

**Редакционная коллегия**

Е.В. Протопопов  
(отв. редактор)  
М.В. Темлянецв  
(зам. отв. редактора)  
К.Г. Громов  
В.Г. Лукьянов  
В.Н. Нестеров  
В.М. Самаров  
П.С. Чубик  
С.М. Простов

Печатается по решению  
Президиума  
Западно–Сибирского  
отделения Российской  
академии  
естественных наук

© Российская академия  
естественных наук,  
Западно–Сибирское  
отделение, 2017

© Издательский центр  
Сибирского  
государственного  
индустриального  
университета

Адрес редакции: 654007  
г. Новокузнецк, ул.  
Кирова, 42,  
Сибирский  
государственный  
индустриальный  
университет  
тел. 8–3843–78–44–55  
[http: www.sibsiu.ru](http://www.sibsiu.ru)  
ISSN 2311–9519

**Содержание**

<b>РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА</b> .....	3
<i>В.И. Исаев, А.К. Исагалиева, Г.А. Лобова</i>	
Геологическое приложение геотермии как метода разведочной геофизики (на примере оценки позднеэоценовой эрозии на площадях п-ова Ямал).....	3
<i>В.И. Исаев, В.В. Стоцкий, Ж.Б. Досымбекова</i>	
Геотемпературные условия генерации баженовских нефтей в Колтогорском мезопрогибе.....	9
<i>С.И. Паньчев, В.Г. Лукьянов</i>	
Основные направления развития нефтегазодобывающей промышленности Томской области.....	15
<i>И.Г. Яценко</i>	
Физико-химические свойства сернистой нефти.....	26
<i>И.Г. Яценко, Ю.М. Полищук</i>	
Особенности трудноизвлекаемых нефтей высокого качества в криолитозоне Западной Сибири.....	41
<b>ГЕОТЕХНОЛОГИЯ И ГЕОМЕХАНИКА</b> .....	52
<i>В.И. Исаев, А.Ж. Байкенжина</i>	
Геологические факторы выбросоопасности угольных пластов Карагандинского бассейна и возможности их геолого-геофизического прогноза.....	52
<i>М.С. Паровинчак, В.Г. Лукьянов, О.М. Гринев, В.Н. Ростовцев</i>	
Освоение Бакчарского железорудного месторождения в Томской области – главный проект стратегии развития Сибири на ближайшие десятилетия.....	57
<i>С.Н. Харламов, С.И. Сильвестров, В.В. Зайковский, Е.В. Николаев</i>	
О проблемах математического моделирования процессов переноса импульса, тепла и массы в углеводородных вязких средах в условиях сложного движения и тепломассопереноса в трубопроводах.....	67
<b>МЕТАЛЛУРГИЯ</b> .....	90
<i>С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, М.В. Темлянецв, С.В. Фейлер</i>	
Исследование потерь тепла через футеровку конвертера с применением математической модели.....	90
<i>С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, М.В. Темлянецв, С.В. Фейлер, Л.А.Ганзер, А.Н. Калиногорский</i>	
Современные технологии выплавки стали с использованием железосодержащих продуктов переработки конвертерных шлаков.....	95
<i>Р.А. Шевченко, С.Н. Кратько, П.Е. Шишкин, Н.А. Козырев, В.И. Базайкин</i>	
Оптимизация технологических параметров процесса контактной сварки рельсов на машине К1000 методами математического моделирования.....	101
<i>Р.А. Шевченко, В.И. Базайкин, С.Н. Кратько, Н.А. Козырев, П.Е. Шишкин</i>	
Исследование токового режима сварочной машины К1000 при сварке рельсов.....	106
<i>С.В. Князев, Д.В. Скопич, Е.А. Фатьянова, А.А. Усольцев, А.И.Куценко</i>	
Ключевые показатели качества литой стали.....	111
<i>Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.О. Патрушев, С.Н. Кратько, Р.Е. Крюков</i>	
Определение оптимальных режимов работы рельсосварочной машины К1000.....	118
<b>АГРОТЕХНОЛОГИИ</b> .....	127
<i>В.И. Мяленко</i>	
Резервы повышения производительности сельскохозяйственных орудий.....	127

<i>В.И. Мясенко</i>	
Метод определения реакций в опорах многоопорных конструкций.....	131
<i>Л.Я. Макаренко, Н.В. Берестова</i>	
Комплексное изучение различных пород кроликов при акселерационном способе содержания для использования на продовольственные цели Кемеровской области.....	134
<i>Т.А. Атапина, Н.Н. Чуманова, М.Ю. Сергеева</i>	
Влияние гуминатрина на биологические и хозяйственные признаки сортов овса в условиях лесостепи Кемеровской области.....	139
<i>А.П. Гришкова, Н.А. Чалова, А.А. Аришин</i>	
Влияние генотипа терминальных хряков на продуктивность финального гибрида.....	144
<i>В.М. Самаров</i>	
Почвозащитная обработка почвы в Кузнецкой котловине.....	150
<i>С.Н. Рассолов, С.Н. Витязь</i>	
Переваримость питательных веществ ремонтных свинок при использовании иммунонутриентов в их рационе.....	153
<i>С.И. Рудакова</i>	
Биологическая составляющая технологии возделывания гороха и ее экологическая оценка.....	156
<b>БИОМЕДИЦИНА И ЭКОЛОГИЯ.....</b>	<b>161</b>
<i>В.В. Захаренков, И.В. Вибляя</i>	
О внедрении в г. Новокузнецке комплексной муниципальной целевой программы «Образование и здоровье».....	161
<i>В.В. Захаренков, Р.А. Голиков, А.М. Олещенко, Д.В. Суржиков, В.В. Кислицына, Т.Г. Корсакова</i>	
Определение взаимозависимости между содержанием озона в атмосферном воздухе и содержанием ряда загрязняющих примесей.....	164
<i>Ю.А. Григорьев, О.И. Баран</i>	
Опыт многомерного статистического анализа в медико-демографических исследованиях.....	169
<i>Ю.А. Григорьев, О.И. Баран</i>	
Семейная политика и материнский капитал как меры воздействия на рождаемость в России.....	175
<i>Ю.А. Григорьев, О.И. Баран</i>	
Новые меры поддержки семей с детьми на региональном уровне.....	181
<i>А.А. Короткевич, Е.И. Рыбалко, М.Г. Жестикова, В.Е. Хомичева</i>	
Клинико-социальные аспекты реабилитации пациентов с цереброваскулярной болезнью в условиях первичного сосудистого отделения.....	187
<b>ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ.....</b>	<b>195</b>
<i>Ю.П. Холушкин</i>	
Системная классификация понятия «Дифференцированное цитирование».....	195
<b>ЭКОНОМИКА И СОЦИОЛОГИЯ.....</b>	<b>201</b>
<i>В.А. Эшттейн, А.А. Гаспарян</i>	
15 лет денонсации договора ПРО и современное состояние российско-американского ракетно-ядерного противостояния.....	201
<b>ЮБИЛЕИ.....</b>	<b>210</b>
<b>РЕФЕРАТЫ.....</b>	<b>215</b>

УДК 553.98(571)

**В.И. Исаев, А.К. Исагалиева, Г.А. Лобова**

## **ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ГЕОТЕРМИИ КАК МЕТОДА РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ (НА ПРИМЕРЕ ОЦЕНКИ ПОЗДНЕЭОЦЕНОВОЙ ЭРОЗИИ НА ПЛОЩАДЯХ П-ОВА ЯМАЛ)**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск*

### ***Введение***

Наиболее значимым применением геотермии, как разведочного (поискового) метода геофизики, является палеотемпературное моделирование термических условий в геологическом разрезе для прогноза и поисков залежей нефти и газа. Разработка схем и критериев применения геотермии, как поискового метода, находит отражение в исследованиях О.В. Веселова, Ю.И. Галушкина, И.В. Головановой, Д.Ю. Демежко, А.Д. Дучкова, В.И. Ермакова, В.И. Исаева, А.Э. Конторовича, Р.И. Кутаса, Г.А. Лобовой, Н.В. Лопатина, Д.К. Нургалиева, П.Ю. Горнова, В.А. Скоробогатова, В.И. Старостенко, А.Н. Фомина, Д.А. Христофоровой и других ученых. Особо значимый вклад в формирование геотермии как поискового метода для арктических регионов виден в работах А.Р. Курчикова и М.Д. Хуторского.

*Цель настоящего сообщения* – продемонстрировать оценку позднеэоценовой эрозии арктического региона Западной Сибири на основе моделирования геотермического режима баженовских нефтематеринских отложений, на примере Арктического и Ростовцевского месторождений п-ова Ямал.

### ***Характеристика объекта исследований***

Моделирование палеогеотемпературных условий нефтематеринских отложений выполнено для палеоседиментационных и геолого-геофизических условий арктических земель Западной Сибири, в скважинах, расположенных на разных широтах п-ва Ямал (рисунок).

Осадочный мезозойско-кайнозойский чехол территории начинает формироваться в ранней юре. К концу волжского века трансгрессия моря расширилась, идет накопление баженовской свиты, обогащенной органическим веществом (табл. 1 и 2). Баженовская свита – основной источник формирования залежей в ловушках верхнеюрского и мелового НГК, а также приоритетная сланцевая формация [1].

Начиная с апт-сеномана, морской режим господствует до начала эоцена. Раскрытие котловины Арктического бассейна приводит к смене знака вертикальных тектонических движений и наступает позднеэоценовая регрессия: кровля люлинвора (ирбита) могла быть подвергнута денудации. При

этом размытый слой мог составить порядка 500-700 м.

Дискуссия о перерывах в осадконакоплении, эрозиях на рубеже позднего палеогена и эоцена в арктической зоне Западной Сибири продолжается по сей день [2, 3]. Наличие перерывов в осадконакоплении и размывов установлены однозначно, однако их объем и временные привязки однозначно не определены.

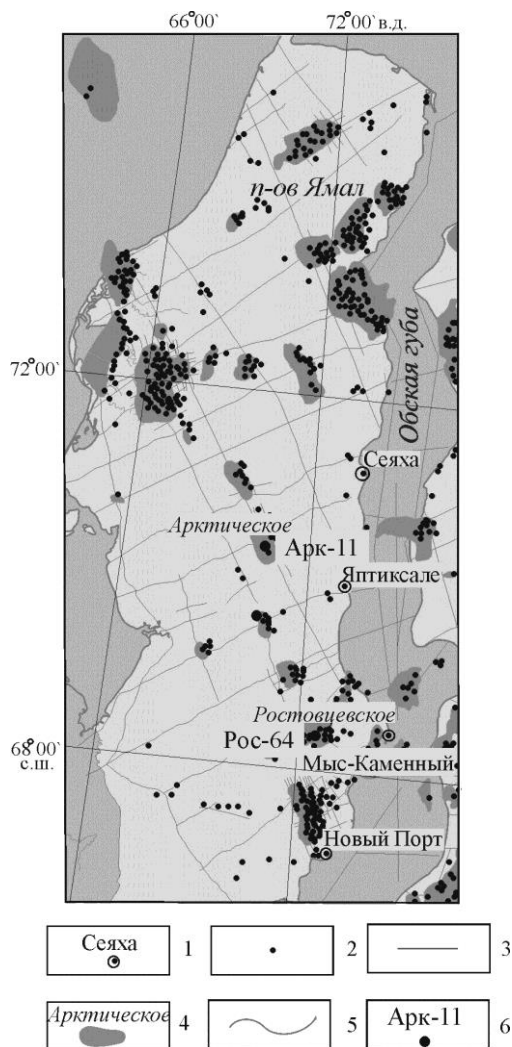


Рисунок 1. - Обзорная схема территории исследований: 1 – населенный пункт и его название; 2 – поисково-разведочная скважина; 3 – сейсмический профиль МОГТ 2D; 4 – контур месторождения и его название (объекты исследований); 5 – гидрография и береговая линия; 6 – моделируемая скважина и ее индекс: Арк-11 – Арктическая 11, Рос-64 – Ростовцевская 64.

### ***О методике интерпретации***

Применен метод палеотемпературного моделирования, основанный на численном решении уравнения теплопроводности горизонтально-слоистого твердого тела с подвижной верхней границей [4, 5].

Расчет палеотемператур состоит из двух этапов. На первом, по распределению температур  $T$ , «наблюденных» в точках разреза скважины, рассчитывается тепловой поток  $q$  через поверхность основания осадочного чехла, т. е. *решается обратная задача геотермии* – классическая обратная

задача геофизики. На втором этапе, с известным значением  $q$ , решаются прямые задачи геотермии – непосредственно рассчитываются температуры  $U$  в заданных точках осадочной толщи  $Z$  (в том числе в материнской свите) на любые заданные моменты геологического времени  $t$ .

Таблица 1 - Описание сценариев седиментационной истории (скважина Арктическая 11)

Свита, толща (стратиграфия)	Возраст, млн. лет назад	Время, млн. лет	Мощность (сценарий 1), м	Мощность (сценарий 2), м
Квартер+плиоцен Q- N <sub>2</sub>	0-4.1	4.1	280	280
N <sub>1-2</sub>	4.1-5.4	1.3	-113	-
Новопортовская N <sub>1-2</sub>	5.4-8.4	3	50	-
Таволжанская N <sub>1</sub>	8.4-12.5	4.1	25	-
Бищеульская bsch N <sub>1</sub>	12.5-14.5	2	38	-
N <sub>1</sub>	14.5-18.5	4	-535	-
Абросимовская N <sub>1</sub>	18.5-23.0	4.5	25	-
Туртасская tur P <sub>3</sub>	23.0-28.0	5	90	-
Новомихайловская nvm P <sub>3</sub>	28.0-30.0	2	70	-
Атлымская atl P <sub>3</sub>	30.0-34.0	4	100	-
Тавдинская tv P <sub>2</sub>	34.0-42.6	8.6	150	-
Нюрольская nl P <sub>2</sub>	42.6-50.4	7.8	100	-
Ирбитская (люлинворская)-P <sub>2</sub> ir	50.4-55.0	4.6	20	20
Серовская-P <sub>1</sub> sr	55.0-58.0	3	43	43
Тибейсалинская-P <sub>1</sub> tb	58.0-63.7	5.7	120	120
Ганькинская K <sub>2</sub> +P <sub>1</sub> gn	63.7-73.0	9.3	40	40
Березовская K <sub>2</sub> b	73.0-89.0	16	136	136
Кузнецовская K <sub>2</sub> kz	89.0-92.0	3	31	31
Маррессалинская K <sub>2</sub> -K <sub>1</sub> mr	92.0-102.0	10	550	550
Яронгская K <sub>1</sub> jar	102-108.5	6.5	690	690
Танопчинская K <sub>1</sub> tn	108.5-133.2	24.7	353	353
Ахская K <sub>1</sub> ah	133.2-142.7	9.5	529	529
Баженовская J <sub>3</sub> +K <sub>1</sub> bg	142.7-149.3	6.6	16	16
Нурминская J <sub>2</sub> nr	149.3-161.7	12.4	65	65
Мальшевская J <sub>2</sub> ml	161.7-171.0	9.3	95	95
Леонтьевская J <sub>2</sub> ln	171.0-173.0	2	130	130
Вымская J <sub>2</sub> vm	173.0-175.0	2	127	127
Лайдинская J <sub>2</sub> ld	175.0-177.0	2	75	75
Надояхская J <sub>1</sub> +J <sub>2</sub> nd	177.0-182.5	5.5	95	95
Китербютская (тогурская) J <sub>1</sub> kt	182.5-184.0	1.5	39	39
Шараповская J <sub>1</sub> shr	184.0-186.0	2	50	50
Левинская J <sub>1</sub> lv	186.0-186.70	0.7	140	140
Мощность разреза, м			3624	3624

Наличие перерывов в осадконакоплении и величины денудации оцениваются путем многовариантных расчетов при различных сценариях тектоно-седиментационной истории и последующего выбора сценария, отвечающего критерию «невязки».

Основным критерием адекватности и предпочтительности результатов палеотемпературного моделирования выступает оптимальная согласованность («невязка») максимума расчетных геотемператур с «наблюденными» температурами «максимального палеотермометра» – с температурами, определенными по отражательной способности витринита (ОСВ). В той же степени важна оптимальная «невязка» расчетных геотемператур и с «наблюденными» пластовыми температурами. Оптимальная

«невязка», принятая в классической разведочной геофизике, это средняя квадратичная разность расчетных и наблюдаемых значений, равная погрешности наблюдений [6, 7]. Эта погрешность порядка  $\pm 2$  °С.

Таблица 2 - Описание сценариев седиментационной истории (скважина Ростовцевская 64)

Свита, толща (стратиграфия)	Возраст, млн. лет назад	Время, млн. лет	Мощность (1 вариант), м	Мощность (2 вариант), м
Квартер+плиоцен Q- N <sub>2</sub>	0-4.1	4.1	266	266
N <sub>1-2</sub>	4.1-5.4	1.3	-113	-
Новопортовская N <sub>1-2</sub>	5.4-8.4	3	50	-
Таволжинская N <sub>1</sub>	8.4-12.5	4.1	25	-
Бищеульская bsch N <sub>1</sub>	12.5-14.5	2	38	-
N <sub>1</sub>	14.5-18.5	4	-335	-
Абросимовская N <sub>1</sub>	18.5-23.0	4.5	20	-
Туртасская tur P <sub>3</sub>	23.0-28.0	5	50	-
Новомихайловская nvm P <sub>3</sub>	28.0-30.0	2	35	-
Атлымская atl P <sub>3</sub>	30.0-34.0	4	65	-
Тавдинская tv P <sub>2</sub>	34.0-42.6	8.6	110	-
Нюрольская nl P <sub>2</sub>	42.6-50.4	7.8	55	-
Ирбитская (люлинворская)-P <sub>2</sub> ir	50.4-55.0	4.6	180	180
Серовская-P <sub>1</sub> sr	55.0-58.0	3	100	100
Тибейсалинская-P <sub>1</sub> tb	58.0-63.7	5.7	40	40
Ганькинская K <sub>2</sub> +P <sub>1</sub> gn	63.7-73.0	9.3	80	80
Березовская K <sub>2</sub> b	73.0-89.0	16	338	338
Кузнецовская K <sub>2</sub> kz	89.0-92.0	3	18	18
Марресалинская K <sub>2</sub> -K <sub>1</sub> mr	92.0-102.0	10	466	466
Яронгская K <sub>1</sub> jar	102-108.5	6.5	206	206
Танопчинская K <sub>1</sub> tn	108.5-133.2	24.7	718	718
Ахская K <sub>1</sub> ah	133.2-142.7	9.5	750	750
Баженовская J <sub>3</sub> +K <sub>2</sub> bg	142.7-149.3	6.6	33	33
Нурминская J <sub>2</sub> nr	149.3-161.7	12.4	72	72
Мальшевская J <sub>2</sub> ml	161.7-171.0	9.3	105	105
Леонтьевская J <sub>2</sub> ln	171.0-172.0	1	113	113
Мощность разреза, м			3485	3485

Важным критерием достоверности результатов палеотемпературного моделирования является согласованность расчетных значений плотности теплового потока  $q$  с данными экспериментального определения плотности теплового потока на территории исследований.

Анализ выполненных палеотектонических и палеотемпературных реконструкций (табл. 1 и 2, сценарий 1) свидетельствует о том, что накопление шло до середины миоцена на протяжении 31,9 млн. л (нюрольская, тавдинская, атлымская, новомихайловская, туртасская, абросимовская свиты) в объеме 335 м (скважина Ростовцевская 64), 535 м (скважина Арктическая 11) и за 4 млн. лет, в раннебищеульское время, эти отложения были размыты.

Ингрессиям бореального моря в среднем миоцене – раннем плиоцене, с конца бищеульского времени и до конца новопортовского, обязаны накопления осадков толщиной 113 м, которые, в последующий этап положительных тектонических движений, за 1,3 млн. лет денудированы. С началом позднего миоцена идет накопление плиоцен-четвертичных озерно-аллювиальных осадков.

В случае учета эрозионных процессов при моделировании (табл. 3 и 4, *сценарий 1*), по критерию «невязки» измеренных (наблюденных) и расчетных геотемператур, результаты является оптимальными: «невязки» составляют  $\pm 2$  °С, размывы палеоген-неогеновых и неогеновых отложений подтверждаются. А результаты моделирования без учета эрозионных процессов (табл. 3 и 4, *сценарий 2*) – однозначно неприемлемы, «невязки» составляют  $\pm(12-16)$  °С.

Таблица 3 - Сопоставление измеренных и расчетных геотемпературных параметров (скважина Арктическая 11)

Глубина, м	Измеренные температуры, °С	Способ измерения	Расчетные температуры, <i>сценарий 1</i> , °С		Расчетные температуры, <i>сценарий 2</i> , °С	
			Значение	Разница с измеренной	Значение	Разница с измеренной
2000	100	по ОСВ	99	-1	81	-19
2500	120	по ОСВ	117	-3	99	-21
3533	125	пластовые	126	+1	138	+13
3560	126	пластовые	127	+1	138	+12
Среднеквадратическое отклонение («невязка»), °С			±2		±16	
Расчетный тепловой поток из основания, мВт/м <sup>2</sup>			56		55	
Глубина положения баженовской свиты в современном разрезе, м			2800		2800	
Расчетная современная температура баженовской свиты, °С			101		99	
Глубина положения баженовской свиты в палеоразрезе (18,5 млн. лет назад) в момент палеотемпературного максимума ГФН, м			3055		2697	
Расчетный палеотемпературный максимум ГФН баженовской свиты, °С			128		109	

Таблица 4 - Сопоставление измеренных и расчетных геотемпературных параметров (скважина Ростовцевская 64)

Глубина, м	Измеренные температуры, °С	Способ измерения	Расчетные температуры, <i>1 вариант</i> , °С		Расчетные температуры, <i>2 вариант</i> , °С	
			Значение	Разница с расчетной	Значение	Разница с расчетной
2096	84	по ОСВ	84	0	73	-11
2600	98	по ОСВ	99	+1	88	-10
2827	111	по ОСВ	106	-5	95	-16
2470	75	пластовые	77	+2	87	+12
2650	81	пластовые	82	+1	92	+11
2660	81	пластовые	82	+1	93	+12
Среднеквадратическое отклонение («невязка»), °С			±2		±12	
Расчетный тепловой поток из основания, мВт/м <sup>2</sup>			49.3		46.5	
Глубина положения баженовской свиты в современном разрезе, м			3180		3180	
Расчетная современная температура баженовской свиты, °С			98		93	
Глубина положения баженовской свиты в палеоразрезе (18,5 млн. лет назад) в момент палеотемпературного максимума ГФН, м			3247		3072	
Расчетный палеотемпературный максимум ГФН баженовской свиты, °С			117		105	

Учет эрозионных процессов обуславливает увеличение расчетного палеотемпературного максимума в истории главной фазы нефтеобразования (ГФН) материнских отложений на площадях п-ва Ямал, на 12–19 °С.

*Достоверность результатов палеотемпературного моделирования*, выполненного на Арктической и Ростовцевской площадях, подтверждается хорошей согласованностью полученных расчетных значений плотности теплового потока (49-56 мВт/м<sup>2</sup>) с экспериментальными определениями плотности теплового потока для п-ва Ямал: 50-55 мВт/м<sup>2</sup> [8], 49-56 мВт/м<sup>2</sup> [9].

### Заключение

Установленная и продемонстрированная возможность выявления перерывов осадконакопления и денудации методом геотермии, как методом, иным по физическим основам, наряду с геологическими методами и сейсморазведкой, существенно повышает достоверность знаний об истории геологического развития регионов Западной Сибири.

Вариант истории геологического развития арктического региона Западной Сибири, полученный интерпретацией данных геотермии, учитывающий эрозионные процессы, представляет наиболее «богатую» термическую историю материнских отложений, а, следовательно, обеспечивает наибольшую расчетную плотность ресурсов генерированных нефтей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конторович А.Э. Проблемы реиндустриализации нефтегазового комплекса России // Нефтяное хозяйство. – 2016. - №3. – С.14-15.
2. Kontorovich V. A., Belyaev S. Yu., Kontorovich A. E., Krasavchikov V. O., Kontorovich A. A., Suprunenko O. I. Tectonic structure and history of evolution of the West Siberian geosyncline in the Mesozoic and Cenozoic // Russian Geology and Geophysics. - 2001. – Vol. 42. – pp. 1832–1845.
3. Volkova V.S. Geologic stages of the paleogene and neogene evolution of the Arctic shelf in the Ob' region (West Siberia) // Russian Geology and Geophysics. – 2014. – vol. 55. – no. 4. – pp. 619–633.
4. Искоркина А.А., Исагалиева А.К., Исаева О.С., Косыгин В.Ю., Исаев В.И. Позднечетвертичная вечная мерзлота как фактор геотермического режима и реализации нефтегенерационного потенциала баженовской свиты (Томская и Новосибирская области) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – Т. 326. – № 10. – С. 6–23.
5. Исаев В.И., Лобова Г.А., Мазуров А.К., Фомин А.Н., Старостенко В.И. Районирование баженовской свиты и клиноформ неокма по плотности ресурсов сланцевой и первично-аккумулятивной нефти (на примере Нюрольской мегавпадины) // Геофизический журнал. – 2016. – Т. 38. – № 3. – С. 29–51.
6. Strakhov V.N., Golizdra G.Ya., Starostenko V.I. Theory and practice of interpreting pote
7. ntial fields: Evolution in the 20th century // Izvestiya - Physics of the Solid Earth. – 2000. – Vol. 36. – No. 9. – pp. 742–762.



8. Isaev V.I. Interpretation of High-Accuracy Gravity Exploration Data by Mathematic Programming // Russian Journal of Pacific Geology. – 2013. – Vol. 7. – No. 2. – pp. 92–106.

9. Kurchikov A. R. The geothermal regime of hydrocarbon pools in West Siberia // Russian Geology and Geophysics. – 2001. – vol. 42. – no. 11-12. – pp. 678–689.

10. Хуторской М.Д., Ахмедзянов В.Р., Ермаков А.В., Леонов Ю.Г., Подгорных Л.В., Поляк Б.Г., Сухих Е.А., Цыбуля Л.А. Геотермия арктических морей. – М.: ГЕОС, 2013. – 232 с.

УДК 553.98(571)

*В.И. Исаев, В.В. Стоцкий, Ж.Б. Досымбекова*

## **ГЕОТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ ГЕНЕРАЦИИ БАЖЕНОВСКИХ НЕФТЕЙ В КОЛТОГОРСКОМ МЕЗОПРОГИБЕ**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск*

### **Введение**

Нефтематеринская баженовская свита ( $J_3bg$ ) является основным источником формирования залежей углеводородов (УВ) в ловушках верхнеюрского нефтегазоносного комплекса (НГК) и ловушках мелового НГК, а также приоритетной сланцевой формацией нефтегазоносных районов юго-востока Западной Сибири [1]. Решающим фактором реализации генерационного потенциала материнских пород является их термическая история [2], на основе которой и определяется время начала и интенсивность генерации нефти.

В настоящей работе на основе реконструкции палеотектонического и геотемпературного режимов баженовской свиты Колтогорского мезопргиба и структур его обрамления выполнена оценка геологического времени вхождения отложений в главную зону нефтеобразования (ГЗН), условий и масштабов генерации баженовских нефтей.

### **Характеристика территории исследований**

Колтогорский мезопргиб – отрицательная структура II порядка юго-востока Западной Сибири. Здесь высокий генерационный потенциал *баженовских отложений* обусловлен повсеместным их распространением, содержанием органического углерода Сорг до 12% и катагенетическим преобразованием градаций  $МК_1^1$ – $МК_1^2$ .

*Верхнеюрский НГК* объединяет отложения келловей-титонского возраста в объеме васюганской, георгиевской и баженовской свит. Васюганская свита, сформированная в прибрежно-морских условиях и по литологическому составу разделена на нижнюю (существенно глинистую) и верхнюю подсвиты.

Отложения мелового НКК юго-восточной части Западно-Сибирского бассейна изучены менее детально. Отложения неокома исследовались, в основном, попутно.

