимент, проведенный в ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», показал, что система «Расчет:Распределение» легка в освоении и использовании. Она изменила в положительную сторону структуру взаимодействия между всеми участниками информационного процесса по решению вопросов расчета часов, распределения учебных поручений, управления учебным процессом, а также между сотрудниками самого управления, включая его руководство. Во многих случаях исчезла необходимость бумажного представления цифрового материала, т. к. система на основе данных с сервера генерирует одинаковые стандартные документы в электронном виде как на стороне УМУ, так и на стороне кафедры. В процессе своей эксплуатации система практически не требует администрирования и какого-либо дополнительного обслуживающего персонала.

Список литературы / References

1. Матросов А. В. Microsoft Office XP: разработка приложений (+CD-ROM) / А. В. Матросов, Ф. А. Новиков, Г. Е. Усаров, И. А. Харитонов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 944 с.
2. MSDN – сеть разработчиков Microsoft. Общие задачи программирования Office. – URL: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/htx7t4k0\(v=vs.90\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/htx7t4k0(v=vs.90).aspx) (дата обращения: 14.09.2017).
3. Интуит. Основы офисного программирования и документы Excel. – URL: www.intuit.ru/studies/courses/114/114/info (дата обращения: 14.09.2017).
4. Интуит. Основы офисного программирования и документы Word. – URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/2251/113/info> (дата обращения: 14.09.2017).
5. MSDN – сеть разработчиков Microsoft. Программирование приложений Office (инструкции по C#). – URL: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms186213\(v=vs.90\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms186213(v=vs.90).aspx) (дата обращения: 14.09.2017).
6. Хабрахбр. Как создавать документы Microsoft Office при помощи PHP. – URL: <http://habrahbr.ru/post/31149/> (дата обращения: 15.09.2017).
7. WebforMyself. PHPWord – создание MS Word документов средствами PHP. – URL: <http://webformyself.com/phpword-sozdanie-ms-word-dokumentov-sredstvami-php/> (дата обращения: 15.09.2017).
8. Смольянов А. Г. Управление кафедрой: автоматизированный расчет учебной нагрузки // Символ науки. – 2015. – № 10-2. – С. 45-51.
9. Смольянов А. Г. Управление Кафедрой: автоматизированное распределение учебных поручений // Символ науки. – 2017. – Т. 2. № 2. – С. 29-34.
10. Смольянов А. Г. Управление кафедрой ВУЗа: Информационная система «Расчет:Распределение» // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2017. – № 02 (36) / 03 (37). – С. 64-67.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Matrosov A. V. Microsoft Office XP: razrabotka prilozhenij (+CD-ROM) [Microsoft Office XP: application development (+ CD-ROM)] / A. V. Matrosov, F. A. Novikov, G. E. Usarov, I. A. Haritonova. – SPb.: BHV-Peterburg, 2003. – 944 p. [in Russian]
2. MSDN – set' razrabotchikov Microsoft. Obshhie zadachi programmirovaniya Office [MSDN – the network of Microsoft developers. General tasks of programming Office]. – URL: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/htx7t4k0\(v=vs.90\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/htx7t4k0(v=vs.90).aspx) (accessed: 14.09.2017). [in Russian]
3. Intuit. Osnovy ofisnogo programmirovaniya i dokumenty Excel. [Intuition. Basics of office programming and Excel documents] – URL: www.intuit.ru/studies/courses/114/114/info (accessed: 14.09.2017). [in Russian]
4. Intuit. Osnovy ofisnogo programmirovaniya i dokumenty Word [Intuition. Fundamentals of office programming and Word documents]. – URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/2251/113/info> (accessed: 14.09.2017). [in Russian]
5. MSDN – set' razrabotchikov Microsoft. Programmirovaniye prilozhenij Office (instrukcii po C#) [MSDN is a network of Microsoft developers. Programming Office applications (instructions for C #)]. – URL: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms186213\(v=vs.90\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms186213(v=vs.90).aspx) (accessed: 14.09.2017). [in Russian]

6. Habrahabr. Kak sozdat' dokumenty Microsoft Office pri pomoshhi PHP [Habrahabr. How to create Microsoft Office documents with PHP]. – URL: [hrprtts://habrahabr.ru/post/31149/](https://habrahabr.ru/post/31149/) (accessed: 15.09.2017). [in Russian]
7. WebforMyself. PHPWord – sozдание MS Word dokumentov sredstvami PHP [WebforMyself. PHPWord - creating MS Word documents using PHP]. – URL: [hrprtts://webformyself.com/phpword-sozдание-ms-word-dokumentov-sredstvami-php/](https://webformyself.com/phpword-sozдание-ms-word-dokumentov-sredstvami-php/) (accessed: 15.09.2017). [in Russian]
8. Smol'janov A. G. Upravlenie kafedroj: avtomatizirovannyj raschet uchebnoj nagruzki [Management of the department: the automated calculation of the educational load] // Simvol nauki [The symbol of science]. – 2015. – № 10-2. – P. 45-51. [in Russian]
9. Smol'janov A. G. Upravlenie Kafedroj: avtomatizirovannoe raspredelenie uchebnyh poruchenij [Management of the Department: the automated distribution of educational assignments] // Simvol nauki [The symbol of science]. – 2017. – T. 2. № 2. – P. 29-34. [in Russian]
10. Smol'janov A. G. Upravlenie kafedroj VUZa: Informacionnaja sistema «Raschet:Raspredelenie» [Management of the department of the university: Information system "Calculation: Distribution"] // XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastojashhego pljus [XXI century: the results of the past and the problems of the present plus]. – 2017. – № 02 (36) / 03 (37). – P. 64-67. [in Russian]