Для профильных исследований выбраны 8 представительных скважин, расположенных как в депрессионной зоне, так и в пределах положительных структур (рис. 1).

Площадное моделирование палеогеотемпературных условий для баженовских отложений выполнено для осадочного разреза 48 разведочных и параметрических скважин (рис. 2).

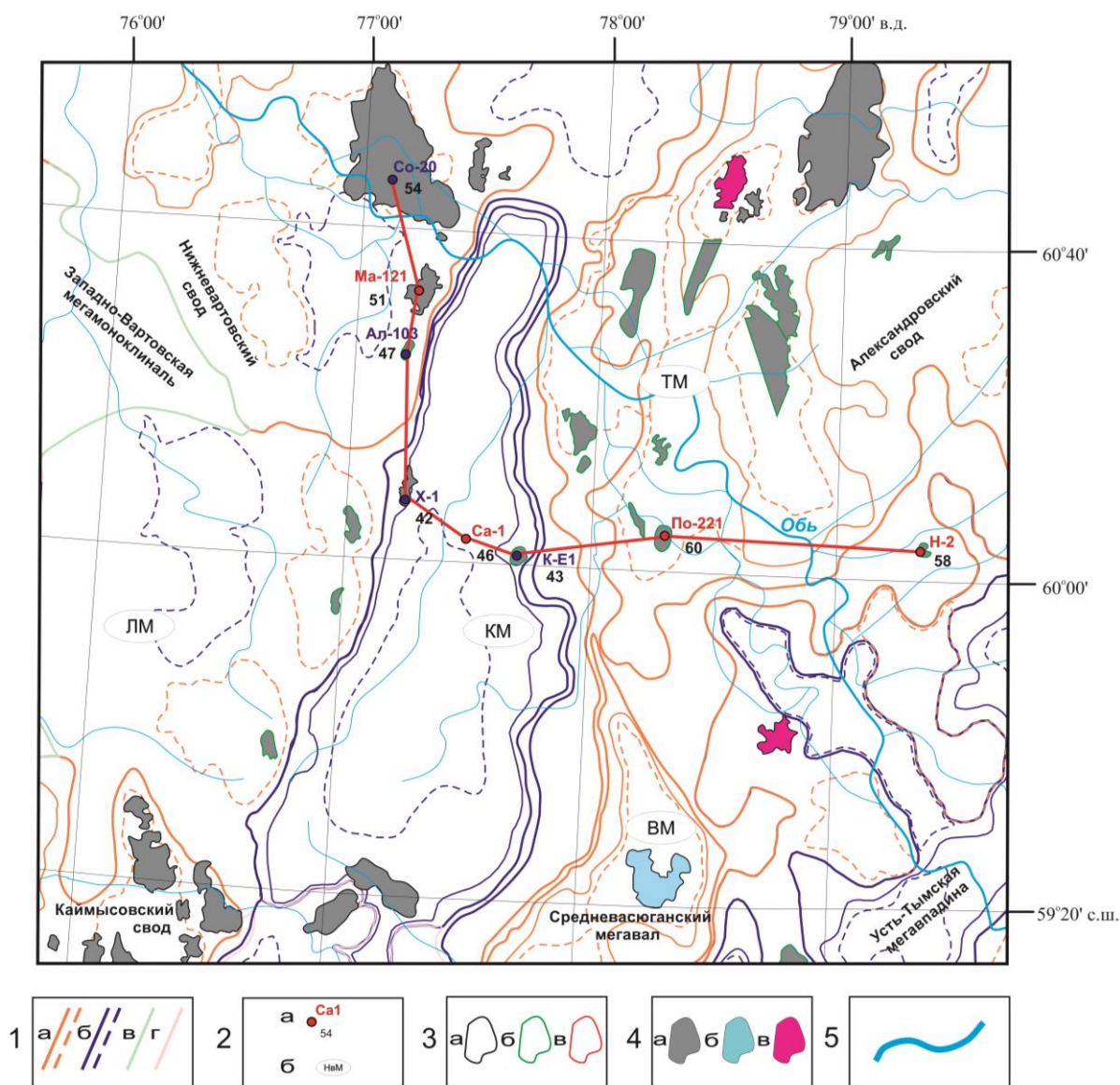


Рисунок – 1. Обзорная схема нефтегазоносности Колтогорского мезопргиба и структур обрамления: 1 – контуры тектонических элементов: а

– положительных; б – отрицательных; в – мезоседловин; г – мегамоноклиналей;

2 – а – исследуемая скважина, ее условный индекс, расчетное значение плотности теплового потока, мВт/м<sup>2</sup>; б – условный индекс структур II порядка;

3 – контур месторождения: а – разрабатываемое; б – разведываемое; в – готовое к освоению; 4 – месторождение углеводородов: а – нефтяное; б – газоконденсатное; в – нефтегазоконденсатное; 5 – речная сеть. Структуры II

порядка: ВМ – Васюганский мезовал; КМ – Колтогорский мезопрогиб; ЛМ – Ледяная мезоседловина; ТМ – Трайгородский мезовал.

### О методике исследований

Восстановление тектонической и термической истории баженовской свиты выполнено с использованием программного-математического комплекса палеотемпературного моделирования [3].

Для оценки величины плотности генерированных баженовских нефтей рассчитан условный интегральный показатель  $R$  [4], который позволяет кумулятивно учитывать динамику геотемператур ГЗН материнских отложений.

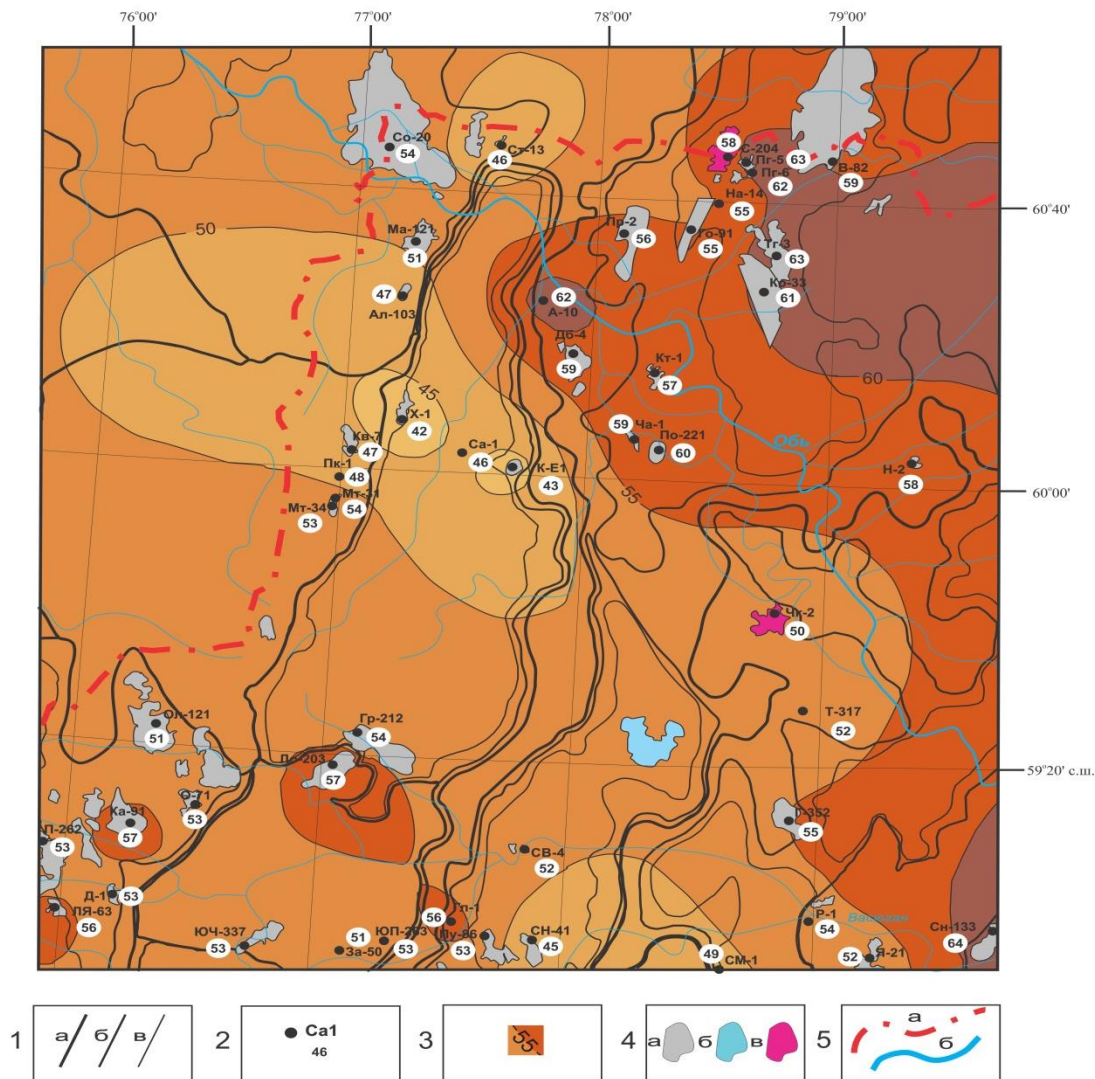


Рисунок - 2. Схема распределения значений плотности теплового потока из доюрского основания: 1 – контуры тектонических элементов: а – надпорядковые; б – I-го порядка; в – II-го порядка; 2 – исследуемая скважина, ее условный индекс и расчетное значение плотности теплового потока, мВт/м<sup>2</sup>; 3 – изолинии значений плотности теплового потока; 4 – месторождение углеводородов: а – нефтяное; б – газоконденсатное; в – нефтегазоконденсатное; 5 – контур: а – граница Томской области; б – речная сеть.

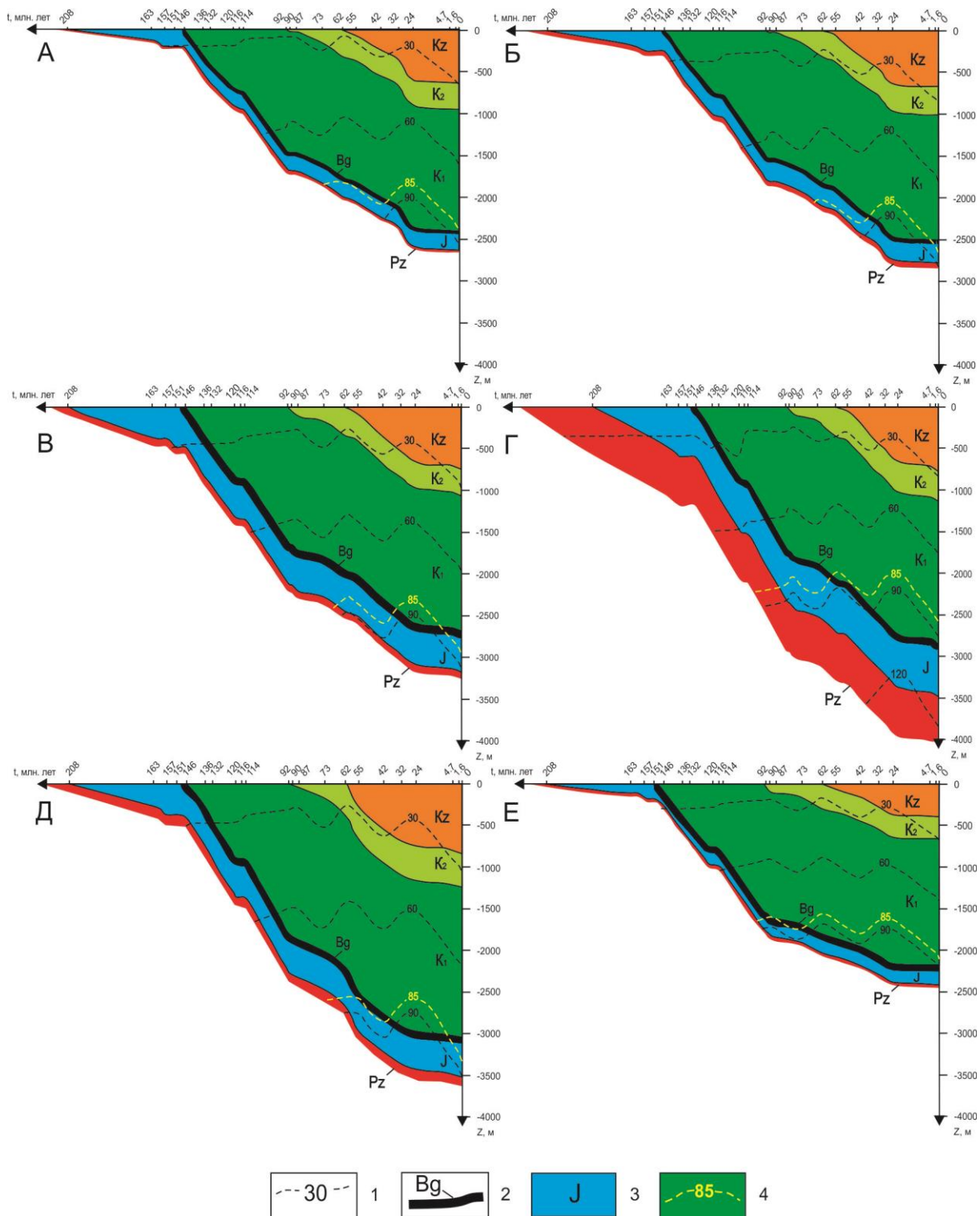


Рисунок - 3. Палеорекострукции тектонической и термической истории в разрезах скважин (индексы скважин на рис. 1): А – Ма-121; Б – Ал-103; В – Х-1; Г – Са-1; Д – Ке-1; Е – По-221. 1 – изотермы; 2 – баженовская свита; 3 – стратиграфическая приуроченность отложений; 4 - пороговая температура ГЗН.

### Результаты

Используя пластовые температур, полученных при испытаниях скважин, и палеотемператур, определенных по отражательной способности витринита,

путем решения обратной задачи геотермии *определили величину теплового потока* из доюрского основания (рис. 2).

Путем решения прямых задач геотермии, выполнены *палеорекострукции тектонической истории и геотемператур* в разрезах 8-ми скважин на 17 ключевых моментов геологического времени – время начала/окончания формирования каждой свиты (рис. 3).

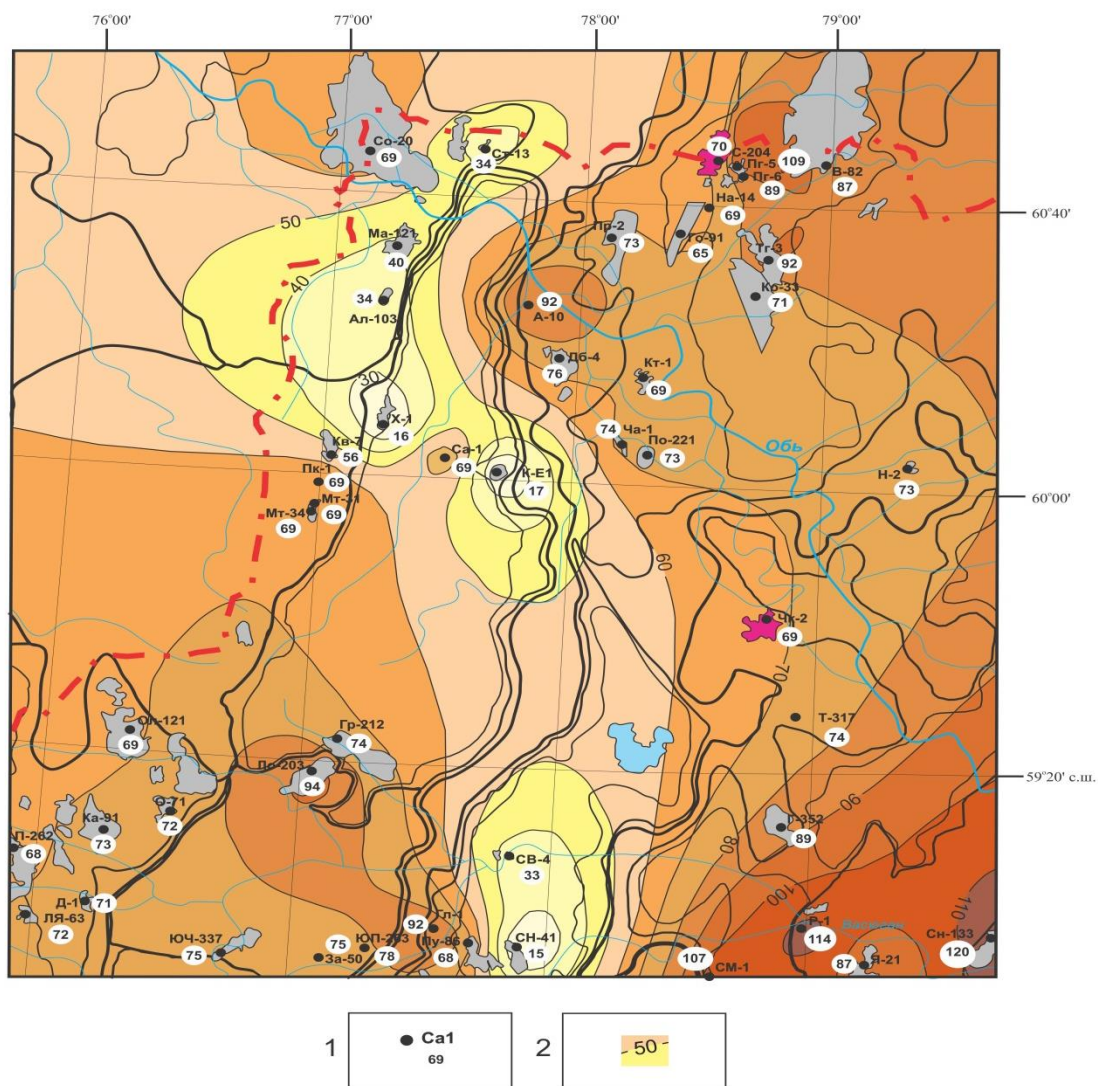


Рисунок - 4. Схематическая карта распределения относительной плотности ресурсов генерированных баженовских нефтей:

1 – исследуемая скважина, ее условный индекс и расчетное значение относительной плотности ресурсов генерированных баженовских нефтей ( $R$ ), усл. ед; 2 – изолинии значений плотности ресурсов, усл. ед.;

Остальные условные обозначения те же, что и на рис. 2.

Анализ термической истории баженовской свиты в разрезах скважин (рис. 3) свидетельствует о том, что баженовская свита вступала в главную зону нефтеобразования 89 млн. лет назад, «перешагнув» порог температур в  $85^{\circ}\text{C}$ . Благоприятные условия для генерации баженовской нефти сохраняются и в настоящее время как в наиболее погруженных, так и возвышенных частях исследуемой территории. Путем интерполяции расчетного показателя  $R$

построена схематическая карта распределения относительной *плотности ресурсов генерированных баженовских нефтей* (рис. 4).

### Заключение

Нефтегенерация на исследуемом *профиле* скважин подтверждается результатами испытаний. Промышленные и непромышленные притоки нефти получены, в основном, из пласта Ю<sub>1</sub> верхнеюрского НГК. По данным бурения скважины Са-1 Саймовской площади получен непромышленный приток нефти непосредственно из баженовской свиты. В скважине Ал-103 Аленкинского месторождения промышленные притоки нефти получены из пласта Б<sub>10</sub> неокома. На Советском месторождении получен промышленный приток нефти из пласта АВ<sub>1</sub> мелового НГК.

Зона наибольшей относительной плотности ресурсов, по результатам *площадных* исследований, согласовалась с районом Снежного месторождения, на котором перспективные запасы нефти по баженовской свите поставлены на государственный баланс.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исаев В.И., Лобова Г.А., Осипова Е.Н., Сунгурова О.Г. Районирование мегавпадин Томской области по плотности ресурсов сланцевой нефти // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2016. - Т.11. - №1. – С. 1-21. [http://www.ngtp.ru/rub/4/1\\_2016.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/4/1_2016.pdf)
2. Бурштейн Л.М., Жидкова Л.В., Конторович А.Э., Меленевский В.Н. Модель катагенеза органического вещества (на примере баженовской свиты) // Геология и геофизика. – 1997. – Т. 38. – № 6. – С. 1070–1078.
3. Исаев В.И., Лобова Г.А., Мазуров А.К., Фомин А.Н., Старостенко В.И. Районирование баженовской свиты и клиноформ неокома по плотности ресурсов сланцевой и первично-аккумулятивной нефти (на примере Нюрольской мегавпадины) // Геофизический журнал. – 2016. – Т. 38. – № 3. – С. 29–51.
4. Исаев В.И., Лобова Г.А., Осипова Е.Н. Нефтегазоносность нижнеюрского и ачимовского резервуаров Нюрольской мегавпадины // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55. - № 12. - С. 1775-1786.

*С.И. Панычев<sup>1</sup>, В.Г. Лукьянов<sup>2</sup>*

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

<sup>1</sup> *Администрации Томской области, г. Томск*

<sup>2</sup> *Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск*

### Общие сведения

С января 1966 года началась промышленная эксплуатация томских недр и в регионе появилась нефтегазовая отрасль. Благодаря успехам нефтяников создавалась производственная инфраструктура, строились города и вахтовые поселки, развивались наука и образование. За полвека добыто около 500 млн тонн нефти и 55 млрд кубометров газа.

Нефтегазовый комплекс имеет исключительное значение для развития Томской области. На нефтегазовый сектор приходится треть всего валового регионального продукта Томской области, в связи с чем развитие этой отрасли оказывает огромное влияние на экономику региона, обеспечивая рост доходов областного бюджета, привлечение инвестиций и вложения в социальные программы. В валовом региональном продукте Томской области на долю нефтегазового сектора приходилось стабильно более 30% вплоть до 2014 года, когда его доля снизилась до 28,6%, вследствие увеличения доли обрабатывающих производств.

Площадь Томской области составляет 316,9 тыс.км<sup>2</sup>, из них 88,6 тыс. км<sup>2</sup> (28%) занимают, так называемые, бесперспективные земли на нефтегазоносность. Перспективные территории распределены на 224,2 тыс. км<sup>2</sup>, из них 72,8 тыс. км<sup>2</sup> - распределенный фонд недр и 151,4 тыс. км<sup>2</sup> - нераспределенный фонд. Более чем 2/3 территории нефтегазоперспективных земель области не охвачены геологоразведочными работами. Структура фонда недр Томской области представлена на рисунке 1.

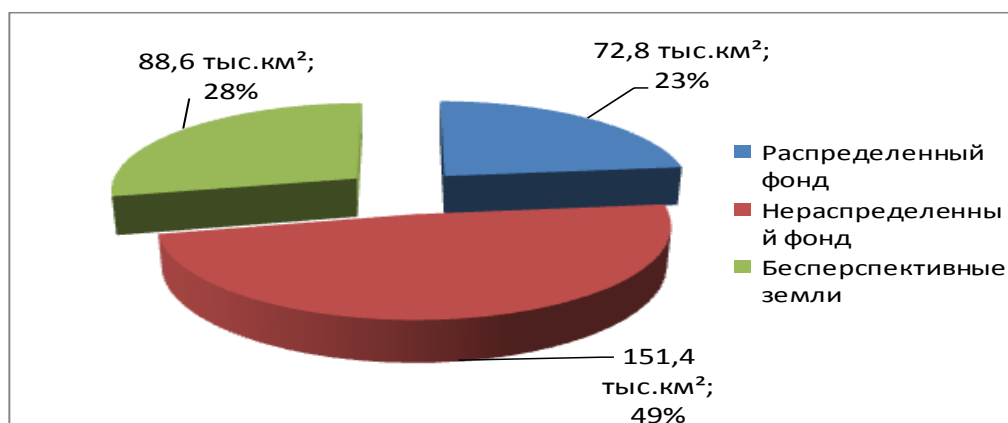


Рисунок - 1. Структура фонда недр Томской области

Накопленная добыча достигла: нефти 353,6 млн.т.; свободного и растворённого газа – 100,6 млрд.м<sup>3</sup>; конденсата – 7,8 млн.т.

Разведанность извлекаемых запасов УУВ составляет 56%, в том числе: по нефти – 56% ; по газу свободному 49%.

Выработанность запасов: по нефти составляет 50 %; по газу свободному – 25 %.

Открыто 133 месторождение УВС, в том числе 103 нефтяных, 22 нефтегазоконденсатных, 8 газоконденсатных месторождений.

Геологоразведочные работы, добычу нефти и газа на территории области осуществляют 33 предприятия, из них 23 имеют лицензии с правом добычи. Добычу осуществляют 15 предприятий.

### Состояние геологоразведочных работ

Основным показателем успешности геологоразведочных работ является воспроизводство добычи новыми запасами. Чтобы наращивать добычу, недропользователям необходимо не только в полной мере использовать имеющуюся ресурсную базу, но и опережающими темпами формировать новую. Между тем, по предварительным данным, по итогам 2016 года воспроизводство запасов нефти составило от добытой лишь 50 % (всего 5 млн.тонн). Особо следует обратить внимание на сокращение объемов поисковых работ (сейсморазведка 2Д и поисковое бурение).

Динамика изменения добычи нефти и прироста запасов за период с 2006 по 2016 годы приведена на рисунке 2.

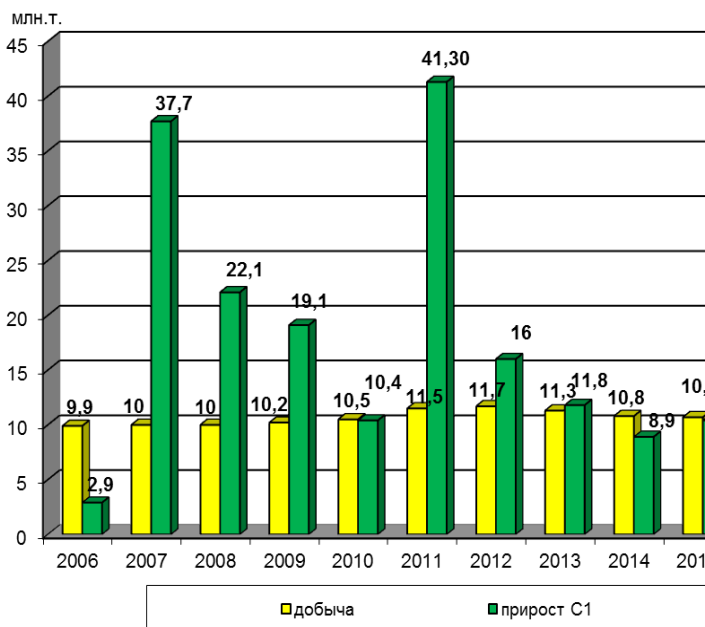


Рисунок - 2. Динамика изменения объёмов добычи нефти и прироста запасов

Затраты на проведение геологоразведочных работ в 2016 году составили 3,6 млрд.руб. (77 % от объема финансирования прошлого года). По этому показателю нефтяники и газовики в 2016 году превысили только уровень 2006 года. Наибольшее снижение объёмов ГРП отмечено по малым предприятиям. Увеличение инвестиции в ГРП в 2017 году не ожидается.



В условиях нестабильной ситуации в отношении цен на нефть предприятия пересматривают свою финансовую политику, вкладывают средства в первую очередь в направления, которые гарантируют быстрый эффект. Сроки выполнения геологоразведочных работ отодвигаются, поскольку требуют серьезных финансовых вложений. Тем не менее, для обеспечения прироста запасов и стабильности условий добычи и разведки предприятиям необходимо делать акцент на рост финансирования программ ГРП и не допустить его дальнейшего снижения.

### **Динамика добычи углеводородного сырья**

Томская область входит в десятку российских регионов по объемам добычи углеводородного сырья. Ежегодно в области добывается около 11 млн. тонн жидких углеводородов и 5 млрд. м<sup>3</sup> газа. С 2012 года добыча нефти по области начала снижаться. Вовлекаемые в разработку запасы не позволяют компенсировать сокращение добычи вследствие выработки высокопродуктивных зон. Вводимые в эксплуатацию новые добывающие скважины имеют низкие начальные дебиты и высокую обводненность. На протяжении последних лет продолжает ухудшаться структура разведанных запасов, открываются мелкие, малодебитные месторождения и залежи, открытие новых крупных нефтяных месторождений маловероятно. Несмотря на то, что большинство добывающих предприятий ведут свою деятельность в регионе, где большая часть месторождений имеет большую степень выработанности, первоочередная задача, которая ставится сейчас перед компаниями, это поддержание добычи нефти на достигнутом уровне.

Добыча нефти за 2016 год на территории Томской области составила 10458 тыс. тонн. Данный показатель на 2,4 % отстает от уровня прошлого года. В первую очередь на данное снижение повлияли показатели ОАО «Томскнефть» ВНК и ОАО «Томскгазпром». На долю основного недропользователя – ОАО «Томскнефть» ВНК. по-прежнему, приходится около 60 % добываемой нефти. Рост и стабилизация добычи таких недропользователей как ООО «Газпромнефть-Восток», ПАО «НК«РуссНефть», ООО «Томская нефть», ООО «Стимул-Т» не позволяет компенсировать общее снижение добычи.

С 2015 года наметилась положительная тенденция по вводу новых месторождений в разработку. Так ОАО «Томскнефть» ВНК и НК «Роснефть» в 2016 году введены в разработку Волковское, Аленкинское и Даненберговское месторождения, ООО «Газпромнефть-Восток» - Смоляное.

Суммарная добыча газа по итогам 2016 года составила 5,3 млрд. м<sup>3</sup>. Показатель ниже аналогичного прошлогоднего почти на 3%. Основной причиной снижения, прежде всего, является снижение добычи природного газа вследствие естественного истощения месторождений.

Предварительные прогнозные объемы добычи на 2017 год по жидким углеводородам составят 10,7 млн. тонн, по газу- 5,3 млрд. м<sup>3</sup>. Динамика добычи углеводородного сырья с 2006 года отражена на рисунках 3 и 4.

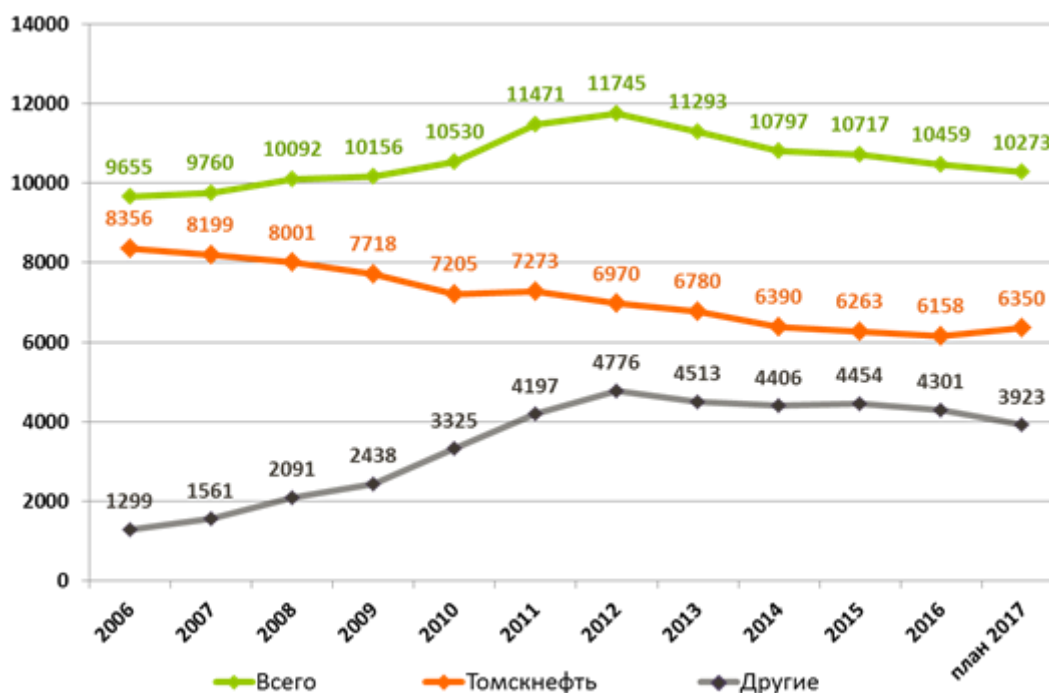


Рисунок - 3. Динамика добычи нефти (тыс.т.)

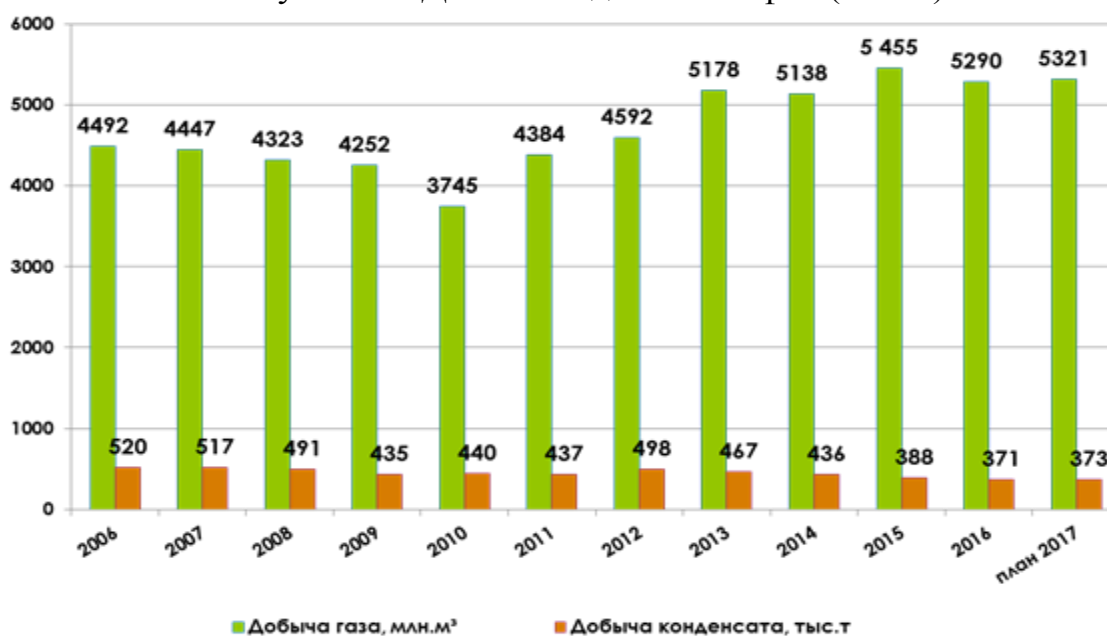


Рисунок - 4. Динамика добычи газа и газового конденсата

### Объем и структура капитальных вложений

По инвестиционным показателям в нефтегазодобывающей отрасли в 2016 году наблюдается значительный рост. Инвестиции составили 39 млрд. руб. Данный показатель впервые за десятилетие достиг такого значения и превысил уровень прошлого года более чем на 7 млрд. руб. Рост, прежде всего, обеспечен увеличением объема инвестиций в производственное строительство, в т.ч. строительство нефтегазотранспортной инфраструктуры, и в проведение эксплуатационного бурения.

Объем инвестиций в основной капитал определяется, в первую очередь, реализацией производственных программ крупными недропользователями, на

долю которых приходится 85 % от общего объема капитальных вложений.

Плановый показатель на 2017 года снижен до 32,5 млрд.рублей. Динамика инвестиций в основной капитал представлена на рисунке 5.

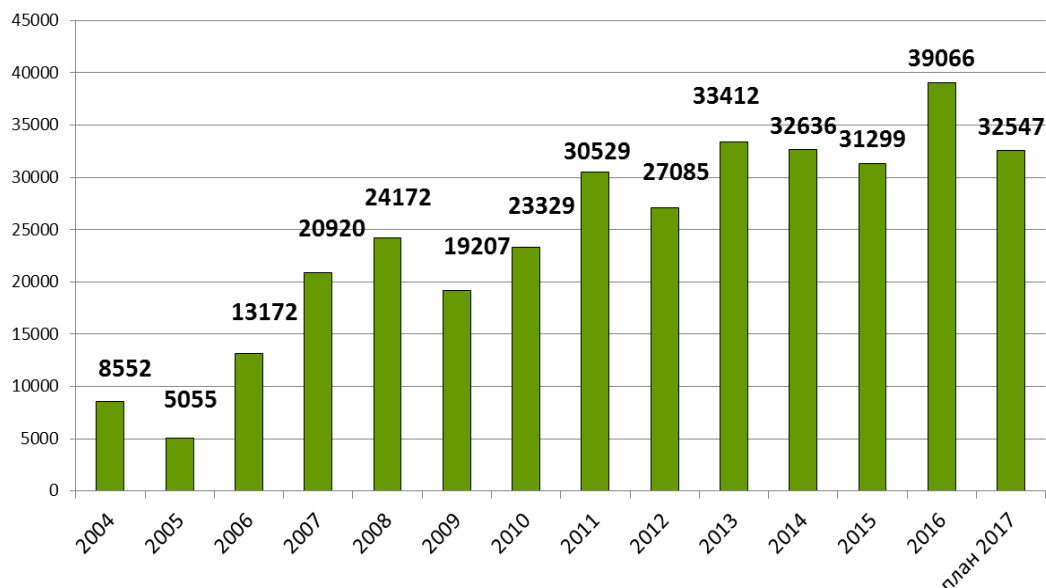


Рисунок - 5. Динамика инвестиций в основной капитал, млн. рублей.

Наиболее затратным направлением в структуре капитальных вложений является деятельность по бурению скважин (18,1 млрд. руб.) и обустройству месторождений (14,8 млрд.руб.), которая и определяет динамику финансирования инвестиционных программ предприятий нефтегазового сектора. Следует отметить, что по сравнению с показателями 2016 года, в 2015 году отмечается роста объемов капитальных вложений по всем направлениям.

Структура капитальных вложений (инвестиций в основной капитал) представлена на рисунке 6.

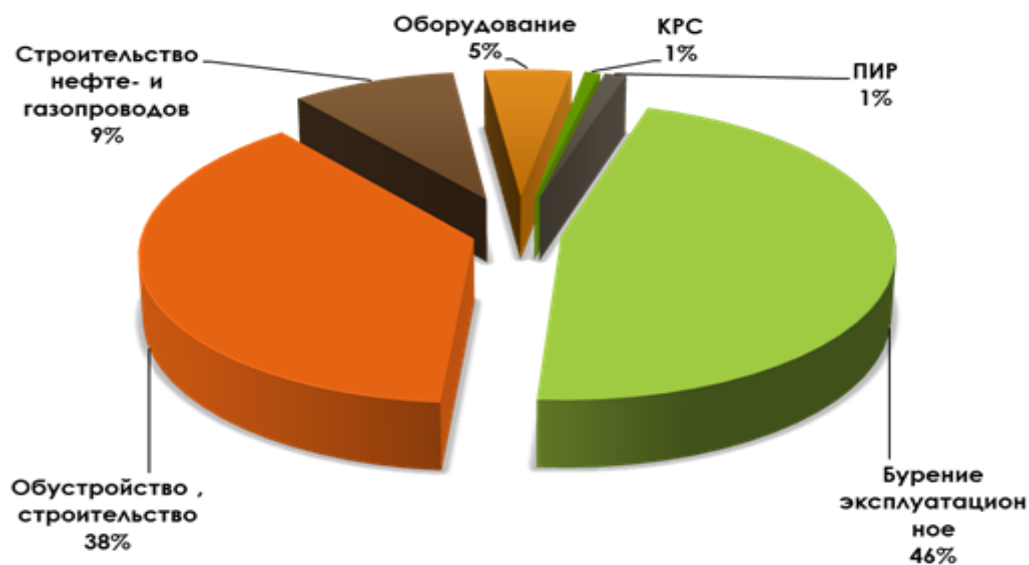


Рисунок - 6. Структура инвестиций в основной капитал

## Объемы эксплуатационного бурения

Показатель по эксплуатационному бурению за 2016 год составил 845 тыс. пог.м, плановый показатель на 2016 год –600 тыс. пог.м. Введено в эксплуатацию 217 скважин, из них 129 скважин ОАО «Томскнефть» ВНК, 48 - ОАО «Томскгазпром», 16 – компании Русснефть и др. По итогам 2017 года ожидается ввод в эксплуатацию на территории области 169 скважин. В 2017 году практически для всех предприятий характерно снижение объемов эксплуатационного бурения, при этом размер инвестиций в данное направление снизится почти на 4 млрд. руб.

Динамика объемов эксплуатационного бурения и ввода новых скважин, начиная с 2006 года, представлена на рисунке 7.

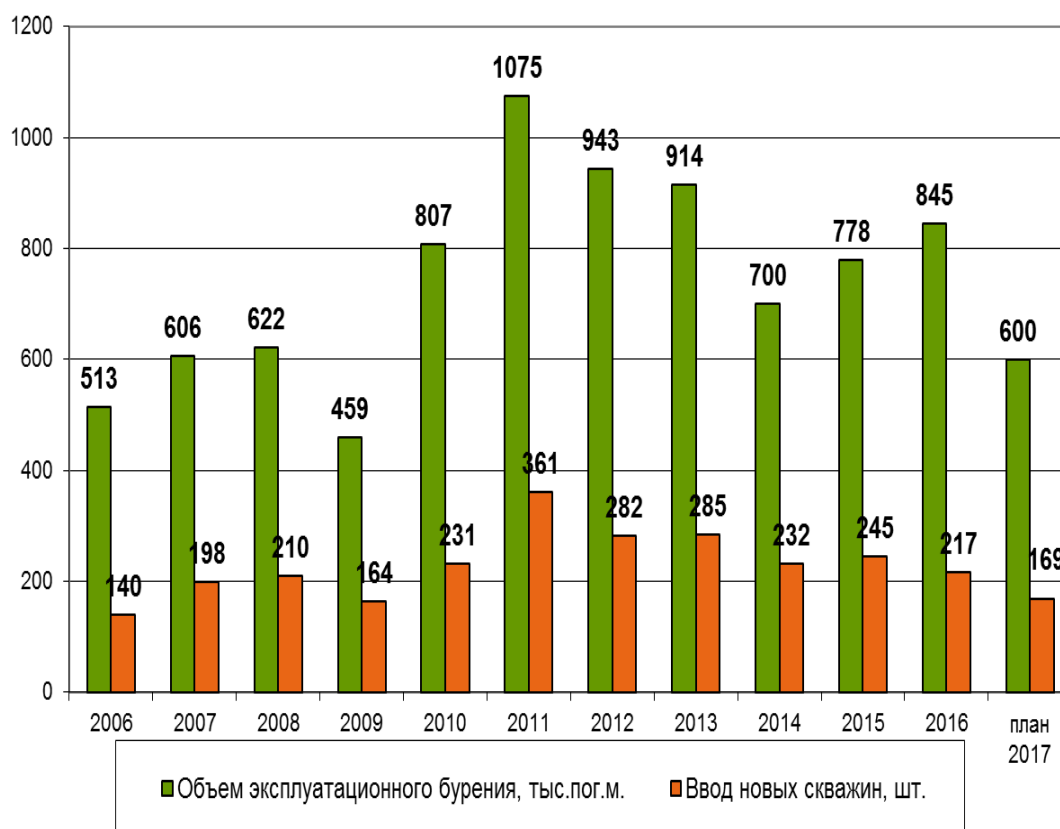


Рисунок - 7. Динамика объемов эксплуатационного бурения и ввода новых скважин

## Объемы добычи и использования попутного нефтяного газа

В 2016 году на месторождениях углеводородного сырья Томской области уровень использования ПНГ остался на уровне прошлого года и в среднем составил 85 %. Всего за этот период было добыто 3621 млн.м<sup>3</sup>, при этом объем использованного ПНГ составил 3060 млн.м<sup>3</sup>. Динамика добычи и использования ПНГ, начиная с 2010 года по настоящее время, приведена на рисунке 8.

В 2017 году на территории Томской области планируется добыть 3558 млн. м<sup>3</sup> попутного нефтяного газа, при этом уровень его использования не изменится.

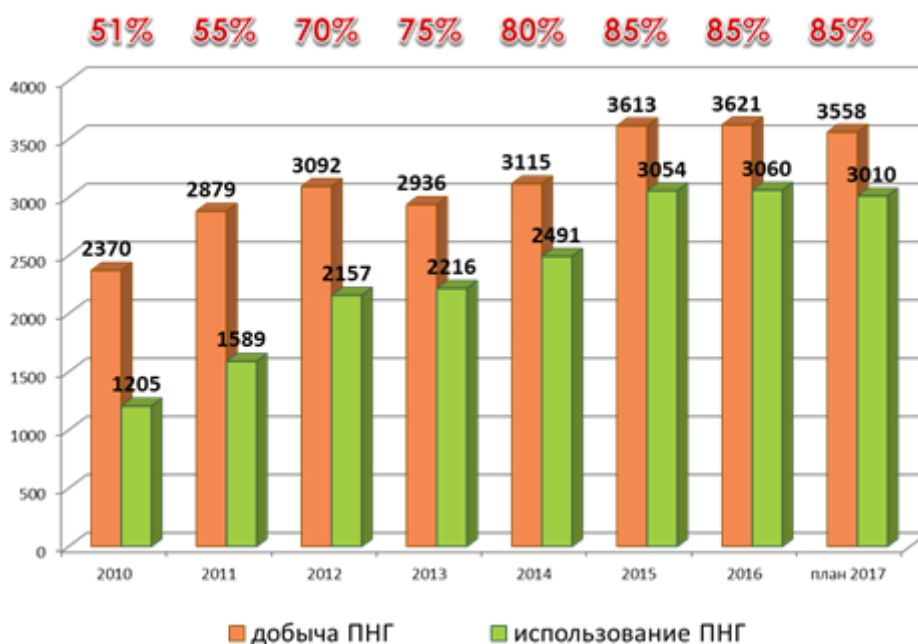


Рисунок - 8. Динамика добычи и использования попутного нефтяного газа

### Основные направления использования попутного нефтяного газа

Основным направлением газовой программы региона являются развитие системы сбора и транспортировки попутного нефтяного газа, его подготовка и сдача в газотранспортную систему. Так, в Томской области в систему ООО «Газпром трансгаз Томск» ежегодно поступает около 5 млрд.м<sup>3</sup> газа, при этом, в настоящее время, около 50% обеспечивается за счет попутного нефтяного газа.

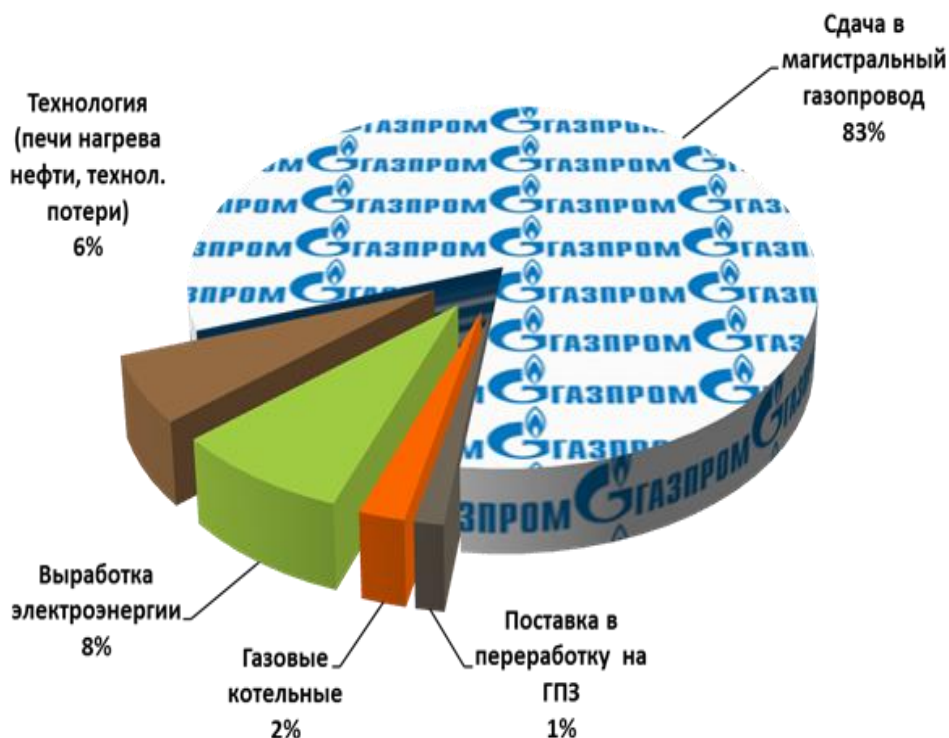


Рисунок - 9. Основные направления использования попутного нефтяного газа

В рамках развития газовой программы региона проведены масштабные

мероприятия по повышению эффективности использования попутного нефтяного газа.

ОАО «Томскгазпром» успешно реализованы строительство, реконструкция и модернизация важнейших производственных объектов на Мыльджинском, Казанском, Северо-Останинском месторождениях. Проект реализуется с 2009 года. На финансирование данных мероприятий затрачено 15,2 млрд. руб. Компания вышла на ежегодную добычу около 3,5 млрд. м<sup>3</sup> газа и 1,3 млн. тонн жидких углеводородов.

В 2016 году ООО «Газпромнефть-Восток» осуществило запуск Шингинской газотурбинной электростанции (ГТЭС) мощностью 24 МВт. Строительство электростанции обеспечит повышение ценности использования попутного нефтяного газа и эффективности разработки Шингинского месторождения и других промыслов Каргасокского и Парабельского районов области. ГТЭС построена по новейшим технологиям, с соблюдением всех требований в области промышленной безопасности и охраны окружающей среды с привлечением отечественных подрядных организаций и поставщиков оборудования. Инвестиции в проект составили 2,7 миллиарда рублей.

В течение 2016 года ОАО «Томскгазпром» в рамках выполнения мероприятий по повышению использования попутного нефтяного газа проводилась большая работа по строительству новых производственных объектов Казанского месторождения, в частности, установки комплексной подготовки газа и конденсата, ввод в эксплуатацию которой запланирован на 2017 год. Кроме того, завершена реконструкция производства на Мыльджинском месторождении, а также началось строительство терминала по приему, хранению и отгрузке смеси пропан-бутан технической (СПБТ) в городе Куйбышев Новосибирской области.

В целях повышения уровня использования попутного нефтяного газа ОАО «Томскнефть» ВНК в 2013 году запустило ГТЭС мощностью 24 МВт на Двуреченском нефтяном месторождении. Новая электростанция позволит избежать дефицита энергии при освоении запасов Васюганской группы месторождений.

Кроме ГТЭС на Двуреченском месторождении, на промыслах ОАО «Томскнефть» ВНК функционируют ГТЭС 24 и 12 МВт (Игольско-Таловое нефтяное месторождение) и ГТЭС 7,5 МВт (Западно-Полуденное нефтяное месторождение). Данные объекты вырабатывают в год порядка 360 млн киловатт-часов и обеспечивают около трети производственных потребностей в электроэнергии. Кроме того, газ, добываемый на месторождениях «Томскнефти» поставляется на Нижневартовский ГПК и промышленным потребителям через Единую газотранспортную систему, а также региональным городским и поселковым котельным.

### **Инновационные направления развития нефтегазодобывающей промышленности Томской области**

Одной из основных стратегических задач является устойчивое развитие нефтяной и газовой промышленности Томской области, как составной части

«Энергетической стратегии России».

Потенциал устойчивого развития нефтегазодобывающей отрасли должен достигаться посредством создания условий для стабилизации и наращивания объемов добычи углеводородного сырья.

В настоящее время Томская область в своём социально-экономическом развитии столкнулась с непростыми вызовами, требующими адекватных ответов, от которых во многом зависит будущее благополучие региона. Тренды социально-экономического развития Томской области и России примечательны своим сходством. И в том и в другом случае на протяжении почти полувека одной из главных предпосылок экономического развития и относительного социального благополучия является освоение наиболее доступной части ресурсов нефти и газа. К сегодняшнему дню потенциал ставшего привычным основного драйвера роста уже изрядно исчерпан. Это вызывает необходимость поиска и освоения новых источников ресурсов (в России – на территории Восточной Сибири и на арктическом шельфе; в Томской области – в районах Правобережья р. Оби).

Другим резервом поддержания и наращивания объёмов добычи углеводородного сырья является освоение трудноизвлекаемых ресурсов углеводородного сырья (ТРИЗ), которых на государственном балансе на территории области имеются значительные объёмы.

Такое решение может быть успешно реализовано только в тесном сотрудничестве научного и производственного потенциала региона и при поддержке органов власти. Необходимо создание и развитие модели государственно-частного партнерства в области изучения и освоения ТРИЗ на территории области. Полученные в будущем результаты будут иметь ценность не только для томских предприятий, но и для развития направления добычи ТРИЗ на территории страны.

Для освоения ТРИЗ предприятиям следует применять передовые современные технологии, адаптированные к конкретным геолого-техническим условиям (бурение горизонтальных скважин, в том числе многоствольных, применение технологий многостадийного гидроразрыва пласта и др.), обеспечить эффективный ввод в эксплуатацию новых месторождений.

В 2014 году в Администрации Томской области состоялось региональное совещание «Томская область как полигон отработки эффективного инновационного этапа развития недропользования в Российской Федерации» с участием Министра природных ресурсов и экологии Российской Федерации С.Е. Донского.

В рамках соглашения о сотрудничестве в области геологии и недропользования между Минприроды РФ и Администрацией Томской области в Томской области на базе Арчинского месторождения создан опытный полигон по выработке новейших технологий поиска, разведки и разработки трудноизвлекаемых источников углеводородного сырья.

Создание полигона позволило обратить внимание на трудноизвлекаемые запасы нефти. На сегодняшний день подготовлены проекты областного закона и программы, стимулирующих недропользователей к вовлечению в разработку

объектов, содержащих ТРИЗ. Достижению этой цели будет способствовать модель государственно-частного партнерства в области изучения и освоения трудноизвлекаемых запасов нефти на территории области, а также создание мощного научного, лабораторного и образовательного комплекса в сфере изучения и освоения трудноизвлекаемых запасов углеводородного сырья.

На XX Петербургском международном экономическом форуме в 2016 году, были подписаны два соглашения, значимых для стратегического развития нефтегазодобывающего комплекса региона:

- соглашение о сотрудничестве Администрации Томской области и ПАО «Газпром нефть» в сфере трудноизвлекаемых ресурсов углеводородов. Документ предусматривает взаимодействие в части освоения запасов доюрского комплекса Томской области, поисков и геологического изучения таких объектов, использование новых технологий для их разработки, наращивание минерально-сырьевой базы региона и объемов добычи нефти и газа за счет нетрадиционных источников. Участники соглашения намерены активно внедрять в производство передовые технологии, максимально используя научно-технический потенциал ТПУ, ТГУ, Института химии нефти СО РАН, ОАО «ТомскНИПИнефть», других научных и инновационных центров региона;

-соглашение о сотрудничестве Администрации Томской области и ПАО «НК «Роснефть» предусматривает взаимодействие сторон при реализации программ, способствующих комплексному развитию Томской области, в том числе взаимодействие в области развития минерально-сырьевой базы и рационального использования природных ресурсов, охраны окружающей среды, стимулирования инвестиционной и инновационной деятельности, развития социально-экономических программ.

В рамках реализации Концепции создания в Томской области инновационного территориального центра «ИНО Томск» одними из приоритетных мероприятий являются мероприятия по кластеру трудноизвлекаемых природных ресурсов.

26 апреля 2016 года состоялось заседание секции «Углеводородное сырье» научно-технического совета АО «Росгеология», по итогам которого был составлен перечень объектов геологического изучения и воспроизводства сырьевой базы углеводородов на 2016 год и определены основные исполнители и субподрядчики по объектам.

С третьего квартала 2016 года заложено исполнение двух тем: «Создание региональной геологической модели, методической и технологической базы по изучению и освоению трудноизвлекаемых запасов из отложений палеозоя Нюрольской структурно-фациальной зоны (Томская и Новосибирская области)» и «Анализ геолого-геофизической обоснованности перспективного фонда ресурсной базы УВ Томской, Новосибирской и Омской областей, в том числе структур выведенных из бурения, с целью подготовки объектов лицензирования недр». Исполнителями названных работ определены АО «Центральная геологическая экспедиция», АО «СНИИГГиМС» и ОАО «Зарубежгеология».



Согласно приказу Федерального агентства по недропользованию от 07.07.2016 № 443 утвержден перечень объектов на выполнение геологоразведочных работ за счет средств федерального бюджета в рамках подпрограммы «Воспроизводство минерально-сырьевой базы, геологическое изучение недр» государственной программы «Воспроизводство и использование природных ресурсов» на 2016 год. Общий объем финансирования работ, проведение которых определено на территории Томской, Новосибирской и Омской областей на период 2016-2018 г. составляет около 300 млн. руб.

На распределенном фонде недр, усилиями Ассоциации «НТЦ инновационного недропользования» разработана и опробована на ТРИЗ Арчинского месторождения схема государственно-частного партнерства в сфере изучения баженовской свиты. Схема включает в себя отбор керна в интервале баженовской свиты силами и за счет компании Газпромнефть-Восток и его лабораторное изучение во ВНИГНИ за счет бюджетных средств.

На заседании Координационного совета Томской области по поддержке инвестиционной деятельности и предоставлению государственных гарантий принято решение о государственной поддержке проекта ООО «Газпромнефть-Восток» по добыче трудноизвлекаемых запасов углеводородов - «Бурение скважин на Южно-Пудинском лицензионном участке в 2014-2019 гг. на территории Томской области».

Компания «Газпромнефть-Восток» начала освоение четырех месторождений Южно-Пудинского лицензионного участка, где при бурении скважин и добыче «трудной» нефти применяются инновационные технологии. Объем капитальных вложений в проект составит 5,6 млрд рублей, налоговые поступления в бюджет области — более 280 млн рублей. Будет создано более 100 временных и 50 постоянных рабочих мест.

Государственная поддержка в виде льгот по налогу на имущество, введенного в эксплуатацию в рамках реализации инвестиционного проекта, предоставляется предприятию в рамках соглашения Администрации Томской области с компанией «Газпром нефть», подписанного на Петербургском международном экономическом форуме в 2016, и пилотного проекта в сфере трудноизвлекаемых запасов углеводородов. Льготы предусмотрены Законом Томской области от 18.03.2003 N 30-03 «О предоставлении дополнительных налоговых льгот организациям, осуществляющим инвестиционную деятельность на территории Томской области», изменения в который внесены Законом Томской области от 14.04.2014 № 48-ОЗ, что позволило организациям, реализующим инвестиционные проекты в сфере добычи углеводородного сырья, претендовать на получение льгот по налогу на имущество и налогу на прибыль.

Повышению эффективности нефтегазодобывающего комплекса Томской области соответствует проведение мероприятий, направленных на разработку и внедрение технологий в области трудноизвлекаемых запасов нефти. Данные мероприятия предусматривают реализацию проекта «Разработка технологии поиска и разведки потенциально-продуктивных объектов в доюрском

комплексе Томской области (технологический проект «Палеозой»).

С целью развития нефтегазодобывающего комплекса и кластера трудноизвлекаемых природных ресурсов Томской области планируется проведение мероприятий, направленных на создание методик оценки запасов, формирование площадок (полигонов) для отработки новых технологий и обмена технологическими решениями в области ТРИЗ.

Для региона получение такой технологии позволит повысить привлекательность соответствующих участков нераспределенного фонда и привлечь потенциальных инвесторов. Это стратегически важная задача. Ее решение позволит постепенно компенсировать снижение уровня добычи нефти традиционными способами и сбалансировать отрасль.

В Томской области проводится дальнейшее совершенствование регионального законодательства в части создания благоприятных условий для реализации инвестиционных проектов нефтегазовыми компаниями региона. При этом, для обеспечения оптимального баланса интересов государства и недропользователей, принимаются решения по оптимизации налоговой нагрузки, прежде всего, при освоении месторождений с трудноизвлекаемыми запасами.

УДК 538.982

*И.Г. Яценко*

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРНИСТОЙ НЕФТИ**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск*

### **Введение**

В условиях роста объемов добычи углеводородного сырья во всем мире, при существенном истощении запасов нефти средней и малой плотности и вязкости, в относительно неглубоко залегающих горизонтах, становятся актуальными вопросы освоения трудноизвлекаемых запасов нефти. Речь идет о сложных геологических условиях залегания (большие глубины, сложное строение залежи и др.) и характеристиках самих нефтей с аномальными физико-химическими свойствами, в частности, сернистых нефтей. Именно сернистые нефти, являясь одним из видов трудноизвлекаемых нефтей [1], кроме негативных признаков - высокая плотность и вязкость - обладают еще одним параметром, существенно затрудняющим процессы освоения их запасов. В связи с высочайшей коррозионной способностью сероводорода сернистых нефтей затрудняется реализация всех этапов их освоения, особенно разработки залежей и переработки сернистых нефтей на нефтехимических предприятиях [2-5].

Известно, что высокое содержание серы в нефти влияет не только на технологию её освоения, транспорта, переработки и утилизации, но и на

степень неблагоприятного воздействия на окружающую среду. Все это вынуждает исследовать размещение сернистых нефтей, содержание серы в этих нефтях и особенности физико-химических свойств и условий их залегания более детально.

Промышленное извлечение серы как побочного продукта при переработке нефтегазового сырья началось в 50-60-е годы прошлого века, а с 1980-х годов – большая часть серы в мире производится как побочный продукт при переработке нефти и газа.

Точных данных по объему мировых запасов серы не существует. По оценкам геологической службы США они составляют около 5 млрд. т, а по данным специалистов компании «Газпром» глобальные ресурсы серы только в газовых месторождениях могут достигнуть 10-20 млрд. т [6-8]. Мировое производство серы в 2015 г. составило более 60 млн. т. В дальнейшем прирост объемов производства будет обеспечен в основном за счет увеличения добычи и переработки нефти и природного газа, разработки и ввода в эксплуатацию новых нефтегазовых месторождений с высоким содержанием серы в сырье, ужесточения требований к содержанию серы в топливе, а также увеличения доли сернистой нефти. В связи с чем полагаю, что даже выделение основных особенностей распространения, условий нахождения и физико-химических свойств сернистых нефтей будет полезным на стадиях активного освоения их ресурсов. Во всем мире запасы сернистых нефтей очень велики. Так, для Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна проблема сернистых нефтей имеет особое значение. Здесь имеются миллионы тонн разведанных запасов сернистых нефтей, что требует особого отношения к их производству и существенного изменения политики в подготовке запасов рассматриваемых нефтей, как в этом бассейне, так и в новых центрах нефтедобычи [9].

### **Особенности размещения, свойств и условий залегания сернистых нефтей**

Для проведения исследований путем анализа многочисленных литературных источников в Институте химии нефти СО РАН собран обширный фактический материал по физическим свойствам и химическому составу нефтей мира, а также о геологических характеристиках нефтеносных бассейнов. На основе этого материала была сформирована база данных (БД) по физико-химическим свойствам нефтей мира. При формировании этой базы данных в качестве источников информации используются практически все доступные справочники, монографии, научные статьи и др.

В настоящее время в базе данных представлено описание более 32300 образцов нефтей из 300 нефтегазоносных бассейнов мира. Для исследования особенностей физико-химических свойств сернистой нефти (СН) на основе информации из БД был сформирован массив данных. К сернистой нефти в соответствии с классификацией [9] относим образцы нефти с содержанием серы 3 мас. % и выше. Сформированный массив данных о свойствах СН составил 1003 записей из 389 месторождений 39 нефтегазоносных бассейнов (НГБ) на нефтегазоносных территориях Азии, Европы, Северной и Южной Америки и Африки (рис. 1). На территории Евразии находится 23 НГБ с

сернистой нефтью, в Америке – 14 бассейнов, а на территории Африки – 2 бассейна с СН.

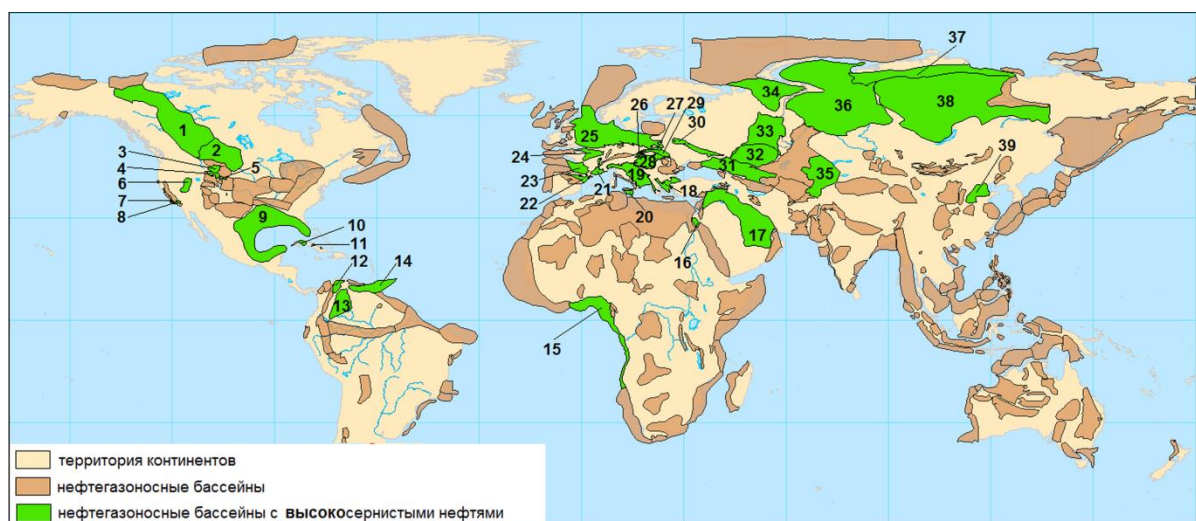


Рисунок – 1. Карта распределения нефтегазовых бассейнов с сернистыми нефтями. Обозначения: бассейны в Северной и Южной Америке: 1 – Западно-Канадский; 2 – Уиллистонский; 3 – Биг-Хорн; 4 – Уинд-Ривер; 5 – Ханна-Ларамии; 6 - Юта-Невадинский; 7 – Санта-Мария; 8 – Вентура-Санта-Барбара; 9 – Мексиканского залива; 10 - Северо-Кубинский; 11 - Центрально-Кубинский; 12 – Маракаибский; 13 – Баринас-Апуре; 14 – Оринокский; в Африке: 15 – Гвинейского залива; 16 – Суэцкого залива; в Евразии: 17 – Персидского залива; 18 - Северо-Эгейский; 19 – Адриатический; 20 - Сицилийский; 21 – Ронский; 22 – Эбро; 23 - Аквитанский; 24 - Англо-Парижский; 25 – Центрально-Европейский; 26 – Венский; 27 - Северо-Предкарпатский; 28 – Карпатский; 29 – Паннонский; 30 – Днепро-Припятский; 31 – Северо-Кавказский; 32 – Прикаспийский; 33 – Волго-Уральский; 34 – Тимано-Печорский; 35 – Афгано-Таджикский; 36 – Западно-Сибирский; 37 – Енисейско-Анабарский; 38 – Лено-Тунгусский; 39 – Бохайский

Как видно из табл. 1, скопления сернистых нефтей довольно широко распространены в земной коре и свойственны почти всем геотектоническим типам НГБ (бассейны подвижных поясов, платформенные бассейны и бассейны переходных зон [10]). В табл. 1 приведен перечень основных НГБ двух геотектонических типов, также указано количество месторождений с СН и средние (по территории НГБ) значения содержания серы в сернистых нефтях бассейна. Наибольшее количество скоплений сернистых нефтей связано с НГБ платформенного типа (древние и молодые платформы) - более 83 % месторождений, в то время на месторождениях НГБ древних и молодых платформ в целом средне-бассейновое содержание серы ниже по сравнению с сернистостью нефтей бассейнов подвижных поясов: 4,56 и 6,00 % соответственно, что согласуется с данными, как в наших, так и в работах других авторов [11-13]. Высокие значения сернистости отмечены на многих месторождениях НГБ подвижных поясов – Баринас-Апуре, Венский, Карпатский, Ронский, Северо-Кавказский, Северо-Кубинский, Северо-

Предкарпатский, Сицилийский, Уинда-Ривер и Эбро (табл. 1). Выделяются высоким содержание серы месторождения Днепровско-Припятского, Лено-Тунгусского, Персидского залива и Центрально-Европейского НГБ платформенного типа.

Таблица 1 – Данные о сернистых нефтях основных НГБ мира

Тип нефтегазоносного бассейна	Нефтегазоносный бассейн	Количество месторождений с СН	Средне-бассейновое содержание серы в СН, мас. %
Бассейны подвижных поясов	Адриатический	7	5,23
	Аквитанский	2	4,40
	Англо-Парижский	1	4,6
	Афгано-Таджикский	12	4,70
	Баринас-Апуре	1	6,20
	Биг-Хорн	4	3,27
	Венский	1	6,00
	Вентура-Санта-Барбара	1	4,10
	Карпатский	3	6,46
	Маракаибский	4	4,83
	Ориноковский	7	4,32
	Паннонский	1	3,30
	Ронский	1	5,00
	Санта-Мария	4	4,75
	Северо-Кавказский	2	14,50
	Северо-Кубинский	4	5,65
	Северо-Предкарпатский	1	8,00
	Северо-Эгейский	1	4,00
	Сицилийский	1	7,90
	Уинд-Ривер	1	20,10
	Ханна-Ларами	1	3,00
	Центрально-Кубинский	1	4,90
Эбро	1	5,00	
Юта-Невадинский	1	3,90	
Платформенные бассейны (древние и молодые платформы)	Бохайский	1	3,01
	Волго-Уральский	224	3,79
	Гвинейского залива	1	3,10
	Днепровско-Припятский	4	5,75
	Енисейско-Анабарский	1	3,40
	Западно-Канадский	6	4,78
	Западно-Сибирский	6	4,25
	Лено-Тунгусский	4	6,34
	Мексиканского залива	24	4,16
	Персидского залива	26	5,54
	Прикаспийский	5	4,41
	Суэцкого залива	11	3,75
	Тимано-Печорский	6	3,30
	Уиллистонский	4	3,23
	Центрально-Европейский	1	9,60

На рис. 2 приведена диаграмма распределения запасов СН по нефтегазоносным бассейнам, которая показывает, что более половины запасов (69 %) размещается в Западно-Канадском НГБ. Большие запасы СН сосредоточены также в бассейне Персидского залива и Оринокском НГБ, их доли мировых запасов сернистой нефти составляет почти 14 и 6 % соответственно. Как видно из рис. 2, запасы СН этих трех бассейнов в сумме составляют почти 90 % их мировых запасов.

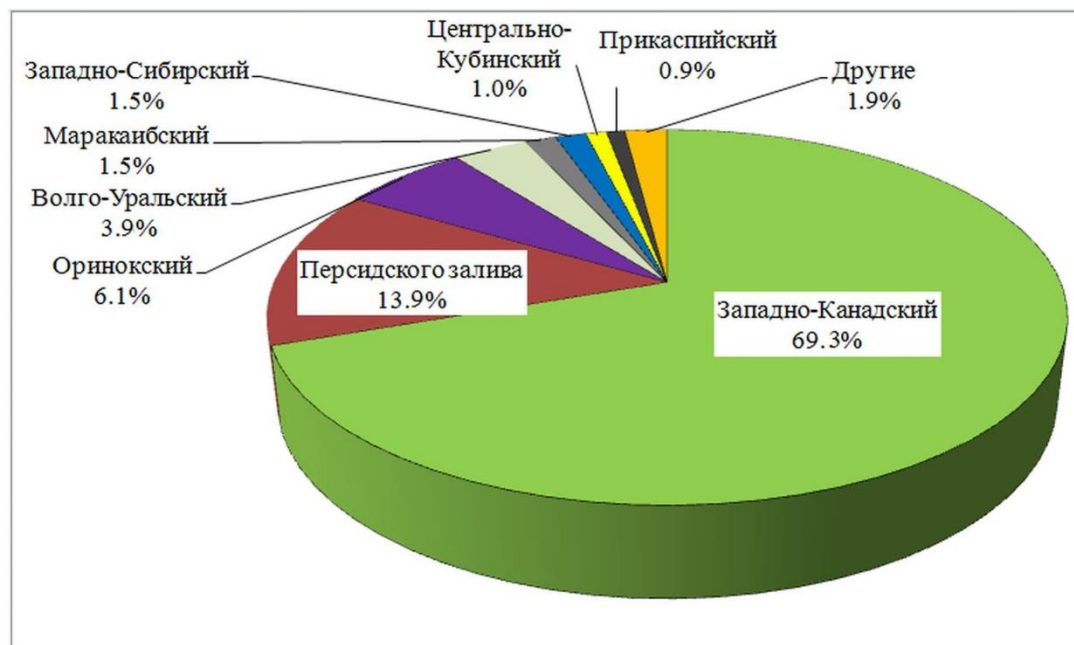


Рисунок – 2. Распределение основных запасов сернистой нефти по нефтегазоносным бассейнам

Крупнейшими производителями серы на глобальном рынке в настоящее время выступают Китай (13,9 %), США (12,8 %), Канада (10,3 %) и Россия (10,3 %). Доля стран Ближнего Востока суммарно составляет 12,8 % [8]. Ведущими импортерами серы является Китай (32 %), Северная и Южная Африка (24 %), США (10 %), Южная Америка (7 %) и Индия (6 %). Россия является также одним из крупнейших поставщиков серы на глобальном рынке, т.к. в стране много нефтегазовых ресурсов, содержащих сероводород

Например, в России из 244 (62,7 % общего количества месторождений с СН, табл. 1) месторождений с сернистой нефтью по своим запасам выделяются месторождения Волго-Уральского (ВУНГБ) и Западно-Сибирского (ЗСНГБ) бассейнов. Как видно из табл. 1, количество месторождений с высокими значениями сернистости максимально в ВУНГБ – всего 57,6 % общего количества месторождений с СН в мире.

В табл. 2, где приведен перечень уникальных по своим запасам месторождений с СН (запасы более 300 млн. т.), указано среднее (по месторождению) содержание серы. К очень сернистым нефтям относятся нефти бассейнов подвижных поясов (Афгано-Таджикский, Карпатский, Оринокский, Северо-Кавказский, Северо-Кубинский, Северо-Предкарпатский, Сицилийский и Уинд-Ривер) и платформенных бассейнов (Волго-Уральский, Днепровско-Припятский, Западно-Канадский, Западно-Сибирский, Лено-Тунгусский,

Персидского залива, Прикаспийский и Центрально-Европейский). На территории России самыми сернистыми (7,8-16 %) являются нефти месторождений Олейниковское и Красно-Камышанское (Северо-Кавказский НГБ), Алинское (Лено-Тунгусский НГБ), Садкинское (Волго-Уральский НГБ) и Самбургское (Западно-Сибирский НГБ).

Таблица 2 - Характеристика уникальных по запасам месторождений сернистой нефти

Месторождение	Нефтегазоносный бассейн	Страна	Среднее по месторождению содержание серы, мас. %
Атабаска	Западно-Канадский	Канада	4,10
Пис-Ривер	Западно-Канадский	Канада	5,56
Уобаска	Западно-Канадский	Канада	4,10
Колд-Лейк	Западно-Канадский	Канада	4,47
Сафания	Персидского залива	Саудовская Аравия	2,93
Амака	Ориноцкий	Венесуэла	2,77
Румейла	Персидского залива	Ирак	2,28
Церро-Негро	Ориноцкий	Венесуэла	3,72
Ромашкинское	Волго-Уральский	Россия	1,98
Манифа	Персидского залива	Саудовская Аравия	2,88
Раудатейн	Персидского залива	Кувейт	4,92
Зулуф	Персидского залива	Иран	15,61
Самотлорское	Западно-Сибирский	Россия	1,02
Реформа	Центрально-Кубинское	Куба	3,13
Зубейр	Персидского залива	Ирак	3,26
Каламкас	Прикаспийский	Казахстан	1,57
Бочакеро	Маракаибский	Венесуэла	2,62
Вафра	Персидского залива	Нейтральная зона	4,68
Шэнли	Бохайский	Китай	1,98
Ратави	Персидского залива	Ирак	3,68
Тиа-Хуана	Маракаибский	Венесуэла	1,95
Сирри	Персидского залива	Иран	2,71
Самбургское	Западно-Сибирский	Россия	9,16
Бай-Хассан	Персидского залива	Ирак	3,23

Кратко рассмотрим основные характеристики сернистых нефтей. В табл. 3 представлена информация о средних значениях физико-химических характеристик СН, пластовых температурах и давлениях, характеристиках коллекторов.

Таблица 3 – Физико-химические свойства сернистых нефтей и условия их залегания

Характеристики нефти	Объем выборки	Среднее значение
Плотность, г/см <sup>3</sup>	949	0,9325
Вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	446	8739,84
Температура застывания, °С	186	-19,06
Содержание серы, % мас.	1000	4,13
Содержание парафинов, % мас.	517	3,79

Продолжение таблицы 3

Содержание смол, % мас.	539	23,86
Содержание асфальтенов, % мас.	614	8,23
Содержание фракции н.к. 200 °С, % мас.	128	13,26
Содержание фракции н.к. 300 °С, % мас.	128	27,49
Содержание фракции н.к. 350 °С, % мас.	114	33,47
Газосодержание в нефти, м <sup>3</sup> /т	256	21,50
Условия залегания сернистых нефтей		
Температура пласта, °С	234	33,87
Пластовое давление, МПа	228	13,93
Проницаемость коллекторов, мкм <sup>2</sup>	75	0,80
Пористость коллекторов, %	93	18,93

**Плотность.** Сернистые нефти обладают в среднем высокой плотностью (табл. 3) и относятся к классу "сверхтяжелая" (изменение плотности по классификации [9] -  $0,92 \div 0,96$  г/см<sup>3</sup>), что является одним из важных факторов отнесения сернистых нефтей к трудноизвлекаемым. Плотность изменяется в диапазоне 0,80-1,08 г/см<sup>3</sup>. Величина более 1,00 г/см<sup>3</sup> характерна для плотности нефти класса "битуминозная" (более 0,96 г/см<sup>3</sup> [9]) месторождений бассейнов подвижных поясов - Патос и Селеница (Адриатический НГБ), Тринидад (Баринас-Апуре), Боскан, Бочакеро и Тиа-Хуана (Маракаибского НГБ), Амударьинское (Афгано-Таджикский НГБ), Зуата, Церро-Негро и Амака (Ориноцкий НГБ), Джела (Сицилийский НГБ), Судово-Вишнянское (Карпатский НГБ), Любачув (Северо-Предкарпатский), а также месторождений бассейнов платформенного типа - Атабаска, Сон-Лейк, Ллойдминстер и Колд-Лейк (Западно-Канадский НГБ), Майя и Монте (бассейн Мексиканского залива), Рас-Бакр (бассейн Суэцкого залива), Каламкас (Прикаспийский НГБ) и Арланское, Архангельское, Ашальчинское, Беркет-Ключевское, Горское, Нагорное, Екатериновское, Осинское, Садкинское, Северо-Ашальчинское, Шугуровское (Волго-Уральский НГБ).

**Вязкость при 20 °С.** Сернистые нефти в среднем являются сверхвязкими (вязкость более 500 мм<sup>2</sup>/с [9]), усугубляя тем самым свою трудноизвлекаемость. Всего из БД установлено 149 месторождений с сернистыми и вязкими нефтями. Самыми вязкими являются нефти месторождений в пределах бассейнов платформенного типа - Волго-Уральского (Ашальчинское, Бавлинское, Мещеряковское, Мордово-Кармальское и Сугушлинское месторождения), Западно-Канадского (Атабаска и Колд-Лейк), Прикаспийского (Прибрежное), Персидского залива (Кирус), Тимано-Печорского (Западно-Хоседаюское). Высокой вязкостью отличаются и сернистые нефти в пределах НГБ подвижных поясов, например, в месторождении Патос - 1400 мм<sup>2</sup>/с (Адриатический НГБ) и Амака - более 495000 мм<sup>2</sup>/с (Ориноцкий НГБ). Количество месторождений с сернистыми мало- и средневязкими нефтями в 3 раза меньше: ВУНГБ – 39 месторождений, бассейн Персидского залива – 5, Лено-Тунгусский НГБ – 3, Афгано-Таджикский НГБ – 2 и по одному месторождению в Англо-Парижском, Днепровско-Припятском, Ориноцком, Северо-Кавказском и Тимано-Печорском бассейнах.



**Содержание парафинов.** Этот компонент является одной из важнейших характеристик сернистых нефтей. Во многих из них парафины содержатся в незначительных количествах, в целом содержание парафинов сернистых нефтей изменяется от минимальных значений (менее 1 %) до 19 %, в среднем СН относятся к классу "среднепарафинистая нефть" (содержание парафинов 1,5÷6 % [9]). Максимальное значение парафинистости (18,6 % и выше) определено для СН месторождений Акбаш-Адыр и Хаудагское (Афгано-Таджикский НГБ), к классу "парафинистая нефть" (содержание парафинов более 6 %) относятся в основном тяжелые нефти месторождений бассейнов платформенного типа (древние платформы) - это нефти месторождений Рас-Гариб и Рас-Амер (бассейн Суэцкого залива), Западно-Хоседаюское (Тимано-Печорский НГБ) и Ножовское, Радаевское, Вишенское, Правдинское, Сосновское, Тананыкское, Нурлатское, Карача-Елгинское, Графское, Новобесовское и др. (Волго-Уральский НГБ). В НГБ подвижных поясов отмечены парафинистые нефти в следующих месторождениях - Красно-Камышанское, Олейниковское (Северо-Кавказский НГБ), Ляль-Микар, Кокайты, Шаамбары, Кичик-Бель, Северный Канибадам и Амударьинское (Афгано-Таджикский НГБ).

**Содержание смол.** Концентрация смол изменяется в очень широких пределах. Максимальное содержание смол, около 78 %, отмечается на месторождении Волго-Уральского НГБ - Ашальчинское. Чрезвычайно высокие концентрации смол (более 30 %, нефть класса "сверхвысокосмолистая" [9]) характерны для многих волго-уральских месторождений и других месторождений платформенных бассейнов - Атабаска и Ллойдминстер (Западно-Канадский НГБ), Южно-Тигянское (Енисейско-Анабарский НГБ), Кайяра (бассейн Персидского залива), Шэнли (Бохайский НГБ). Отмечены месторождения со сверхвысокосмолистыми нефтями и в пределах НГБ подвижных поясов, это в основном нефти Афгано-Таджикского бассейна, а также месторождений Джела (Сицилийский НГБ), Боскан (Маракаибский НГБ), Варадеро (Северо-Кубинский НГБ), Питч Лейк (Ориноковский НГБ).

**Содержание асфальтенов.** В среднем СН относятся к классу "среднеасфальтеновая нефть" (3÷10 %, табл. 3). Высокое содержание асфальтенов (более 10 %, нефть класса "высокоасфальтеновая") характерно для сернистых нефтей бассейнов платформенного типа, таких как Волго-Уральский, Персидского залива, Суэцкого залива, Мексиканского залива, Западно-Канадский, Западно-Сибирский, Енисейско-Анабарский, Уиллистонский и Бохайский. Высокие значения содержания асфальтенов отмечены в месторождениях НГБ подвижных поясов, в основном Адриатического, Афгано-Таджикского, Маракаибского, Оринокского, Северо-Кубинского и Сицилийского бассейнов. Максимальные концентрации асфальтенов (30-60 %) наблюдаются в нефтях месторождений Атабаска (Западно-Канадский НГБ), Питч Лейк (Ориноковский НГБ), Тринидад (Баринас-Апуре), Селеница (Адриатический НГБ), Спиридоновское (ВУНГБ). Данные нефти обеднены содержанием легких и дизельных фракций.

**Газосодержание.** Содержание нефтяного газа в СН низкое, изменяется от

0,5 до 198 м<sup>3</sup>/т, что является еще одним фактором отнесения сернистых нефтей к трудноизвлекаемым. Наиболее обеднены нефтяным газом волго-уральские сернистые нефти Аканского, Ашальчинского, Графского, Ново-Елховского, Нурлатского, Ромашкинского, Соколкино-Сарапалинского и др. месторождений, в Афгано-Таджикском бассейне – это СН Акбаш-Адыр, Амударьинского, Кичик-Бель, Кокайты, Коштар, Ляль-Микар и Хаудагского месторождений, в Уиллистонском НГБ – нефти месторождения Фостертон. Газосодержание более 100 м<sup>3</sup>/т отмечено для НГБ подвижных поясов - Вентура-Санта-Барбара (месторождение Монталво-Вест) и Санта-Мария (месторождения Кэт-Каньон Вест, Ломпок и Санта-Мария-Валли) и бассейнов платформенного типа – ВУНГБ (Кинзебулатовское), Днепровско-Припятский (Чкаловское месторождение), Персидского залива (Бай-Хассан, Бузырган, Зубейр, Кор-Мор).

**Пластовая температура.** Нефти в залежах с пластовой температурой ниже 20 и выше 100 °С по классификации трудноизвлекаемых нефтей относятся к трудноизвлекаемым [9]. Температура залежей сернистых нефтей изменяется в широких пределах - от 7,2 до 106 °С, в среднем пластовая температура не достигает 34 °С. Самые «холодные» пласты (7.2 °С) с малой глубиной залегания 150 м установлена для западно-канадского месторождения Атабаска. Низкая пластовая температура от 8 до 20 °С характерна для многих волго-уральских месторождений (Ашальчинское, Калиновское, Красногорское, Мустафинское и др.), а также месторождений Кучова и Патос Адриатического бассейна и Хаудагского месторождения Афгано-Таджикского бассейна. Оптимальная пластовая температура (от 21 до 75 °С) характерна для 83 волго-уральских месторождений, 9 афгано-таджикских, по 2 месторождения из Прикаспийского и Биг-Хорн бассейнов, а также из Западно-Сибирского и Карпатского бассейнов. Пластовая температура от 75 до 100 °С отмечена на глубине 1600 - 4000 м в 6 месторождениях бассейна Персидского залива (Демир-Даг, Карачок, Ратави, Румела, Сафания, Суэдия), Днепровско-Припятского (Чкаловское), Мексиканского залива (Талко), Сицилийского (Джела) и Юта-Невадинского (Курант). Максимальная температура - более 100 °С установлена для «горячих» пластов с глубиной залегания 3884 м месторождения Бузырган Персидского залива.

**Пластовое давление.** Диапазон изменения этого показателя - от менее 1 до 58 МПа, но преобладающее пластовое давление находится в пределах от 10 до 30 МПа. С низким пластовым давлением отмечены месторождения Волго-Уральского бассейна (Ашальчинское, Боровское, Малышевское, Ново-Елховское, Ромашкинского и т.д.), Афгано-Таджикского (Акбаш-Адыр, Учкызыл и Хаудагское), Адриатического (Кучова и Патос) и месторождение Караарна Прикаспийского НГБ. Наибольшее давление установлено в залежах волго-уральских Красноярского и Тананыкского месторождений, месторождений Джела Сицилийского НГБ и Бузырган Персидского залива, а самое высокое давление (58 МПа) характерно для днепровско-припятского месторождения Чкаловское.

**Проницаемость и пористость.** Эти показатели очень важны для

характеристики коллекторов, в которых залегают сернистая нефть, и определяют нефти как трудноизвлекаемые при проницаемости ниже  $0,05 \text{ мкм}^2$  и пористости пород менее 8 %. Такие значения пористости и проницаемости установлены для месторождений Атабаска (Западно-Канадский НГБ) и волго-уральских Кинзебулатоское и Малышевское, пласты Кохановского месторождения обладают самой низкой проницаемостью (Карпатский НГБ). Наибольшая проницаемость отмечена в пластах Беркет-Ключевского месторождения (ВУНГБ), а самая высокая пористость – в Ашальчинском месторождении (ВУНГБ).

**Распределение по глубине.** Отложения, содержащие залежи сернистых нефтей, характеризуются широким глубинным диапазоном - от поверхности до 4000 м. Частота встречаемости СН по глубине следующая: до 1000 м - 34,8 % сернистых нефтей, от 1000 до 2000 м - 56,8 %, от 2000 до 3000 м - 7,0 % и более 3000 м - всего 1,4 % сернистых нефтей, что свидетельствует о резком снижении количества СН ниже 2000 м. Аналогичная картина с распределением мировых запасов сернистых нефтей в зависимости от глубины залегания – основные запасы (70 % мировых запасов СН) сосредоточены на относительно малых глубинах до 1000 м, далее запасы с глубиной снижаются до 16,5 % на уровне от 1000 до 2000 м, 12,8 % - в интервале 2000-3000 м, и совсем незначительные запасы (0,7 % мировых запасов) СН находится ниже 3000 м (рис. 3). Установлено, что до 200 м залегают нефти месторождения Атабаска (Западно-Канадский НГБ), Хаудагское (Афгано-Таджикский НГБ), Оленекское (Лено-Тунгусский НГБ) и волго-уральских месторождений Аверьяновское, Северо-Ашальчинское,

Спиридоновское и Мордово-Кармальское. Волго-уральские СН в большинстве случаев залегают до 2000 м, от 2000 м - это в основном нефти Афгано-Таджикского, Персидского залива, Тимано-Печорского, Западно-Сибирского НГБ. Глубокозалегающими нефтями (более 3000 м) являются нефти следующих месторождений - Западно-Хоседаюское и Урернырдское (Тимано-Печорский НГБ), Северный Канибадам (Афгано-Таджикский НГБ), Бузырган и Сирри (бассейн Персидского залива), Монталво-Вест (Вентура-Санта-Барбара), Джела (Сицилийский НГБ) и Чкаловское (Днепровско-Припятский НГБ).

**Стратиграфическое распределение.** Сернистые нефти характеризуются широким возрастным диапазоном: в кайнозойских отложениях – 13,8 % образцов СН, в мезозойских отложениях - 15,5 %, в палеозойских - их больше всего и составляет почти 70,7 %.

Однако, распределение запасов СН имеет другой вид – абсолютное большинство запасов сосредоточено в мезозойских отложениях и составляет почти 90 % мировых запасов, в молодых кайнозойских породах запасы СН наименьшие и доля равна более 3 %, более древние палеозойские сернистые нефти также имеют невысокие запасы – 7 % (рис. 4). Молодые отложения (палеогеновые и неогеновые) характерны для бассейнов подвижных поясов, в меньшей мере установлены месторождения платформенных бассейнов – Мексиканского, Персидского и Суэцкого заливов. Отложения мезозойской

эратемы встречаются как в платформенных бассейнах, так и бассейнах подвижных поясов, самыми крупными по своим запасам являются месторождения Атабаска (Западно-Канадский НГБ), Бай-Хассан, Вафра, Зубейр, Манифа, Ратави, Раудатейн, Румейла, Сафания, Сирри (бассейн Персидского залива), Самотлорское (Западно-Сибирский НГБ), Эбано-Пануко и Наранхос (бассейн Мексиканского залива), Реформа (Центрально-Кубинский НГБ) и Наульское (Тимано-Печорский НГБ). Пермские и более древние (каменноугольные и девонские образования) палеозойской эратемы характерны в основном для бассейнов платформенного типа (древние платформы) - Волго-Уральский, Днепровско-Припятский, Прикаспийский, Суэцкого залива и несколько месторождений из НГБ подвижных поясов (Гамильтон-Доум, Гарленд, Орегон-Бейсин и Франни из бассейна Биг-Хорн и Квили из бассейна Ханна-Ларамии)

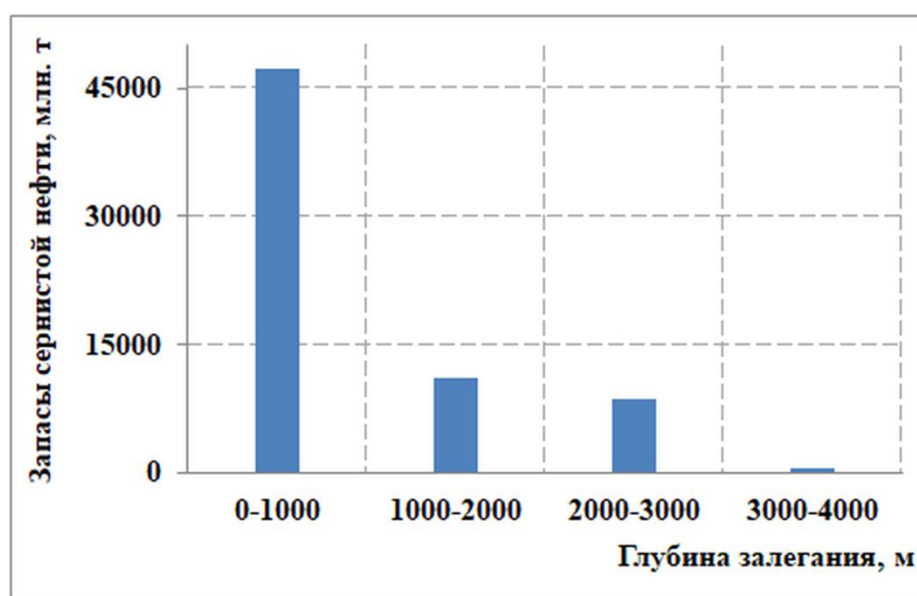


Рисунок – 3. Распределение мировых запасов сернистой нефти по глубине залегания

### Особенности сернистых нефтей России

Как видно из рис. 1, российские сернистые нефти расположены в 6 НГБ: Волго-Уральском, Западно-Сибирском, Енисейско-Анабарском, Лено-Тунгусском, Северо-Кавказском и Тимано-Печорском. Выше было сказано, что на территории России наибольшими запасами сернистых нефтей обладает Волго-Уральский и Западно-Сибирский нефтегазоносные бассейны – в сумме около 5,4 % мировых запасов СН (рис. 2).

Уникальными и крупными по запасам являются следующие месторождения: в ВУНГБ - Ромашкинское, Туймазинское, Мухановское, Юсуповское, Шкаповское, Аксубаево-Мокшинское, Гремихинское, Чутырско-Киенгопсинское, Манчаровское и др., в Западной Сибири – Самотлорское, Самбургское, Южно-Сургутское и Усть-Балыкское.

Сформирован массив данных о свойствах российских СН, объем которого составил 698 образца из 244 месторождений. Большинство месторождений

расположено на территории ВУНГБ (225 месторождений), в Западной Сибири и Тимано-Печорском НГБ – по 6 месторождений, Лено-Тунгусском НГБ – 4, в Северо-Кавказском – 2 (Красно-Камышанское и Олейниковское) и Енисейско-Анабарском – 1 месторождение (Южно-Тигянское).

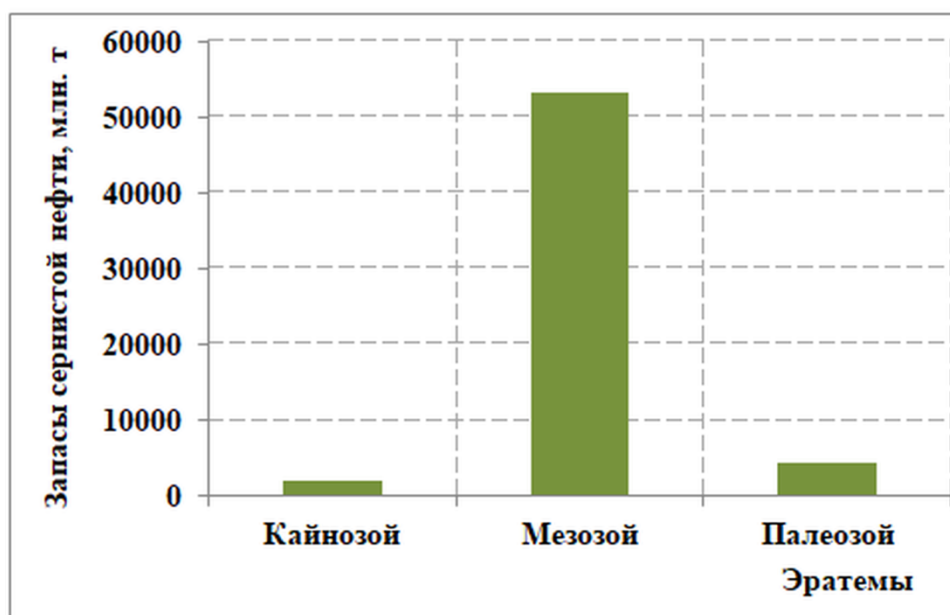


Рисунок – 4. Распределение мировых запасов сернистой нефти в зависимости от геологического возраста

Волго-уральские СН (98 %) залегают в основном до 2000 м и только нефти 6 месторождений (Елгачихинское, Репьевское, Сергеевское, Султангулов-Заглядинское, Тананыкское и Шафрановское) залегают ниже 2000 м. Сернистые нефти ВУНГБ являются палеозойскими, в основном находятся в каменноугольных отложениях (76,2 % образцов), в пермских и девонских отложениях - 13,8 и 10 % соответственно.

В Западной Сибири СН находятся в пластах с глубинным интервалом 2083-2750 м, стратиграфический диапазон - от верхней юры до нижнего мела. Тимано-печорские сернистые нефти имеют более широкое стратиграфическое и глубинное распределения – от верхнего девона до нижнего и среднего триаса, пределы глубины залегания - от 950 до 3207 м. В Лено-Тунгусском бассейне СН залегают от 30 до 2144 м. Северо-Кавказские СН являются нижнемеловыми, залежи в Олейниковском месторождении на глубине 978 м, а в Красно-Камышанском – 2232 м. Сернистая нефть Южно-Тигянского месторождения из Енисейско-Анабарского НГБ относится к нижнепермским отложениям.

Кратко рассмотрим основные характеристики сернистых нефтей рассматриваемых бассейнов. В табл. 4 представлена информация о средних значениях физико-химических свойств российских СН. По сравнению со свойствами средне-мировых сернистых нефтей, волго-уральские, западно-сибирские, ленно-тунгусские и северо-кавказские менее тяжелые, а тимано-печорские и енисей-анабарские нефти наоборот характеризуются наибольшей плотностью по сравнению с средне-мировыми СН. Вязкость российских

сернистых нефтей намного ниже значения вязкости остальных СН, исключение составляют сернистые нефти ВУНГБ, вязкость которых сопоставима с вязкостью средне-мировых нефтей. Отметим, что сернистые нефти Лено-Тунгусского и Северо-Кавказского бассейнов по своим физическим свойствам относятся к легким и маловязким. По имеющимся данным, парафинистость тимано-печорских и северо-кавказских СН гораздо выше уровня среднемировых (более чем в 2 раза), а волго-уральские и западно-сибирские - с меньшим содержанием парафинов, смол и асфальтенов, но по значению сернистости равны или чуть выше средне-мировых значений (табл. 3). Самыми сернистыми и парафинистыми оказались сернистые нефти Северо-Кавказского НГБ.

Таблица 4 – Физико-химические свойства сернистых нефтей России

Характеристики нефти	Волго-Уральский	Западно-Сибирский	Тимано-Печорский	Лено-Тунгусский	Северо-Кавказский	Енисейско-Анабарский
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,9244	0,8935	0,9326	0,8362	0,8265	0,9427
Вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	5893,71	67,82	508,39	1,82	14,10	237,00
Содержание серы, % мас.	3,79	4,25	3,30	6,34	14,50	3,40
Содержание парафинов, % мас.	3,52	2,62	8,67	Нет данных	8,90	Нет данных
Содержание смол, % мас.	23,72	15,40	Нет данных	11,06	5,00	31,39
Содержание асфальтенов, % мас.	7,44	3,67	Нет данных	Нет данных	Нет данных	12,87

Рассмотрим более подробно свойства сернистых нефтей ВУНГБ и ЗСНГБ, как основных российских бассейнов с залежами сернистой нефти. Установлено, что в ЗСНГБ максимальное количество серы отмечено в нефти Самбургского месторождения (9,16 %), для Волго-Уральского НГБ сернистость максимальна (7,8 %) в природных битумах месторождения Садкинское (Средне-Волжская нефтегазоносная область), далее содержание серы в диапазоне 5-7 % характерно в основном для СН месторождений Мелекесско-Абдулинской и Татарской волго-уральских нефтегазоносных областей.

Сернистые волго-уральские и западно-сибирские нефти обладают в среднем высокой плотностью (табл. 4) и относятся к классам «с повышенной плотностью» (плотность от 0,88 до 0,92 г/см<sup>3</sup>) и «сверхтяжелая» (плотность выше 0,92 г/см<sup>3</sup>). Установлено, что плотность сернистой нефти ВУНГБ изменяется в диапазоне 0,83-1,03 г/см<sup>3</sup>. Величина более 1,00 г/см<sup>3</sup> характерна для плотности нефти месторождений Татарской нефтегазоносной области (Аверьяновское, Беркет-Ключевское, Горское, Екатериновское, Нагорное, Северо-Ашальчинское и Шугуровское), в Уфимской НГО - месторождение Арланское, Пермско-Башкирской НГО - Осинское месторождение и Средне-

Волжской области - это месторождение Садкинское.

Сверхвязкими сернистыми нефтями (вязкость при 20 °С более 500 мм<sup>2</sup>/с) являются волго-уральские нефти Аксубаево-Мокшинского, Ашальчинского, Бавлинского, Вишнево-Полянского, Горского, Нагорного, Сугушлинского (Татарская нефтегазоносная область) и Аканского, Западно-Радужного, Правдинского месторождений Мелекесско-Абдулинской области. Самыми вязкими являются залежи Сугушлинского и Горского месторождений.

Во многих сернистых нефтях ВУНГБ и ЗСНГБ парафины практически отсутствуют или содержатся в незначительных количествах, в среднем нефти относятся к классу «среднепарафинистая нефть». Парафинистые нефти (содержание парафинов более 6 %) составляют из общей выборки рассматриваемых СН всего 8,6 %, в основном это нефти месторождений Мелекесско-Абдулинской области (Аллагуловское, Вишенское, Мордовоозерское, Новобесовское, Правдинское, Радаевское, Северо-Каменское, Сосновское), а максимальное содержание парафинов 15,6 % отмечено на месторождении Новобесовское, глубина залегания составляет 1670-1680 м.

Концентрация асфальто-смолистых компонентов изменяется в очень широких пределах. Максимальное содержание смол, более 60 %, отмечено на месторождениях ВУНГБ Ашальчинское и Репьевское, минимальное - 2 % на месторождении Вишенское, глубина 1500-1514 м. Максимальное содержание асфальтенов (около 60 %) отмечено в природных битумах месторождения Спиридоновское, минимальное - до 2 % характерно для нефтей Березовского, Верхнечусовского, Калиновского и Шугурского месторождений. В Западной Сибири высокой смолистостью отмечена нефть Южно-Сургутского месторождения, где концентрация смол и асфальтенов составляет 34,3 и 11,2 % соответственно.

### **Заключение**

Запасы сернистых нефтей во всем мире очень велики. Показано, что их скопления из Западно-Канадского, Персидского залива и Оринокского бассейнов в сумме составляют почти 90 % мировых запасов сернистых нефтей. В России подобные нефти сосредоточены в 244 месторождениях, большинство из которых (92 %) приходится на Волго-Уральский НГБ.

Проведенный анализ по составу и размещению сернистых нефтей в различных НГБ мира позволил определить, что скопления сернистых нефтей довольно широко распространены в Земной коре. Эти скопления свойственны почти всем геотектоническим типам НГБ (подвижных поясов, древним и молодым платформам). Установлено, что сернистые нефти бассейнов платформенного типа характеризуются в среднем меньшей сернистостью.

Сернистые нефти относятся к одному из видов трудноизвлекаемых нефтей, в среднем являются сверхтяжелыми и высоковязкими, что еще более усугубляет их трудноизвлекаемость и существенно затрудняет процессы освоения их запасов. Установлено малое газосодержание и низкие пластовые

температуры сернистых отложений, что также характеризует сернистые нефти как трудноизвлекаемые.

Более подробно рассмотрены физико-химические свойства сернистых нефтей Волго-Уральского и Западно-Сибирского НГБ, как центров по запасам сернистых залежей на территории России. По сравнению со свойствами среднемировых сернистых нефтей, волго-уральские и западно-сибирские менее тяжелые и вязкие, с меньшим содержанием парафинов, смол и асфальтенов, но с сопоставимым содержанием серы.

Для развития внутреннего потребления серы перспективным является направление в строительной промышленности на базе серного вяжущего. Стройматериалы с добавлением серы (серобетон и сероасфальт) обладают высокими прочностными характеристиками, повышенной химической устойчивостью, износо- и коррозиестойкостью, низкой водопроницаемостью, большой устойчивостью к резким перепадам температуры и морозоустойчивостью, что очень актуально при освоении Арктической зоны России. Кроме того, данные материалы очень экономичны и экологически безопасны. Однако, развитие нового направления в стройиндустрии и дорожном строительстве в России во многом будет зависеть от поддержки и заинтересованности государства, что могло бы принести огромную экономическую выгоду всей стране.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лисовский Н.Н., Халимов Э.М. О классификации трудноизвлекаемых запасов // Вестник ЦКР Роснедра. - 2009. - № 6. - С. 33-35.
2. Пуртова И. П., Вариченко А. И., Шпуров И. Трудноизвлекаемые запасы нефти. Терминология. Проблемы и состояние освоения в России // Наука и ТЭК. - 2011. - № 6. - С. 21-26.
3. Якуцени В.П., Петрова Ю.Э., Суханов А.А. Динамика доли относительного содержания трудноизвлекаемых запасов нефти в общем балансе // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2007 (2).- С. 1-11, [www.ngtp.ru](http://www.ngtp.ru).
4. МаксUTOB P., Орлов Г., Осипов А. Освоение запасов высоковязких нефтей в России // Технологии ТЭК. – 2005. - № 6. – С. 36 – 40.
5. Рыльков А.В., Потеряев В.В. Нафтенoвые нефти мира (распространение, генезис, применение) // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. - 2013. - № 1. - С. 32-43.
6. Хохлов А.В. География мировой серной промышленности. – Консалтинговая компания «Влант», 2003. – 51 с.
7. Ким С. Сера и кислота // The Chemical Journal. – 2009.-№ 9.–С. 34-39.
8. Кириллов Д. Стратегическая сера // Нефть России. – 2012. - № 12. – С. 56-61.
9. Яценко И.Г., Полищук Ю.М. Трудноизвлекаемые нефти: физико-химические свойства и закономерности размещения / Под ред. А.А. Новикова. - Томск: В-Спектр, 2014. - 154 с.



10. Баженова О.К., Бурлин Ю.К., Соколов Б.А., Ханин В.Е. Геология и геохимия нефти и газа: учебник / Под ред. Б.А. Соколова. - М.: Изд-во МГУ; Изд. центр "Академия", 2004. - 415 с.

11. Тяжелые нефти и битумы мира (распространение, технологии разработки пути использования)/ В.А. Шумилов, А.Н. Кирсанов, С.В. Крупнин, И.П. Попов, А.В. Рыльков: монография / Научный редактор А.В. Рыльков. - Тюмень, ТИУ, 2016 – 200 с.

12. Яценко И.Г. Сернистые нефти мира – особенности распространения, геологических условий залегания и их физико-химических свойств // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. - 2015. - № 3. - С. 12-18.

13. Яценко И.Г., Перемитина Т.О., Лучкова С.В. Исследование особенностей физико-химических свойств сернистых нефтей с применением кластерного анализа и метода главных компонент //Геология нефти и газа. – 2016.- № 4. – С.70-76.

УДК 553.982

*И.Г. Яценко, Ю.М. Полищук*

## **ОСОБЕННОСТИ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ НЕФТЕЙ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА В КРИОЛИТОЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск*

### **Введение**

В связи с истощением запасов наиболее доступных нефтей основным источником прироста нефтедобычи в ближайшие годы будут трудноизвлекаемые нефти. Известно, что большая часть этих нефтей расположена на территории криолитозоны. Увеличение объемов добычи труднодоступных нефтей в последнее время создает различные технологические, экологические и экономические проблемы не только при добыче, но и при транспортировке и переработке. Как следует из [1-4], расширение объемов переработки рассматриваемых нефтей, трудноизвлекаемость которых определяется не только аномальными свойствами, но и осложненными геологическими условиями залегания, вызывает необходимость изучения особенностей физико-химических, термобарических и других свойств трудноизвлекаемых нефтей.

Некоторые особенности физико-химических свойств трудноизвлекаемых нефтей и условий их залегания рассмотрены в [1]. Однако особенности основных свойств трудноизвлекаемых нефтей изучены недостаточно, что затрудняет решение технологических проблем нефтехимии и нефтепереработки. Более того, недостаточная изученность особенностей таких нефтей затрудняет оценку перспектив и определение направлений развития

нефтегазодобывающего и нефтехимического комплексов. В связи с изложенным, целью настоящей работы явилось проведение сравнительного анализа особенностей физико-химических и термобарических свойств трудноизвлекаемых нефтей.

### **Общая характеристика трудноизвлекаемых нефтей**

Наиболее обоснованный подход к определению понятия трудноизвлекаемых запасов был предложен Э. М. Халимовым в 1987 г., на основе которого Н.Н. Лисовским и Э.М. Халимовым [2] сформулированы основные принципы и критерии отнесения запасов нефти к трудноизвлекаемым. На основе обобщения этих критериев и с учетом предложений других специалистов введем в рассмотрение перечень основных типов трудноизвлекаемых нефтей, согласно которому к трудноизвлекаемым можно относить нефти с нижеперечисленными свойствами и условиями залегания.

1. С аномальными физико-химическими свойствами (высокие вязкость и плотность, содержание парафинов, смол и асфальтенов).

2. Заключенные в водонефтяных и газонефтяных зонах.

3. С высокой газонасыщенностью (более  $500 \text{ м}^3/\text{т}$ ) или низкой газонасыщенностью (менее  $200 \text{ м}^3/\text{т}$ ), либо при наличии в растворенном и/или свободном газе агрессивных компонентов ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ ) в количествах, требующих применения специального оборудования при бурении скважин и добыче нефти.

4. Залегающие на больших глубинах (более 4500 м).

5. С пластовой температурой  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  и выше либо ниже  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  (последнее условие обусловлено низкой разницей между пластовой температурой и температурой застывания парафина).

6. С высокой степенью обводненности продукции (до 80 %).

7. Заключенные в слабопроницаемых (проницаемость менее  $0,05 \text{ мкм}^2$ ) и низкопористых (пористость менее 8 %) коллекторах.

8. Залегающие на территории распространения многолетнемерзлых пород глубиной более 100 м.

Согласно [5], к трудноизвлекаемым относятся запасы малоподвижных нефтей (в частности, с высокими вязкостью или плотностью и высоким содержанием твердых парафинов), нефтей с высокой (более  $500 \text{ м}^3/\text{т}$ ) или низкой (менее  $200 \text{ м}^3/\text{т}$ ) газонасыщенностью, либо при наличии в растворенном и/или свободном газе агрессивных компонентов ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ ) в количествах, требующих применения специального оборудования при бурении скважин и добыче нефти. Нефти, входящие в эту группу, далее будем называть нефтями с аномальными свойствами. К этой группе также будем относить нефти с высоким содержанием металлов (в первую очередь ванадия и никеля).

Вторую группу трудноизвлекаемых нефтей, согласно [2], составляют нефти с осложненными условиями залегания (заключенные в геологически сложнопостроенных пластах и залежах, в водонефтяных и газонефтяных зонах, в слабопроницаемых и низкопористых коллекторах, коллекторах с аномально

высокой или аномально низкой температурой и др.), а также нефти, залегающие на территории многолетней мерзлоты и на шельфах морей.

В табл. 1 представлен перечень основных типов трудноизвлекаемых нефтей, составленный на основе обобщения критериев отнесения нефтяных запасов к трудноизвлекаемым, которые обсуждались в ряде научных публикаций [6-8]. Статистическое описание разных типов трудноизвлекаемых нефтей дано в работе [9] на основе информации из базы данных (БД) о физико-химических свойствах нефтей мира, созданной в Институте химии нефти СО РАН. База данных зарегистрирована в Государственном регистре баз данных и в Роспатенте (свидетельство № 2001620067) [10-12]. Однако, в связи с тем, что в БД в настоящее время значительно увеличилось число образцов нефтей, скорректированная информация о типах ТИН с учетом новых данных дана в табл. 1. Заметим, что в настоящее время в БД представлено более 32230 образцов нефтей, из них 23000 образцов нефтей с аномальными свойствами и 9700 образцов нефтей со сложными условиях залегания. Объемы выборочных совокупностей данных о нефтях каждого из рассмотренных типов трудноизвлекаемых нефтей достаточно представительны, что позволяет получить статистически обоснованные результаты анализа.

Таблица 1 - Виды трудноизвлекаемых нефтей и характеристика их информационного описания

Типы трудноизвлекаемых нефтей	Объем выборки	Количество бассейнов	Количество месторождений
<i>Нефти с аномальными свойствами</i>			
Тяжелая (плотность более 880 кг/м <sup>3</sup> )	7206	130	2034
Вязкая (вязкость более 35 мм <sup>2</sup> /с при 20 °С)	4188	68	1041
Сернистая (содержание серы более 3 % мас.)	997	39	388
Смолистая (содержание смол более 13 % мас.)	2367	56	778
Парафинистая (содержание парафинов более 6 % мас.)	2643	59	892
Асфальтеновая (содержание асфальтенов более 10 % мас.)	448	46	229
С высокой газонасыщенностью (более 500 м <sup>3</sup> /т)	142	26	90
С низкой газонасыщенностью (менее 200 м <sup>3</sup> /т)	4456	68	1484
С высоким содержанием сероводорода (более 5 % мас.)	140	21	73
С высоким содержанием ванадия (более 0,003 % мас.)	642	30	276
С высоким содержанием никеля (более 0,007 % мас.)	188	24	103
<i>Нефти в сложных условиях залегания</i>			
В слабопроницаемых коллекторах (проницаемость менее 0,05 мкм <sup>2</sup> )	1655	45	881

Продолжение таблицы 1

В коллекторах с низкой пористостью (менее 8 %)	279	26	208
Большие глубины залегания (более 4500 м)	467	25	215
В прерывисто-сплошной криолитозоне (Россия)	2467	7	680
В островной криолитозоне (Россия)	3126	3	932
Высокая пластовая температура (выше 100 °С)	1287	54	588
Низкая пластовая температура (ниже 20 °С)	455	36	198

С использованием предложенного нами в [9] индекса качества  $Q$  проведена классификация типов ТИН по этому индексу, позволившая все типы ТИН (табл. 1) разделить на следующие три класса:

Класс 1 - нефть высокого качества, при  $Q > 1,3$ ;

Класс 2 - нефть среднего качества, при  $0,9 < Q \leq 1,3$ ;

Класс 3 - нефть низкого качества, при  $Q \leq 0,9$ .

Представленная классификация трудноизвлекаемых нефтей по качеству может быть полезной при решении как проблем нефтедобычи и транспорта нефти, так и технологических проблем нефтехимии и нефтепереработки, возникающих в связи с наблюдающимся ростом объемов добычи трудноизвлекаемых запасов [13-16].

### Анализ свойств ТИН высокого качества

Западная Сибирь остается главным нефтедобывающим регионом России, но в развитии ее нефтегазового комплекса накапливаются негативные тенденции из-за сокращения запасов традиционной нефти и увеличения добычи ТИН. Так, если в 1990 г. доля Западно-Сибирского нефтегазового бассейна в общероссийском производстве нефти составляла 72,8 %, то к 2000 г. она сократилась до 68 %, а к 2015 г. - до 47 %.

Рассмотрим физико-химические и термобарические свойства ТИН 1 класса (нефть высокого качества), в который входят нефти с высокой газонасыщенностью, высоким содержанием сероводорода, высокой пластовой температурой, большой глубиной залегания и находящиеся в прерывистой и сплошной криолитозонах Западной Сибири [17-27].

Данные об изменении показателей физико-химических свойств западно-сибирских нефтей территории того или иного типа криолитозоны приведены в табл. 2. Анализ данных табл. 2 показывает, что средние значения показателей химического состава нефтей обнаруживают особенности изменения на территориях с разным типом мерзлоты, а именно, нефти, приуроченные к территории островной мерзлоты, по сравнению с нефтями прерывистого и сплошного типа криолитозоны значительно более тяжелые, имеют более высокую температуру застывания и содержат значительно больше серы, смол, асфальтенов и с наименьшим содержанием попутного нефтяного газа.

Нефти в криолитозоне сплошного типа имеют наилучшие качественные характеристики по сравнению с нефтями зон распространения мерзлоты островного и прерывистого типа. Данные нефти легкие, маловязкие, имеют

низкую температуру застывания, малосернистые, малосмолистые, малоасфальтеновые, с повышенным газосодержанием.

Таблица 2 – Физико-химические свойства нефти территории Западной Сибири с разным типом мерзлоты

Показатель	Статистические характеристики	Тип криолитозоны		
		островной	прерывистый	сплошной
Плотность	Объем выборки	1621	536	438
	Среднее значение, г/см <sup>3</sup>	0,8505	0,8211	0,8169
Вязкость при 20 °С	Объем выборки	695	187	83
	Среднее значение, мм <sup>2</sup> /с	18,83	50,91	7,64
Температура застывания	Объем выборки	241	77	34
	Среднее значение, °С	-16,12	-27,82	-27,68
Содержание серы	Объем выборки	1313	322	327
	Среднее значение, мас. %	0,86	0,24	0,13
Содержание Парафинов	Объем выборки	1201	348	317
	Среднее значение, мас. %	3,71	4,02	4,80
Содержание смол	Объем выборки	1147	255	270
	Среднее значение, мас. %	7,62	4,92	3,03
Содержание Асфальтенов	Объем выборки	1028	184	203
	Среднее значение, мас. %	1,71	0,85	0,25
Газосодержание	Объем выборки	759	238	5
	Среднее значение, м <sup>3</sup> /т	110,57	163,10	172,84

Большую выборку из БД составили западно-сибирские ТИН из «горячих пластов» с температурой более 100 °С. В криолитозоне таких месторождений оказалось 69, из которых по своим запасам выделяются Уренгойское, Самбургское, Салымское, Вынгайхинское, Тазовское и др. (рис. 1). Самые высокотемпературные залежи (от 140 до 190 °С) находятся в следующих месторождениях: Салымское, Малоатлымское, Уренгойское, Юбилейное, Самбургское, Черемшанское, Евояхинское и Быстринское (рис. 1).

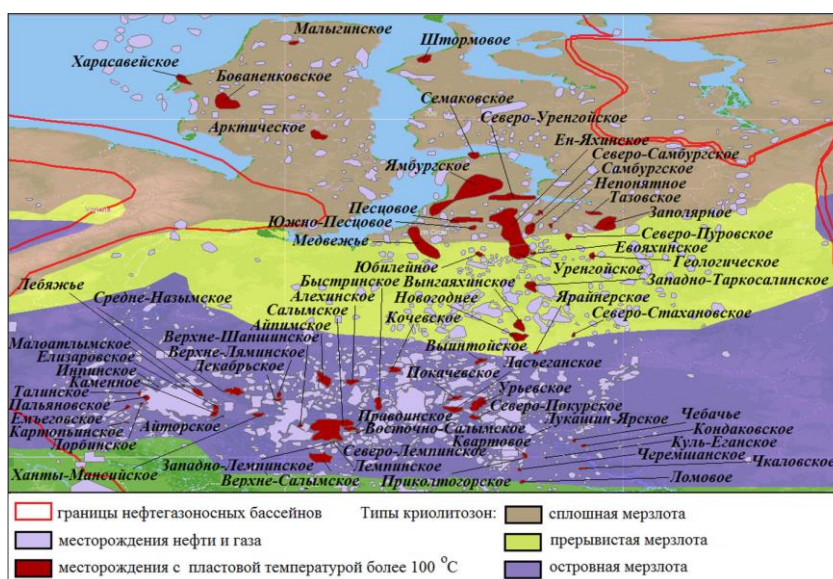


Рисунок - 1. Карта-схема размещения месторождений Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна с высокотемпературными залежами в разных зонах мерзлоты

В табл. 3 приведены данные об изменении показателей физико-химических свойств высокотемпературных нефтей территории криолитозоны.

Таблица 3 – Физико-химические свойства нефти из высокотемпературных пластов криолитозоны Западной Сибири

Показатель	Статистические характеристики	Значение
Плотность	Объем выборки	77
	Среднее значение, г/см <sup>3</sup>	0,8254
Вязкость при 20 °С	Объем выборки	20
	Среднее значение, мм <sup>2</sup> /с	5,96
Температура застывания	Объем выборки	5
	Среднее значение, °С	-28,60
Содержание серы	Объем выборки	62
	Среднее значение, мас. %	0,35
Содержание парафинов	Объем выборки	62
	Среднее значение, мас. %	5,35
Содержание смол	Объем выборки	53
	Среднее значение, мас. %	4,82
Содержание асфальтенов	Объем выборки	43
	Среднее значение, мас. %	0,73
Газосодержание	Объем выборки	53
	Среднее значение, м <sup>3</sup> /т	147,90

Как видно из табл. 3, нефти из «горячих» пластов характеризуются низкой плотностью, вязкостью и температурой застывания, являются малосернистыми, малосмолистыми и малоасфальтеновыми, среднепарафинистыми и со средним содержанием попутного нефтяного газа.

Как было указано выше, нефти с высоким газосодержанием относятся к трудноизвлекаемым, а по качественным характеристикам - к 1 классу качества. В криолитозоне Западно-Сибирского бассейна выявлено 22 образца нефти с содержанием нефтяного газа более 500 м<sup>3</sup>/т из 15 месторождений, из которых самым большим содержанием газа (более 1000 м<sup>3</sup>/т) отличаются залежи Ван-Еганского, Варьеганского, Вартовского, Восточно-Мохового, Вынгапуровского и Федоровского месторождений (рис. 2).

Как видно из рис. 1 и 2, особенностью нефтей из месторождений Вынгапуровское, Лебяжье, Новогоднее и Уренгойское является то, что они залегают в высокотемпературных пластах и имеют повышенное содержание попутного нефтяного газа. Нефть с высоким содержанием сероводорода выявлена только в одном месторождении – Вартовско-Соснинском, которое расположено в зоне островной криолитозоны на территории Томской области. Она характеризуется как нефть со средней плотностью (0,8520 г/см<sup>3</sup>), с низким содержанием парафинов (2,00 %), смол (6,85 %), асфальтенов (0,70 %), серы (0,60 %) и нефтяного газа (10 м<sup>3</sup>/т). В Западно-Сибирском бассейне выявлено 26 месторождений с пластами на глубине более 4500 м (рис. 3), из которых отмечены месторождения с самыми глубоководными пластами (от 5500 до 8000 м) – это Ен-Яхинское, Мохтиковское, Гыданское, Геологическое, Лукьявинское, Уренгойское, Нижнепурское и Южно-Уренгойское. Однако

установлено, что в криолитозоне глубокозалегающие пласты в основном являются газовыми. Поэтому провести анализ физико-химических свойств нефти не представляется возможным.

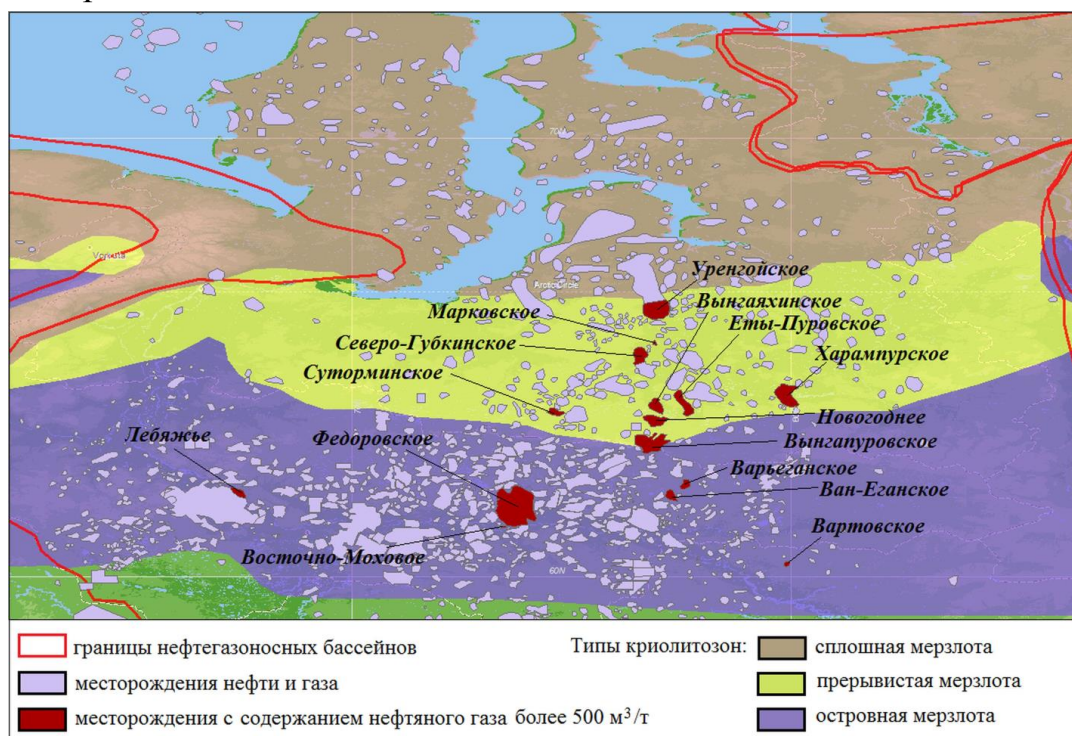


Рисунок - 2. Карта-схема размещения месторождений Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна с высоким содержанием нефтяного газа в разных зонах мерзлоты

Таблица 4 – Физико-химические свойства нефти с высоким содержанием нефтяного газа криолитозоны Западной Сибири

Показатель	Статистические характеристики	Значение
Плотность	Объем выборки	10
	Среднее значение, г/см <sup>3</sup>	0,8194
Вязкость при 20 °С	Объем выборки	5
	Среднее значение, мм <sup>2</sup> /с	4,68
Температура застывания	Объем выборки	2
	Среднее значение, °С	-7,00
Содержание серы	Объем выборки	8
	Среднее значение, мас. %	0,45
Содержание парафинов	Объем выборки	7
	Среднее значение, мас. %	4,05
Содержание смол	Объем выборки	8
	Среднее значение, мас. %	6,85
Содержание асфальтенов	Объем выборки	8
	Среднее значение, мас. %	0,98
Газосодержание	Объем выборки	22
	Среднее значение, м <sup>3</sup> /т	1289,12

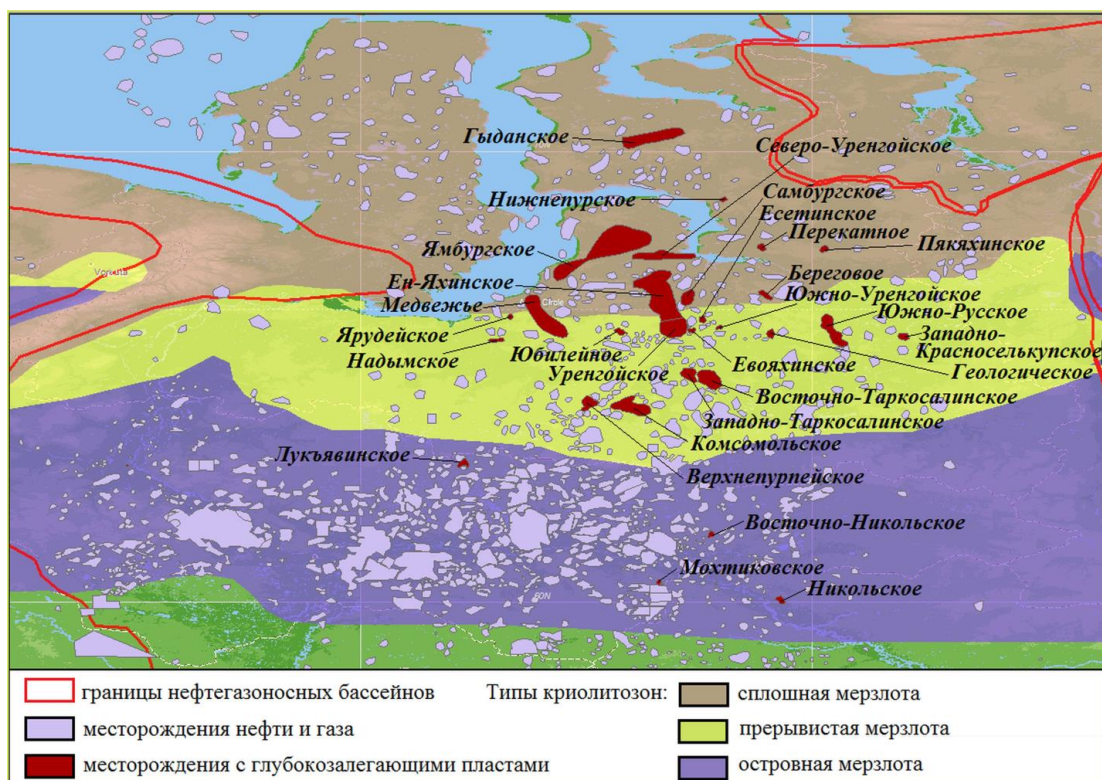


Рисунок - 3. Карта-схема размещения месторождений Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна с большой глубиной залегания в разных зонах мерзлоты

### Заключение

В статье изложены результаты анализа плотности и вязкости нефтей и их химического состава на территории России в зависимости от их расположения в криолитозонах разного типа. Анализ проведен с использованием геостатистического подхода, основанного на сочетании методов статистического и пространственного анализа данных с применением геоинформационных систем. Информационную основу для проведения анализа составила глобальная база данных по физико-химическим свойствам нефтей.

Сравнительный анализ химического состава и физических свойств трудноизвлекаемых нефтей на нефтеносных территориях Западной Сибири в зоне мерзлоты показал, что на территориях в пределах криолитозоны разного типа содержание в нефтях серы, парафинов, смол и асфальтенов в среднем меньше и относятся по значению индекса качества к 1-му классу, т.е. нефти высокого качества. По данным ранее проведенных исследований было установлено, что к 1-му классу качества относятся также нефти из высокотемпературных пластов, с большой глубиной залегания, с высоким содержанием сероводорода. В данной работе показано, что рассматриваемые нефти в основном являются легкими и маловязкими, малосернистыми, малосмолистыми, малоасфальтеновыми и со средним содержанием парафинов. Следовательно, нефти по химическому составу и физическим свойствам на территории распространения вечной мерзлоты являются более качественными, хотя относятся к трудноизвлекаемым. Это можно объяснить тем, что при



изменении условий залегания пластовой нефти происходит изменение фазового состояния нефти – при снижении пластовой температуры в зонах мерзлоты парафины переходят в кристаллическую твердую фазу и выпадают в пласте в виде твердой фазы, состоящей из парафинов и адсорбированных на них асфальтенов и смол. Одновременно происходит снижение содержания серы, так как она входит в состав смол и асфальтенов.

Выявленные закономерности изменения физико-химических свойств нефтей должны учитываться при разработке проектов освоения нефтяных месторождений в зоне распространения вечной мерзлоты с учетом типа криолитозоны. Это становится особо важным ввиду перспектив смещения в России центра добычи нефти и газа на восток: на территории Иркутской области, Якутии и Дальнего Востока в зоны распространения вечной мерзлоты. Открытие большого числа гигантских и крупных месторождений нефти и газа в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, создание нефтепроводов "Восточная Сибирь - Тихий океан", "Сахалин - Хабаровск - Владивосток" и планируемое строительство нового газопровода "Чаяндинское месторождение (Якутия) - Хабаровск - Владивосток" создают исключительно благоприятные условия для формирования новых крупных центров добычи нефти, газа и конденсата и предприятий их переработки. Это шанс для регионов получить мощный импульс развития.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. МаксUTOB P., Орлов Г., Осипов А. Освоение запасов высоковязких нефтей в России // Технологии ТЭК. – 2005. - № 6. – С. 36–40.
2. Лисовский Н.Н., Халимов Э.М. О классификации трудноизвлекаемых запасов // Вестник ЦКР Роснедра. - 2009. - № 6. - С. 33-35.
3. Пуртова И.П., Вариченко А.И., Шпуров И.В. Трудноизвлекаемые запасы нефти. Терминология. Проблемы и состояние освоения в России // Наука и ТЭК. - 2011. - № 6. - С. 21-26.
4. Шпуров И.В., Растрогин А.Е., Браткова В.Г. О проблеме освоения трудноизвлекаемых запасов нефти Западной Сибири // Нефтяное хозяйство. - 2014. -№ 12. - С. 95-97
5. Ященко И.Г., Полищук Ю.М. Трудноизвлекаемые нефти: физико-химические свойства и закономерности размещения / Под ред. А.А. Новикова. - Томск: В-Спектр, 2014. - 154 с.
6. Полищук Ю.М., Ященко И.Г. Тяжелые нефти: закономерности пространственного размещения // Нефтяное хозяйство. – 2007. – № 2. – С. 110–114.
7. Polishchuk Y.M., Yashchenko I.G. Spatial and temporal changes of density and chemical composition of heavy oils of Eurasia // International Journal of Energy and Environment. – 2011. – Vol. 2. - № 4. – P. 717–722.
8. Якуцени С.П. Распространенность углеводородного сырья, обогащенного тяжелыми элементами-примесями. Оценка экологических рисков. – СПб.: Недра, 2005. – 372 с.
9. Ященко И.Г., Полищук Ю.М. Классификация трудноизвлекаемых

нефтей и анализ их качественных свойств //Химия и технология топлив и масел. 2016. № 4 (596). С. 50-56.

10. Полищук Ю.М., Ященко И.Г., Козин Е.С., Ан В.В. База данных по составу и физико-химическим свойствам нефти и газа (БД нефти и газа) // Официальный бюллетень Российского агентства по патентам и товарным знакам. – 2001. – № 3. – С. 340–341.

11. Полищук Ю.М., Ященко И.Г., Козин Е.С., Ан В.В. База данных по составу и физико-химическим свойствам нефти и газа (БД нефти и газа), патент, зарегистрирован в Роспатенте, свидетельство № 2001620067 от 16.05.2001 г.

12. Полищук Ю.М., Ященко И.Г. Физико-химические свойства нефтей: статистический анализ пространственных и временных изменений. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2004. – 109 с.

13. Polichtchouk Y.M., Yashchenko I.G. Analysis of Eurasian oils quality // Neftyanoe Khozyaistvo - Oil Industry. – 2002. - № 1. – pp. 66-68.

14. Полищук Ю.М., Ященко И.Г. Сравнительный анализ качества российской нефти // Технологии ТЭК.– 2003. - № 3. – С. 51–56.

15. Крицкая Е.Б., Чиж Д.В. Изучение изменений физико-химических параметров нефтей Предкавказья // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. - 2013. - № 1. - С. 21-23.

16. Ященко И.Г., Полищук Ю.М. Сравнительный анализ качества трудноизвлекаемых нефтей // Газовая промышленность. - 2015. - № 5 (722). - С. 18-23.

17. Мельников В.П., Геннадиник В.Б., Брушков А.В. Аспекты криософии: криоразнообразие в природе // Криосфера Земли. - 2013. - Т. XVII. - № 2. - С. 3-11.

18. Permafrost: Distribution, Composition and Impacts on Infrastructure and Ecosystems, editor Oleg S. Pokrovsky. - Published by Nova Science Publishers, Inc., New York, 2014. - 307 p.

19. Геокриология СССР. Европейская территория СССР / Под. ред. Э.Д. Ершова. - М.: Недра, 1988. -358 с.

20. Анисимов О., Лавров С. Глобальное потепление и таяние вечной мерзлоты: оценка рисков для производственных объектов ТЭК РФ // Технологии ТЭК. - 2004. - № 3. - С. 78–83.

21. Павлов А.В., Ананьева Г.В. Оценка современных изменений температур воздуха на территории криолитозоны России // Криосфера Земли. - 2004. - Т. 8. - № 2. - С. 3–9.

22. Duchkov A.D. Characteristics of Permafrost in Siberia // Advances in the Geological Storage of Carbon Dioxide. NATO Science Series IV. - 2006. - Vol. 65. - p. 81–92.

23. Melnikov V.P., Drozdov D.S. Distribution of Permafrost in Russia // Advances in the Geological Storage of Carbon Dioxide. NATO Science Series IV. - 2006. - Vol. 65. - p. 69–80.

24. Атлас СССР / Отв. техн. редактор Т.П. Сидоренкова. - М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1984. 260 с.

25. Вечная мерзлота и освоение нефтегазоносных районов / Под. ред. Е.С. Мельникова и С.Е. Гречищева. - М.: ГЕОС, 2002. - 402 с.
26. Полищук Ю.М., Яценко И.Г. Сравнительный анализ химического состава нефтей России на территории вечной мерзлоты и вне ее // Криосфера Земли. - 2007. - Т. 11. - № 1. - С. 45–51.
27. Ашмян К.Д., Ковалева О.В. Разработка нефтяных месторождений в зоне распространения вечной мерзлоты // Территория НЕФТЕГАЗ. - 2016. - №7-8. - С. 88-94.

УДК 622.861

*В.И. Исаев, А.Ж. Байкенжина*

## **ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ВЫБРОСООПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ КАРАГАНДИНСКОГО БАССЕЙНА И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск*

### **Анализ проблемы**

В настоящее время значительное число исследований направлено на изучение проблемы, связанной с выбросоопасностью угольных пластов. Происходят опасные газодинамические явления, выраженные во внезапных выбросах угля, породы и газа, газовыделениях, превышающих обычное, неожиданных обрушениях кровли. Эти явления происходят в различных условиях: при вскрытии и разработке угольных пластов, выемке угля разными способами, при различной мощности пластов, пологом или крутом углах их падения и степени метаморфизма углей.

Карагандинский угольный бассейн является одним из наиболее опасных по внезапным выбросам угля и газа в странах СНГ. Одними из важнейших факторов возникновения внезапного выброса угля и газа являются изменение строения пласта и структуры угля в пласте. Мощность угольного пласта и его пачечное строение являются теми элементами морфологии, которые относительно надежно устанавливаются по разведочным скважинам. Анализируя сведения о выбросах угля и газа происшедших в шахтах Карагандинского бассейна можно отметить, что в 91% случаев выбросам были подвержены угольные пласты, мощность которых составляет 3,5 м и выше. Такие выбросоопасные пласты как  $K_{10}$ ,  $K_{12}$  и  $D_6$ , в местах выбросов имеют среднюю мощность от 5,2 до 8,3 м.

Различные слои в угольном пласте могут существенно отличаться по физико-механическим свойствам. Эта неоднородность может еще более усилиться под действием тектонических движений вдоль угольных пластов, создающих различную степень препарации для отдельных прослоев, которая оказывает значительное влияние на устойчивость угольных пластов [1].

Отмечается также приуроченность выбросов угля и газа, к таким тектонически препарированным участкам, как раздувы и пережимы мощности угольных пластов, возникшие в результате перераспределения угольного вещества в процессе тектонических подвижек. В подобных условиях произошли выбросы на шахте «Казахстанская» 4.03.1977 и 25.11.89 г. на пластах  $T_1$  и  $D_6$ , соответственно. В первом случае, на глубине 469 м от поверхности в месте выброса наблюдался раздув пласта  $T_1$ , а также частичный размыв с нарушением его структуры. Во втором случае, выработка по пласту

д<sub>6</sub> проводилась в зоне геологических нарушений. После пересечения сброса с амплитудой 2,5 м наблюдалось постепенное уменьшение мощности пласта д<sub>6</sub> с 5,5 м до 2,0 м на протяжении 25 м от сброса. Выброс угля и газа произошел на глубине 478 м в зоне раздува пласта (8 м) за счет резкого увеличения мощности перемятой нижней пачки пласта [2]. Основной из причин этого выброса угля и газа является выход забоя штрека из зоны утонения пласта и внезапный вход в зону его раздува.

С помощью ниже приведенной формулы, можно прогнозировать, что более мощный или вскрытый на большую высоту угольный пласт при прочих равных условиях менее устойчив в отношении восприятия веса горных пород (прочность которых, как правило, значительно выше) и, следовательно, более опасен по выбросам, чем маломощный пласт.

$$\sigma_1 = k\gamma e^{\frac{2f\lambda}{m}x},$$

где  $\sigma_1$  - несущая способность угольного пласта в области предельно напряженного состояния, МПа;  $k$  - сопротивление угля сдвигу, МПа;  $f$  - коэффициент трения по почве и кровле;  $m$  - мощность пласта, м;  $\gamma$ ,  $\lambda$  - константы, зависящие от угла внутреннего трения угля  $\rho$  (град);  $x$  - расстояние от кромки забоя (текущая координата), м.

Многие исследователи Карагандинского, Кузнецкого, Донецкого бассейнов отмечают локальность выбросоопасности и её тесную связь с тектонической нарушенностью угольных пластов. Это дизъюнктивные нарушения типа «сброс» и «взброс» или зоны мелких тектонических нарушений. Поскольку внезапные выбросы располагаются вблизи тектонических нарушений, образуя линейно вытянутые зоны (например, на шахтах Саранского и Промышленного участков Карагандинского бассейна), важность тектонического фактора практически не вызывает сомнений.

Существуют гипотезы о нахождении метана в угольных пластах в виде газовых гидратов. Согласно этим гипотезам, при разрушении массива, благодаря термическим, механоэмиссионным и другим процессам, возникают условия для фазового перехода метана в газовое состояние, что создает выбросоопасную ситуацию в шахте [3].

*На сегодняшний день вопрос о прогнозировании зон горно-геологических нарушений, несущих определенную степень выбросоопасности, с одновременным учетом газового фактора, напряженно-деформированного состояния массива, а также физико-механических свойств угольного пласта, является весьма актуальным и находится в стадии научного поиска [4].*

### **Постановка задачи**

Таким образом, прогноз выбросоопасности угольных пластов строится на выявление, прежде всего, именно зон геологической нарушенности пластов. К таким зонам можно отнести:

1) дизъюнктивные (типа сдвигов, сбросов, взбросов) и пликативные нарушения с высокой степенью препарации угольных пластов, с изменением мощности и элементов залегания угольных пластов;

- 2) геологические нарушения, выраженные нарушением угольных пластов или пачек, особенно с изменением их мощности;
- 3) геологические нарушения, выраженные нарушением угольных пачек небольшой мощности, без ощутимого изменения мощности пачек;
- 4) препарация угольного пласта или отдельных пачек небольшой нарушенности.

### **Возможности прогноза по данным разведочного бурения**

Неравномерность размещения в пределах угольных пластов геологических нарушений определяет небольшую их вскрываемость. Опыт эксплуатации шахт Карагандинского, а также Донецкого и Кузнецкого бассейнов показывает, что в процессе детальной разведки шахтного поля выявляются лишь основные черты тектонического строения - крупные складки и разрывные нарушения пласта более 10 м.

Отмечается, что при любом сгущении плотности разведочных скважин не гарантируется выявление всех тектонических нарушений с амплитудами смещения менее 10 м. Расчеты показывают, что достоверное вскрытие средних и крупных нарушений с вероятностью  $P = 0,82$ , может быть обеспечено лишь при разведочной сетке 125x125 м и более плотной, что с экономической точки зрения неэффективно.

Вышеизложенное свидетельствует о том, что современные методы геологической разведки не полностью выявляют тектонические нарушения шахтного поля. Поэтому для решения этих задач в последние годы начали широко применяться геофизические методы исследования горных пород и массивов.

### **Возможности прогноза по данным геофизических исследований**

Несмотря на сложный и разнообразный характер строения углевмещающей толщи, в ней наблюдаются определенные закономерности. Акустические и плотностные свойства углей и пород Карагандинского бассейна показаны на рисунке.

В настоящее время разработаны и применяются в условиях производства методики определения показателей прочностных свойств пород с помощью ультразвукового, акустического и межскважинного прозвучивания. Ультразвуковые методы применяются для решения задач горного производства: выявления зон интенсивной трещиноватости массива, оценки нарушенности кровли и целиков, при проходке подземных выработок, изучения напряженного состояния и устойчивости массива при ведении горных работ.

С помощью традиционных способов и методов наземных сейсмических исследований невозможно выявить тектонические нарушения амплитудой смещения менее 2-3 м. В связи с этим для эффективного изучения малоамплитудных тектонических нарушений были разработаны новые приемы полевых работ, способы обработки и интерпретации данных на основе новой сейсмологической модели разрывных нарушений.

Разрывное нарушение, согласно этой модели, можно представить

субвертикальным геологическим телом в пласте или пачке слоев, отличающимся по своим физическим параметрам от вмещающих их пород. Такая модель по теоретическим и экспериментальным данным отображается в волновом поле рядом признаков: смещением осей синфазности, изменением амплитуды и частоты, интерференционным характером записи. На основе этих признаков проводится выявление тектонических нарушений по сейсмическим временным разрезам с последующим определением типа и амплитуды разрывного нарушения.

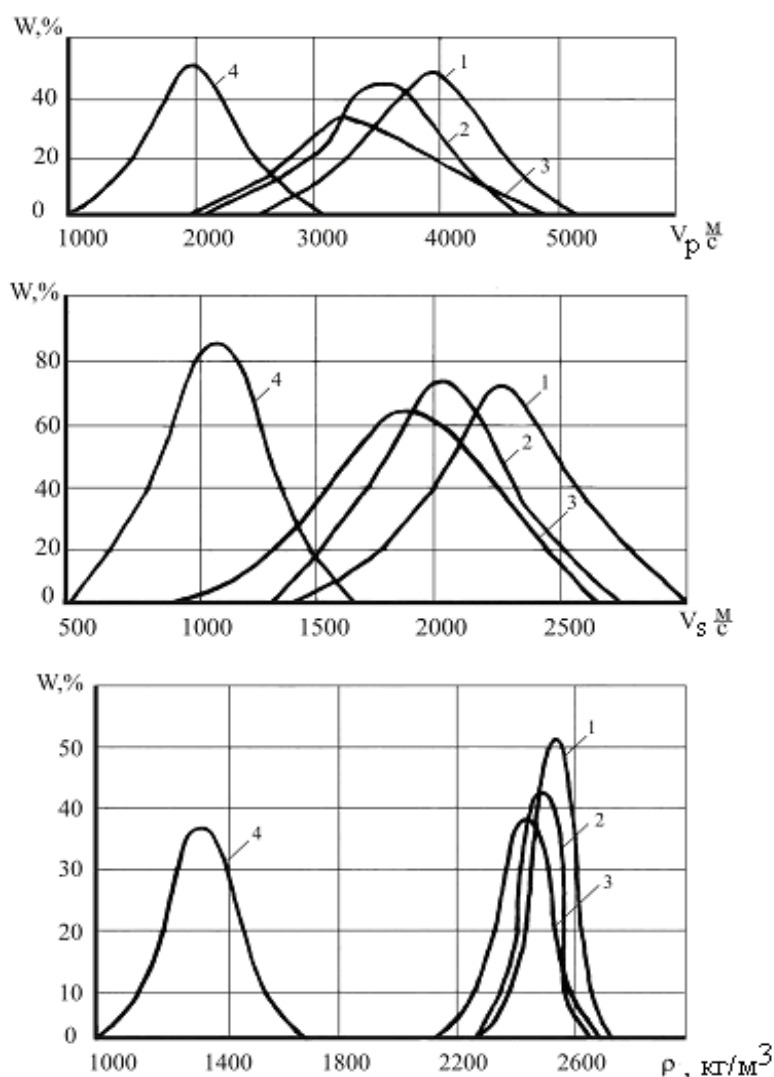


Рисунок – 1. Акустические и плотностные свойства углей и пород Карагандинского бассейна: 1 – песчаник; 2 – алевролит; 3 – аргиллит; 4 – уголь

С помощью традиционных способов и методов наземных сейсмических исследований невозможно выявить тектонические нарушения амплитудой смещения менее 2-3м. В связи с этим для эффективного изучения малоамплитудных тектонических нарушений были разработаны новые приемы полевых работ, способы обработки и интерпретации данных на основе новой сейсмологической модели разрывных нарушений.

Разрывное нарушение, согласно этой модели, можно представить субвертикальным геологическим телом в пласте или пачке слоев, отличающимся по своим физическим параметрам от вмещающих их пород. Такая модель по теоретическим и экспериментальным данным отображается в волновом поле рядом признаков: смещением осей синфазности, изменением амплитуды и частоты, интерференционным характером записи. На основе этих признаков проводится выявление тектонических нарушений по сейсмическим временным разрезам с последующим определением типа и амплитуды разрывного нарушения.

### **Заключение**

Большинство внезапных выбросов угля и газа происходит при внедрении горной выработки в зону тектонических (дизъюнктивных и пликативных) нарушений, где отмечаются повышенная трещиноватость угля, низкие прочность и газопроницаемость. Поэтому прогноз выбросоопасности угольных пластов должен строиться на выявление, прежде всего, именно зон геологической нарушенности пластов.

Применение геофизических методов на стадии геологической разведки повышает эффективность выявления малоамплитудных тектонических нарушений угольных пластов. Так в западных угленосных районах Карагандинского бассейна из-за увеличения объема геолого-геофизических работ на стадии разведки выявлено в 3,4 раза больше нарушений, чем в центральной его части.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Иванов Б.И., Фейт Г.Н., Яновская М.Ф. Механические и физико-химические свойства выбросоопасных угольных пластов. – М.: Наука, 1979. – 195 с.
2. Айруни А.Т. и др. Проблемы разработки метаноносных угольных пластов, промышленного извлечения и использования шахтного метана в Карагандинском бассейне. – М.: Изд-во Академии горных наук России, 2002. – 320 с.
3. Кэрролл Джон. Гидраты природного газа: перевод с английского - М.: ЗАО «Премииум Ижиниринг», 2007. – 316 с.
4. Байкенжина А.Ж. К теории образования выбросоопасных зон угольных пластов // Труды КарГТУ. – 2010. – № 3 (40) – С. 109–110.



*М.С. Паровинчак<sup>1</sup>, В.Г. Лукьянов<sup>2</sup>, О.М. Гринев<sup>3</sup>, В.Н. Ростовцев<sup>4</sup>*

## **ОСВОЕНИЕ БАКЧАРСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ – ГЛАВНЫЙ ПРОЕКТ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ СИБИРИ НА БЛИЖАЙШИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ**

<sup>1</sup>*Томская горно - металлургическая компания, г. Томск*

<sup>2</sup>*Томский политехнический университет, г. Томск*

<sup>3</sup>*Томский государственный университет, г. Томск*

<sup>4</sup>*«Томко», г. Томск*

*65-летию открытия Западно-Сибирского железорудного бассейна  
и 10-летию добычи «первой тысячи тонн» железной руды  
Бакчарского месторождения посвящается*

### **Введение**

Дискуссия о возможности и целесообразности промышленного освоения открытого в середине прошлого века Бакчарского железорудного месторождения, являющегося самой продуктивной частью Западно-Сибирского железорудного бассейна, продолжается уже более полувека. Еще в 1964 году, то есть ровно 50 лет назад, в Сибирском отделении РАН группой авторов была опубликована известная монография «Западно-Сибирский железорудный бассейн», в которой дана общая характеристика этого уникального геологического объекта, позволяющего при условии его промышленного освоения обеспечить железорудным сырьем все существующие металлургические предприятия Урала и Сибири, а также создать новые центры черной металлургии в восточной части страны. Были выполнены также геолого-технологические и технико-экономические расчеты возможности добычи различными способами от 10 до 30 млн. тонн железной руды ежегодно, а также показана принципиальная возможность получения из этой руды качественных концентратов, окатышей и торфорудных брикетов. Предполагалось даже строительство собственного металлургического комплекса с использованием железной руды и торфа в качестве местного энергетического сырья этого месторождения, но после строительства второго меткомбината ЗСМК в г. Новокузнецке и открытия Соколовско-Сарбаевского железорудного месторождения в Казахстане Бакчарское месторождение необоснованно перевели в статус бесперспективного и неопределенно-резервного на многие десятилетия. В связи со значительной выработкой запасов сибирских месторождений железной руды и необходимостью импортировать ее с ближнего и дальнего зарубежья вопрос об увеличении сырьевой базы черной металлургии Урала и Сибири в последние годы становится особо актуальным. С целью кардинального изменения логистики добычи, переработки и транспортировки железорудного сырья, его максимального приближения к существующим и новым металлургическим

предприятиям восточных регионов страны в течение последних 10 лет были возобновлены поисково-оценочные работы на двух участках Бакчарского месторождения. Результаты выполненных работ позволяют предполагать о том, что руда этого месторождения может не только решить проблему дефицита местного сырья и полностью обеспечить существующие металлургические производства, но и стать принципиально новым центром современной высокорентабельной металлургии.

При этом себестоимость добываемой руды за счет минимальных транспортных затрат может оказаться значительно ниже себестоимости руды существующих в настоящее время железорудных предприятий, а имеющие место поставки ЖРС из европейской части страны могут быть переориентированы на экспорт, что значительно повысит валютные поступления в бюджет страны, как это имеет место во всемирно известной газовой отрасли.

В последние годы, благодаря использованию современных методов и технологий, разработанных и апробированных на различных горнопромышленных объектах, включая опытно-промышленные работы и исследования Томской горнодобывающей компании в течение 2005-2010 годов, позволяют принципиально по-новому оценить возможность и целесообразность освоения Бакчарского месторождения, которое в течение многих лет и десятилетий продолжало считаться нерентабельным.

### **Краткая история геологических исследований 1951-1957 г.г.**

Поисковые работы на железную руду и другие твердые полезные ископаемые в Томской области были начаты одновременно с нефтегазопромышленными работами в Западной Сибири в середине прошлого столетия сразу после обнаружения в нескольких параметрических скважинах на глубинах 150-250 метров мощных песчаных горизонтов, обогащенных железом, марганцем, ванадием, фосфором, редкоземельными примесями. В результате бурения более 55 структурно-поисковых скважин глубиной 300-500 м с полным отбором и исследованием керна вдоль р. Обь и ее главных притоков и нескольких сотен скважин на территориях соседних северных регионов был открыт крупнейший бассейн оолитовых железных руд верхнемелового-нижнепалеогенового возраста с содержанием железа от 30 до 45 %. Общая протяженность этого бассейна составила около 2 тыс. км с севера на юг и около 250 км с запада на восток, а общие ресурсы железной руды содержанием выше 30% оценены в 900 млрд. тонн. Чуть менее половины этих ресурсов (более 390 млрд. тонн) сосредоточены на территории нескольких районов Томской области. По результатам пробуренных в эти годы поисковых скважин выделено несколько железорудных полей с суммарными запасами и ресурсами около 40 млрд. тонн. Наиболее перспективным является Бакчарское месторождение в одноименном административном районе, которое также условно делится на несколько участков, два из них изучены относительно хорошо: западный - собственно Бакчарский и восточный - Полынянский. В результате проведенных технологических испытаний по обогащению валовой

пробы руды в объеме около несколько сотен килограмм, отобранных из керна поисковых скважин, в городе Сталинск (ныне г. Новокузнецк) были получены концентраты с содержанием валового железа 57-59%, а также с использованием местного торфа были получены высокопрочные торфорудные брикеты и проведены опытные плавки чугуна и стали. В 1957 году коллективом «Гипроруда» (г. Ленинград) было выполнено технико-экономическое обоснование освоения этого месторождения, подтвердившее технологическую возможность добычи открытым карьером до 30 млн. тонн железной руды ежегодно и показавшее экономическую целесообразность использования бакчарской руды в качестве сырья для местных сибирских металлургических предприятий. В середине прошлого века (1956-57 г.г.) наиболее существенные полевые поисковые работы по исследованию Бакчарского месторождения, бурению более полусотни колонковых скважин, полным отбором керна и опробованию, аналитическим исследованиям были проведены Томской геологоразведочной экспедицией, по результатам работ которой составлен первый наиболее полный для того времени геологический отчет (авторы А. Бабин и А. Донченко). Из научных организаций наиболее существенные результаты получены коллективом Института горного дела (ИГД СО РАН) во главе с его первым директором Н.А. Чинакалом, а также группой ученых и специалистов Сибирского отделения РАН во главе с главным инициатором бакчарского проекта, доктором г.-м. н. Н.Х.Белоус. По результатам многочисленных исследований в 1964 году была выпущена монография «Западно-Сибирский железорудный бассейн», которой именно в текущем году исполнилось ровно 50 лет и которая до сегодняшнего времени является наиболее полным и актуальным научным трудом и результатом труда целых производственных и научных коллективов на протяжении нескольких десятилетий. Во всех вышеназванных фондовых и опубликованных материалах сделан однозначный вывод об уникальности как всего Западно-Сибирского железорудного бассейна, как редчайшего геолого-экономического объекта общероссийского и планетарного масштаба, так и его наиболее продуктивной части - Бакчарского железорудного месторождения, безусловной необходимости и целесообразности продолжать доразведочные работы и опытно-промышленные испытания с целью его скорейшего промышленного освоения. Однако имевшие на тот момент нерешенные вопросы по якобы особо сложному геологическому строению месторождения (большие глубины залегания железорудных горизонтов, их высокая обводненность, низкое содержание железа в руде, высокое содержание фосфора и других вредных примесей, отсутствие готовых технологий обогащения) и связанные с этими факторами обоснование и выбор технологии разработки и добычи руды, ее обогащения, металлургии, отсутствия инфраструктуры (схемы транспорта, энергетики, социальные проблемы на многие годы и десятилетия отодвинули этот уникальный объект в неоправданно – неопределенный резерв. При этом горно-геологические и технико-экономические показатели многочисленных мелких и средних разрабатываемых на протяжении многих лет железорудных месторождений значительно уступают таковым по Бакчарскому

месторождению, транспортная схема и общая логистика добычи, переработки и использования железорудного сырья не выдерживает никакой критики, а положение российской железорудной отрасли и черной металлургии на внешних рынках, независимо от якобы очень обеспеченной сырьевой базы, остается очень скромным.

### **Краткие итоги поисково-оценочных работ по Бакчару в 2005-2010 г.г.**

Поисково-оценочные и опытно-промышленные работы по добыче, обогащению и металлургии на Бакчарском месторождении были начаты или возобновлены после полувекового перерыва по инициативе Томской горнодобывающей компании - специализированной научно-производственной организации, созданной в 2001 году группой специалистов и ученых при поддержке областной администрации.

В результате этих работ в течение 2005-2010 г.г. на двух перспективных участках выполнена авторская оценка запасов в объеме около 750 млн. тонн категории С2 и ресурсов около 20 млрд. тонн категории Р1, а также с использованием по-настоящему инновационных методов (скважинная гидродобыча СГД), которые являются уникальными даже в мировой практике, добыто около 2 тысяч тонн железной руды.



Рисунок - 1. Добыча «первой тысячи тонн бакчарской руды». Участок восточный-«Полынянский».

ООО НПО «Том ГДК руда», ООО «Том ГРЭ». Сентябрь 2007 г. Фото Паровинчака М.С.

Проведенные по заказу «Том ГДК» предварительные лабораторные химико-аналитические исследования и обогатительно-металлургические испытания в Томске, Новокузнецке, Новосибирске, Москве показали, что из этой руды можно получить высококачественные концентраты, окатыши, брикеты, а также сплавы чугуна, чистого природнолегированного железа,

стали, ферросплавы с высоким содержанием дефицитных попутных компонентов ванадия, марганца, титана, циркония, редкометалльных элементов.

Предметом отдельных исследований является высокое содержание благородных металлов в рудах особых типов на отдельных участках уникального Бакчарско-Колпашевского рудного района, известных только авторам проведенных в 2005-2010 г.г. работ, которые при проведении дополнительных аналитических работ могут поменять местами главные и попутные компоненты и привести к открытию в Томской области месторождения мирового масштаба не только по железу, но и по благородным металлам.

По результатам проведенных Том ГДК в 2005-2010 г.г. работ и исследований, а также с учетом ее участия в многочисленных выставках, конференциях, круглых столах, научно-технических совещаниях на уровне региона, СФО, Роснедра, МПР Бакчарский проект стал одним из основных в утвержденной 05.07.2010 г. Председателем Правительства В.В.Путиным «Стратегии социально-экономического развития Сибири до 2020 года». Согласно этой стратегии предполагается создание в Томской области Бакчарского горно-металлургического комплекса, на котором к 2020 году предусмотрено ежегодное производство 7-10 млн. тонн металлопродукции различного назначения с использованием железной руды одноименного месторождения.

### **Авторская оценка запасов и ресурсов всех типов руд**

Как видно из нижеприведенной таблицы, по результатам проведенных геологоразведочных работ на двух участках Бакчарского месторождения в течение 2005-2010 г.г. была выполнена оценка запасов по категории С2 в объеме около 750 млн. тонн и ресурсов по категории Р1 в объеме 20 млрд. тонн. При этом только около 20-25% запасов и ресурсов этих руд находится в прочном сцементированном кристаллическом состоянии, требующие применения буровзрывных работ и их последующего измельчения, то есть, такие руды возможно разрабатывать только карьерным способом. Остальные 75-80% руды находятся в полурыхлом слабосцементированном и сыпучем состоянии, которые возможно разрабатывать и добывать с использованием скважинных технологий (СГД). Добытая опытно-промышленная проба руды в объеме около 2 тыс. тонн является реальным подтверждением этого предположения. К сожалению, из-за отсутствия утвержденной методики для СГД-технологий по формальным признакам запасы не поставлены на госбаланс, при этом авторская оценка запасов и ресурсов всех типов руд для карьерной технологии по странному решению заказчика не была принята, хотя рекомендации экспертов ГКЗ по этому поводу имеются. Не смотря на то, что на одном из главных участков Бакчарского месторождения пробурено 9 оценочных скважин с плотностью 1200+1200 метров с полным отбором проб из керна через каждый метр железорудной мощности и их всесторонних химико-аналитических исследований, заказчиком поставлена странная задача оценить по категории С2 запасы только рыхлых руд, а все остальные руды при той же

плотности бурения и исследования отнести к ресурсам категории P1. Таким образом, на опытном участке площадью 5,76 км<sup>2</sup> подсчитаны общие запасы железных руд, сосредоточенные в трех основных железорудных горизонтах (бакчарском, колпашевском и нарымском) по категории C2 в объеме 475 млн. тонн, а для постановки на госбаланс рекомендованы заказчиком только запасы в объеме 49 млн. тонн, то есть практически 10% от реально существующих запасов. Естественно, что при необоснованно заниженных в 10 раз объемах запасов для разных вариантов разработки в ТЭО временных разведочных кондиций были получены низкие экономические показатели, что формально стало еще одной причиной неутверждения запасов. Предложения ответственного исполнителя предыдущего контракта и автора настоящей статьи устранить в ТЭО недостатки в соответствии со справедливыми замечаниями экспертов ГКЗ и повторно через 3-4 недели рассмотреть его на пленарном заседании комиссии ГКЗ представителем заказчика были отвергнуты, что практически очередной раз еще на 5 лет отодвинуло вопрос доразведки и опытно-промышленного освоения уникального Бакчарского месторождения. Повторное проведение конкурса Роснедра на этот же геологический объект с полным повторением площади работ и практической копией геолого-технического задания к контракту, но полученный и выполняемый другой неизвестной неспециализированной компанией с ценой контракта, в 3 раза превышающей предыдущий, свидетельствует о том, что причина неутверждения запасов по результатам ранее проведенных в 2006-2009 г.г. работ является не столько методической, сколько коммерческой.

#### БАКЧАРСКОЕ ЖЕЛЕЗОРУДНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

		Запасы и ресурсы ТО			Запасы РФ	
Типы железных руд:		C2	P1	C2+P1	C2+P1+P2	C1
<b>Крепко цемент.-е</b>	млрд. т.	0.10	2.7	2.8	15	100
<b>Слабо цемент.-е</b>	млрд. т.	0.24	10.7	10.9	35	-
<b>Сыпучие (рыхлые)</b>	млрд. т.	0.17	4.0	4.2	25	-
<b>Всего:</b>	млрд. т.	0.51	17.4	17.9	75	100
<b>Попутные компоненты:</b>		млн. т.				
<b>Алюминий (5,5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b>				956.3	1 000	
<b>Марганец (0,25% Mn<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>				43.5	100	
<b>Ванадий (0,14% V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>				24.3	40	

#### Рекомендуемые варианты технологии разработки и добычи

Авторами разработано 5 основных вариантов освоения Бакчарского месторождения, в зависимости от финансовых возможностей компании-недропользователя по принципу «от простого к сложному», каждый из которых является отдельным этапом единого комплексного проекта по выходу этого уникального геолого-экономического объекта от начальной опытно-промышленной разработки до полноценной промышленной эксплуатации и рассчитан на период 15-25 лет. Этот комплекс будет включать в себя начальный участок СГД - добычи в составе 100-150 скважин, мини-ГОК, мини-металлургический завод по производству металлической шихты (слябы, чушки, заготовки, арматурная сталь), которые в течение 7-10 лет за счет модульного

наращивания вырастут до полноценного замкнутого горно- металлургического комплекса годовой производительностью 10-15 млн. тонн высоколиквидной металлопродукции машиностроительного, трубопроводного и специального назначения (высокопрочная сталь, нержавеющая сталь, ферросплавы).

### **1 вариант-этап (СГД – добыча)**

Годовая добыча сырой руды с содержанием железа валового 50% - 1,75 млн. тонн.

Количество СГД-скважин - 100 ед. Производительность 1 скважины- 10 тыс. тонн. Мини-ГОК годовой производительностью 1,75 млн. тонн. Товарная продукция: 1,0 млн. т. окатышей или торфорудных брикетов с содержанием железа не ниже 65 %.

Потенциальные потребители - Западно-Сибирский и Магнитогорский меткомбинаты (ЗСМК и ММК).

### **2 вариант-этап (СГД – добыча)**

Годовая добыча сырой руды 5 млн. т. Количество СГД-скважин-300 ед. Производительность

1 скважины- 10 тыс. тонн. Товарная продукция: 1, 0 млн. тонн окатышей с содержанием железа не ниже 65 %; 1,0 млн. тонн торфорудных брикетов из прямовосстановленного железа с содержанием Fe общ. не менее 65 %. 0,5 млн.т. металлошихты с содержанием железа не ниже 95 %;

Строительство модульного металлургического мини-завода годовой производительностью 2,5 млн. тонн. Потенциальные потребители - металлургические предприятия Урала, Сибири.

### **3 вариант-этап (карьерный)**

Годовая добыча сырой руды с содержанием валового железа 37,5-42,5 % – 10 млн. тонн. Товарная продукция - 2,5 млн. т. металлопроката, 2,5 млн. тонн окатышей и торфорудных брикетов с содержанием железа не менее 65 %.

Переработка руды на месте: (обогащение, брикетирование, металлургия, металлопрокат).

Использование сухой карьерной техники на вскрыше и на добыче, строительство металлургического и металлопрокатного мини - заводов годовой производительности по 2,5 млн. тонн.

### **4 вариант-этап (карьерный)**

Годовая добыча руды-30 млн. тонн. Товарная продукция: 10 млн. тонн руды перерабатывается на 5,0 млн. тонн металлопроката на местных мини-заводах, построенных на месторождении и используется в области (производство труб нефтегазового сортамента).

Из 10 млн. тонн руды производится 5 млн. тонн окатышей и по железной дороге отправляется на меткомбинаты Урала (ММК-2,5 млн. тонн), и Сибири (ЗСМК-2,5 млн. тонн). 10 млн. тонн руды перерабатывается на окатыши, торфобрикеты или металлошихту и экспортируется на внешний рынок стран АТР.

### **5 вариант-этап (комбинированный)**

Годовая добыча 35 млн. тонн (5 млн. тонн - СГД и 30 млн. тонн - карьер). Первые 5 лет добыча руды обеспечивается СГД-скважинами. Далее в течение

25 лет - совмещенная добыча, последние 15 лет добыча карьером оставшихся после СГД запасов.

Товарная продукция, схема переработки, схема транспорта и схема реализации аналогична второму и четвертому вариантам.

### **Примечания**

1. Варианты 3, 4, 5 должны включать строительство железной дороги Бакчар-Пихтовка-Транссиб (275км.), реконструкцию (расширение) существующей автодороги Бакчар-Мельниково (150 км.), строительство угольного энергокомплекса мощностью 750 мВт на Бакчарском железорудном месторождении (на местном торфо-угольном топливе).

2. Варианты 1-2 используют сырьевую базу только рыхлых руд Оценочного участка в объеме 120 млн. тонн. При этом все запасы относятся к одной категории С2, без их разделения на балансовые и забалансовые.

3. Вариант 3, также основывается на сырьевой базе только Оценочного участка, но используются запасы всех типов руд, которые составляют 441 млн. тонн, (при пересчете запасов на бортовое содержание 18 % это значение составит около 550 млн. тонн)

4. Варианты 3, 4 используют запасы всех типов руд Оценочного участка и ресурсы трех участков аналогичной площади и геологического строения, примыкающих к Оценочному, с общим объемом ресурсов около 1,75-2,0 млрд. тонн. Предполагается, что одновременно с началом реализации первого варианта будут продолжены геологоразведочные работы на соседних примыкающих участках и перевод ресурсов Р1 в полупромышленные категории С2, а запасы С2 Оценочного участка – в промышленные категории С1 и В.

### **5. Вариант 5 (авторский)**

Позволит максимально использовать преимущества СГД: относительно малые затраты средств и времени на добычу из-за отсутствия вскрышных работ, получение товарной продукции и начало реинвестиций в первые 1-2 года; безопасное ведение работ из-за отсутствия людей в горных выработках, минимальное воздействие на окружающую природную среду.

В то же время одновременное и последующее использование карьерного способа разработки и добычи после отработки части запасов СГД - методом позволит устранить также и главные недостатки СГД метода:

- низкий коэффициент извлечения руды (не более 25-30 %);
- добыча руды только с низкими физико-прочностными характеристиками (сыпучие, рыхлые и слабосцементированные руды);
- полная выработка руды в межскважинном пространстве и обеспечение конечной степени выработки всех запасов 95-97,5%.

Предварительно рентабельными предполагаются все варианты, реализуемыми последовательно по мере их освоения, хотя, в зависимости от ситуации на рынке железорудного сырья и металлургии и инвестиционных возможностей недропользователя, возможны варианты ускоренной их реализации.



## Предварительные ТЭП бакчарского проекта

Приведенные предварительные технико-экономические показатели (ТЭП) реализации Бакчарского горно-металлургического комплекса, выполненные специалистами Том ГДК еще в 2005 году, подтвержденные позже в 2007 году группой австралийских и британских экспертов, показывают безусловную высокую экономическую рентабельность и огромную социальную важность для региона этого уникального проекта. Количество рабочих мест только в основном добывающем и перерабатывающем производстве может достигать 125 тыс., а вместе с сервисными и вспомогательными службами это количество может удвоиться и даже утроиться. Налоги НДС за один год будут достигать 292 млн. долларов, при этом более половины из них будут (60%) будут оставаться в областном бюджете.

### ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БАКЧАРСКОГО ПРОЕКТА

Запасы кат.	C <sub>2</sub>	млн. тонн	475
Ресурсы кат.	P <sub>1</sub>	млрд. тонн	17,4
Инвестиции в доразведку	за 2 года	млн. руб.	250
Инвестиции в добычу и переработку	за 10 лет	млн. долл. США	5 000
Инвестиции в инфраструктуру	за 10 лет	млн. долл. США	15 000
Добыча руды	за 1 год	млн. тонн	50
Производство ЖРС, (65%-концентрат, брикеты, слябы)	за 1 год	млн. тонн	5
Производство металлопроката	за 1 год	млн. тонн	15
Налоги областного бюджета (ОБ)	за 1 год	млн. долл. США	292
Рентабельность		%	17,5
Окупаемость		лет	7,5
Количество новых рабочих мест		тыс. чел.	125
Средняя зарплата		тыс. руб./мес.	75

## Заключение

Авторы считают проект по созданию Бакчарского горно-металлургического комплекса, позволяющего к 2020 году обеспечить ежегодно производство около 10 млн. тонн высококачественной и ликвидной металлопродукции различного назначения, самым актуальным и социально важным проектом Томской области на ближайшие десятилетия.

Результаты выполненных в 2005-2010 годах Томской горнодобывающей компанией работ и исследований позволяют решить большинство ранее существующих геотехнологических проблем промышленного освоения Бакчарского месторождения в части выбора способов разработки и добычи руды, ее переработки и обогащения, современных металлургических технологий.

Рекомендованный авторами комбинированный способ разработки и добычи Бакчарского месторождения, сочетающий первоначальную скважинную добычу, совмещенную с последующей карьерной технологией, обеспечит устранение недостатков каждой из них по-отдельности и позволит получить максимальный конечный положительный результат: сокращение сроков строительства добывающей и перерабатывающей инфраструктуры, минимизация капитальных вложений и удешевление проекта, ускорение максимального извлечения всех запасов, минимального влияния на

окружающую природную среду.

Реализация Бакчарского проекта позволит принципиально изменить логистику поставок железорудного сырья на металлургические предприятия Урала и Западной Сибири, существенно снизить загруженность Транссибирской железной магистрали, высвободить значительное количество руды северо-западных регионов и откроет новые экспортные возможности горнодобывающих и металлургических компаний европейской части страны.

Замедление работ по постановке на государственный баланс запасов железной руды Бакчарского месторождения и его дальнейшего промышленного освоения в течение последних 5 лет является причиной существенных потерь областного и федерального бюджетов в виде недополученных налогов и нереа

Если вопрос постановки на госбаланс запасов Бакчарского железорудного месторождения несколько лет назад был абсурдно назван некоторыми федеральными структурами источником ущерба экономическим интересам страны, то уже в ближайшее время именно длительное неосвоение под разными предложениями этого уникального горнопромышленного и геолого-экономического объекта будет признано действительным ущербом интересам всего сибирского региона.

Целесообразно дополнительно, с учетом замечаний и рекомендаций экспертной комиссии ГКЗ, рассмотреть вариант повторной экспертизы запасов Бакчарского железорудного месторождения и постановки их в 2014 году на государственный баланс с целью ускорения начала проектирования разработки, добычи и строительства на нем производственной (добывающей, обогатительной, металлургической), транспортной, энергетической и социальной инфраструктуры.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авторский коллектив под общей редакцией Н.Х.Белоус. Западно-Сибирский железорудный бассейн.

СО РАН СССР, Новосибирск, 1964 г.

2. М.С.Паровинчак. Журнал «Маркшейдерия и недропользование». Томская область-потенциальный железорудный район азиатской части России. Москва, 2006 г.

3. Авторский коллектив под общей редакцией В.Г.Емешева, А.В.Комарова, М.С.Паровинчака.

*Материалы Круглого стола в администрации Томской области: Проблемы и перспективы освоения Бакчарского железорудного, Георгиевского титан-циркониевого, Таловского бурогоугольного месторождений. Томск, 2006 г.*

*С.Н. Харламов, С.И. Сильвестров, В.В. Зайковский, Е.В. Николаев*

**О ПРОБЛЕМАХ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА ИМПУЛЬСА, ТЕПЛА И МАССЫ В  
УГЛЕВОДОРОДНЫХ ВЯЗКИХ СРЕДАХ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОГО  
ДВИЖЕНИЯ И ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ТРУБОПРОВОДАХ**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Институт природных ресурсов, г. Томск*

**Введение**

В последние годы наблюдается значительный прогресс в исследованиях проблем гидро- и газодинамики, сопряженного тепломассопереноса, осложнённых комплексными динамическими, упругими и пластическими, тепловыми и силовыми факторами из-за реакции стенки трубопровода на деформации в грунте, транспортируемом продукте в условиях: перепада температур и неустойчивости режимов течений; фазовых изменений в грунте и рабочем теле; специфической реологии смесей и прокладке трубопроводов, а также изменений климатических факторов. Анализ современных методов нефтегазовых исследований указанных проблем показывает [1-3], что рост добычи нефти и увеличение объема ее транспортировки, переработки в топливный баланс сопровождается более частым использованием углеводородных систем с высоким содержанием парафина. Это ставит перед транспортными организациями весьма сложную проблему поиска путей интенсификации процессов переноса, а также обеспечения своевременной и бесперебойной доставки нефтепродуктов, природного сырья и нефти к местам переработки и потребления. Видно, что для обеспечения эффективных режимов перекачки сырья необходимы: детальный анализ особенностей, которые сопровождают динамику всей термодинамической системы “рабочее тело - стенка – внешняя среда”, а также совершенствование существующего оборудования; разработка новых технологий комплексного теплового и гидравлического расчетов трубопроводов, подготовки нефтей к транспортировке, эксплуатации самих трубопроводов и насосных станций. Хорошо известно [3, 4], что, несмотря на внешнюю конструктивную простоту, магистральные трубопроводы (МТ) принципиально отличаются от других объектов и сооружений топливно-энергетического комплекса (ТЭК) любой экономически развитой страны наличием в его составляющих, элементах, узлах и соединениях сложной схемы действующих силовых факторов. Включение в состав МТ разнообразных по структуре и назначению объектов способно обострять процессы переноса в местах соединений, неоднозначно распределять нагрузки на стенку и приповерхностный слой грунта. Все это повышает внимание к вопросам многомасштабного и многопараметрического прогноза процессов в узлах и секциях трубопровода, требует детального анализа картины изменений параметров, определяющих напряженно-деформируемое

состояния (НДС) стенки, процессы в окружающей внешней среде. Последнее представляется весьма ценным для практики из-за сложности осмотра и приборного освидетельствования трубопроводов в условиях эксплуатации и увеличения вероятности возникновения отказов при неблагоприятных внешних условиях [5]. Также весьма важно установить адекватность поведения трубопровода под действием эксплуатационных и внешних воздействий по принятой расчётной схеме и рекомендуемым нормативным документам по надёжности МТ. В силу вышесказанного видно, что вопросы корректного прогноза процессов в линейной части трубопроводов в рамках физико-математического и численного моделирования становятся **актуальными** как с прикладной, так и с фундаментальной точек зрения на всех этапах проектирования, сооружения и эксплуатации трубопроводных систем при неблагоприятных климатических условиях. Вполне понятны проблемы, с которыми сталкиваются специалисты при моделировании систем со специфической реологией, например, высокопарафинистых высокозастывающих нефтей. Ведь они часто теряют свои обычные свойства жидкостей в режимных теплодиффузионных процессах и генерируют эффекты образования структур потока с неньютоновской реологией. Изменения в реологии обусловлены влиянием внешних сил, интенсификацией тепловых деформаций в системе. Необходимость учета этих процессов в нефтях с аномальными свойствами существенно усложняет задачу и вносит дополнительные проблемы для замыканий математических моделей. Это нетривиальные задачи, усложняющие комплексный расчет трубопровода. Аномальные свойства транспортируемых жидкостей и газов с твердой фракцией придают известную специфику функционирования оборудования и эксплуатации трубопроводов при перекачке как гомогенных, так и гетерогенных сред [6]. Вследствие выраженных изменений в вязкости, температуропроводности, диффузионности и т.д. с изменением температуры, состава, необходимости учета высокой температуры застывания смесей трубопроводный транспорт многокомпонентных и многофазных сред, например, высокопарафинистых нефтей, представляет собой весьма сложный процесс взаимозависимых механизмов переноса импульса, тепла и массы. Фокусируясь в данном исследовании на проблемах выбора рациональной технологии и способа транспорта вязкой среды с учетом ее реологических особенностей отметим, что решение рассматриваемой задачи будет требовать анализа деталей прогноза локальных и интегральных параметров процессов переноса тепла, массы и импульса, а также уяснения механизмов снижения гидравлического сопротивления и повышение производительности трубопровода за счет улучшения реологических свойств перекачиваемых нефтей и нефтепродуктов. В таких условиях видно, что инженерные приложения решений будут требовать дальнейших исследований структуры и свойств флюида, разработки специальных методик управления трубопроводным транспортом, обоснования выбора оптимальных параметров течения и режимов транспортировки. Все это составляет серьезную проблему для технико-экономического анализа вопросов переноса импульса, тепла и

массы, деформаций в открытых термодинамических системах в режимах неустойчивости, обусловленной переходами вихревой и тепловой природы, иррегулярностью, нестационарностью и неоднородностью распределений аэро-гидро- и термодинамических и скалярных характеристик в сложных сдвиговых гомогенных и гетерогенных течениях смесей жидкостей и газов. Заметим, что в данном контексте, ориентируясь на приложения решений, весьма востребованными представляются инженерные модели RANS-метода, включающие транспортные дифференциальные уравнения для прогноза турбулентного тепломассопереноса с  $(k\varepsilon)$ -,  $(k\tau)$ -,  $(k\omega)$ -,  $(kL)$ -,  $(\overline{\theta'^2})$ -,  $(\varepsilon_\theta)$ - параметрами локальных свойств турбулентности [7]. Детали их формулировок при записи выражений для расчета эффективных коэффициентов вязкости, теплопроводности, диффузионности достаточно полно представлены, например, в [8, 9].

Учитывая сказанное в настоящей работе поставлена **цель**: (i) разработать относительно универсальный метод расчёта термо-, гидро- и газодинамических и концентрационных параметров, а также теплофизических свойств углеводородных вязких сред при их транспортировке по трубопроводам (ТП) с произвольной формой поверхности стенки; (ii) численно исследовать закономерности гидро- и газодинамики и сопряженного тепломассообмена при сложном сдвиговом течении гомогенных сред по ТП в условиях, обусловленных переменностью границ области движения, тепловыми деформациями во внешней среде, стенке и транспортируемом потоке в рамках популярного в приложениях RANS-метода моделирования турбулентности и “нежестких” к возмущениям дифференциальных моделей молярного переноса импульса (k-L) или (k- $\tau$ ) и скаляра  $(\overline{\theta'^2} - \varepsilon_\theta)$  (тепла и массы); (iii) дать рекомендации о возможностях моделей, перспективам прогноза и управления интенсивностью и протяженностью вихрей в энергонапряженных зонах всей рассматриваемой термодинамической системы. **Универсальность подхода** диктуется необходимостью: 1) учёта всех физически важных факторов, определяющих течение капельных и газообразных сплошных сред в трубах с включением полного спектра масштабов течения, обусловленных изменениями в гидро- и газодинамике (например, из-за неравномерности потребления, устойчивости и переходности режимов в развивающихся течениях, нестационарности теплообмена со стенкой и окружающей внешней средой; 2) привлечения к описанию процессов переноса в вязких средах полной физико-математической модели, учитывающей: однородность (неоднородность) состава; специфику изменения реологических свойств (ньютоновский/неньютоновский характер связи напряжений со скоростями деформаций); установившийся (развивающийся) характер ламинарного (турбулентного) потока; стационарный (нестационарный) тепло- и массообмен в потоке и внешней среде; изотропность (анизотропность) турбулентной структуры; детальность прогноза и точность расчёта изменений тепло-, гидро- и газодинамической и концентрационной картины; экономичность средств численной реализации модели.

## Физико- математическая модель задачи

Модель анализа процессов переноса в сложной термодинамической системе строится с привлечением теоретических методов статистической, молекулярно-кинетической теорий жидкости и газов, турбулентности, равновесной и неравновесной термодинамики, химической кинетики, сопротивления и теплопередачи. В рамках экспериментальных методов (в разделах механики сплошных сред, динамики и теплообмена) предполагается получение констант рассматриваемых физических явлений с учетом: закрутки потока на входе в ТП (способом вращающейся стенки); специфики режимов гидродинамики и теплообмена, ориентированных на построение и формулировку уравнения состояния реологически сложных углеводородных сред в условиях широкого диапазона изменения характерных параметров. Таких, как температура, давление, вектор скорости, изменений в составе однофазного или двухфазного потока, наличия фактора сжимаемости (или несжимаемости) в ламинарном и турбулентном вязкостно-инерционном и вязкостно-инерционно-гравитационном течениях.

Кроме того, при анализе проблем НДС ТП в модели сопряженных процессов “динамика- деформации” предполагается, что размещение трубопровода производится в части местности со сложным рельефом при специфических (пониженных) температурах окружающей среды и грунта. Причем в отдельных областях окружающего грунта вследствие его неоднородности, особенностей уплотнения под трубопроводом, существуют зоны повышенного внешнего давления. Размеры областей выраженного изменения давления и утрамбованного приповерхностного слоя под основание трубопровода иллюстрируют данные рис. 1, 2.

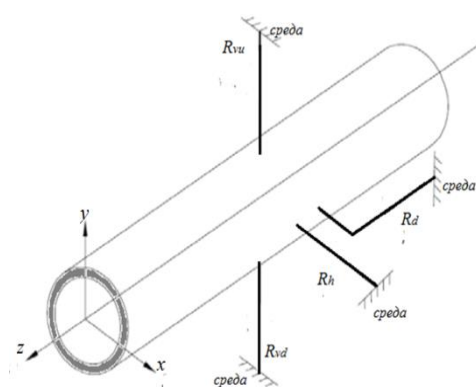
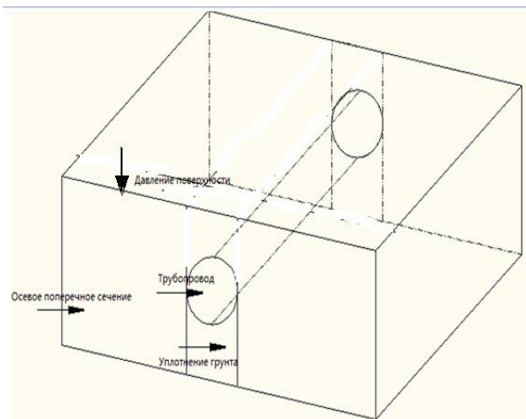


Рисунок - 1. Область моделирования нагрузок в системе “трубопровод - внешняя среда” при ориентации объекта согласно координатам (см. рис.2).

Рисунок - 2. Схема модели участка трассы подземного МТ со связями конечной жесткости. Здесь обозначено:  $R_d$ - жесткая связь в осевом направлении;  $R_h$  – соответствующая связь в радиальном направлении;  $R_{vu}$ ,  $R_{vd}$ – соответствующие связи в азимутальном(верх, низ) направлениях

Из схемы области исследования видно, что неоднородные нагрузки на ТП могут быть локализованы в приповерхностном слое длиной порядка (1-50) D.

При моделировании распределения нагрузок в системе “трубопровод - внешняя среда” учитывается пространственный характер деформационных процессов, который выполняется в рамках “стержневой” модели [1-4] сплошной среды для стенки и массива грунта. Причем связи конечной жесткости устанавливаются в каждом узле системы по трем взаимно перпендикулярным направлениям. В таких условиях для детального построения модели тепло- и гидродинамических процессов в работе привлекаются данные об изменениях полей: скорости, напряжений, давлений и температуры в потоке и стенке ТП в плотных и разряженных вязких средах (жидкости и газе) на экспериментальных установках оборудования МНОЛ “Нефтегазовая гидродинамика и теплообмен”, каф. ТХНГ ИПР НИ ТПУ в условиях вязкостно-инерционно-гравитационных течений [10].

Заметим, что в рамках рассматриваемых задач о течении и теплообмене в углеводородных средах возникают типичные проблемы моделирования изменений структуры (динамической, тепловой и концентрационной), которые в силу высокой нелинейности приводят к необходимости их описания:

- 1) прямыми и обратными задачами гидродинамики и теплообмена в гомогенных и гетерогенных системах;
- 2) ньютоновскими и неньютоновскими реологическими моделями;
- 3) моделями с изотропными и анизотропными коэффициентами переноса (вязкостью, температуропроводностью, диффузионностью) в турбулентных режимах;
- 4) подходами для плотных и разряженных сред.

Каждое из указанных направлений исследования нетривиально и характеризуется необходимостью последовательного изучения следующих дополнительных задач. Так, *прямая задача* состоит в определении гидродинамики, теплообмена в условиях течения, описываемых известными заданными дифференциальными уравнениями в рамках законов сохранения массы, импульса и энергии, дополненными экспериментально и теоретически сформулированным уравнением состояния –  $\Phi(P, T, \rho) \equiv 0$ .

В таком подходе имеем дело с установлением связи для коэффициентов переноса типа:

$$D_i, a, \nu, \mu, \rho = f_{ki}(P, T, c_i, \bar{\nu}, \xi, Nu, Sh). \quad (1)$$

Обозначения общепринятые. Здесь  $k$  - номер функциональной связи,  $i$  - значение компоненты,  $\zeta$ ,  $Nu$ ,  $Sh$  – соответственно интегральные параметры задачи – гидравлическое сопротивление, критерии Нуссельта и Шервуда. Заметим, что соотношение (1) может составить предмет для решения *обратных коэффициентных* задач. Как известно, они предназначены для получения дополнительной информации к замыканию математической модели о: 1) динамических, теплообменных граничных условиях и коэффициентах переноса (например:  $\rho$ ,  $\mu$ ,  $\nu$ ,  $a$ ,  $c_p$ ,  $c_v, D_{ij}$  – теплофизических свойствах рабочей среды) для параметров системы с дифференциальными уравнениями баланса массы, импульса, энергии и состояния; 2) деталях

изменения влияния внешних инерционных, электромагнитных сил, внутрифазных и межфазных процессов, например, на границе раздела сложной термодинамической системы “жидкость-газ-стенка-внешняя среда”. Следует отметить, что в использовании данного подхода не исключены трудности учета нестационарных эффектов в процессах переноса. Это требует дополнительного анализа и постановки опытов для решения не только *обратных коэффициентных*, но и *обратных ретроспективных* задач. Суть последних - в нахождении распределений  $\vec{v}, T, P, c_j$  в предыдущие моменты времени. Таким образом, для определения теплофизических свойств по (1) необходимо привлекать достоверную информацию о параметрах трубопроводных систем, таких как: коэффициенты  $\alpha(Nu), \beta(Sh), \partial P / \partial x(\zeta)$ , входящих в эмпирические законы по сопротивлению (например, Дарси-Вейсбаха, Стокса, Блазиуса, Никурадзе и т.д.); теплообмену (Ньютона-Рихмана, Кейса-Кроуссольда, Диттуса-Бёлтера и т.д.); массообмену (Джиллилаида-Шервуда и т.д.). Причем точность этой информации должна быть не ниже точности гидро-, газо- и термодинамических расчётов в рамках выбранной физико-математической модели.

В настоящее время вполне успешно исследованы и сформулированы пути преодоления проблем решения *некорректных* обратных задач [11]. Здесь можно отметить следующее.

(i) Введение в расчёты заключений об упрощениях содержания физико-математической модели. Однако, следует помнить, что такая модель будет приблизительно прогнозировать реальный процесс. Поэтому в данном подходе теоретически (или экспериментально) следует строить решение в явном виде для свойств:  $\rho, \mu, \nu, a, c_p, c_v, D_i = f_{ki}(\dots)$ . При этом все неизвестные в модели следует искать из упрощённых (например, алгебраических) уравнений.

(ii) При задании теплофизических свойств распределений  $\vec{V}, T, P, c_j$ , точность определения искомых параметров ( $\vec{V}, T, \rho$ ) будет ниже точности прямых расчётов.

Другие проблемы при формулировке (1) можно отнести к анализу ньютоновских и неньютоновских сред [12].

Дополнительные проблемы при формулировке свойств будут касаться вопросов и анализа перспектив моделирования турбулентности, формулировки скалярных значений молярных коэффициентов переноса  $\mu, \nu, D_i$ . Эти вопросы детально изложены, например, в [7-10].

(iii) Наконец, часть проблем при замыкании системы определяющих уравнений будет определяться задачами исследования процессов переноса в плотных и разряжённых газожидкостных системах. Они могут быть разрешены с рамках привлечения идей статистического метода анализа физических явлений и необходимостью включения “тонкой информации” о деталях процессов на молекулярном уровне. В данном подходе выражения для теплофизических свойств (макропараметры) формулируются по микроскопическим характеристикам структуры вещества, с учетом



особенностей задания межмолекулярных силы. Детали такого подхода следуют из статистической механики [13]. Целесообразность указанного подхода весьма высока при необходимости построения решений о переносе в мелкомасштабном спектре, где весьма проявляются неравновесные и равновесные свойства в среде. Такие эффекты предсказываются включением в модель законов межмолекулярных сил, например, Леннарда-Джонса (12-6) [8, 13].

### **Проблемы комплексного моделирования процессов транспорта плотных и разряженных жидкостей и газов:**

При формулировке математической модели комплексных сопряженных процессов переноса и НДС ТП (замечания к рис. 1,2) полезны следующие высказывания, касающиеся упрощения физики модели. Так предполагается, что имеют место течения слабо- и умеренно сжимаемых капельных и газообразных сплошных сред. Режимы течения отвечают развивающимся нестационарным химически однородным системам с ньютоновским и неньютоновским характером связи напряжений со скоростями деформаций в поле действия внешних (инерционных, гравитационных, электромагнитных) сил. Так, входящий в ТП поток способен реагировать на действие инерционных сил (вращения среды по закону твёрдого тела или методом подвижной стенки). При высоких скоростях течения при  $M > 0.3$  проявляется действие вязких диссипативных эффектов.

Система определяющих уравнений включает уравнения законов сохранения: массы (неразрывности – для смеси в целом, индивидуальной компоненты смеси –  $i = 1, N-1$ ); импульса (движения, полные уравнения Навье-Стокса), энергии (уравнение для транспортируемой среды, Фурье-Остроградского) и теплопроводности (для стенки, уравнение Фурье), термоупругости (уравнения Дюгамеля-Неймана) которые в своей полной форме имеют вид [8, 13, 14]:

$$\frac{D\rho}{Dt} + \rho \operatorname{div} \vec{v} = 0, \quad \frac{Dc_i}{Dt} = \operatorname{div}(D_i \operatorname{grad} c_i) + S_i, \quad (2)$$

$$\frac{D\vec{v}}{Dt} = \operatorname{DIV} \vec{\tau} + \vec{F} \quad (3)$$

$$\frac{DT}{Dt} = \operatorname{div}(a \operatorname{grad} T) + S_T \quad (4)$$

$$\frac{\partial T_w}{\partial t} = \operatorname{div}(a_w \operatorname{grad} T_w) \quad (5)$$

$$(\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial x_j} + \mu \Delta u_j + \rho_w (F_j - \frac{\partial^2 u_j}{\partial t^2}) - \beta \frac{\partial T_w}{\partial x_j} = 0 \quad (6)$$

Как отмечалось выше, обозначения в (2) – (6) общепринятые:  $\rho$  – плотность среды,  $\vec{V}$  - вектор скорости потока,  $\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \nabla) \equiv \frac{\partial}{\partial t} + U_j \frac{\partial}{\partial x_j}$  - полная (субстанциональная) производная,  $T, T_w$  - температуры среды и температура стенки ТП соответственно,  $a = \frac{\lambda}{\rho c_p}, a_w = \frac{\lambda_w}{\rho_w c_w}$  - коэффициенты температуропроводности среды и стенки ТП соответственно,

$$S_T = q_v - \frac{T}{\rho} \left( \frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_p \frac{Dp}{Dt} + \Phi_v, \Phi_v = \sum_{i=1}^3 \bar{\tau}_i \frac{\partial \vec{V}}{\partial x_i} \cdot \beta = \frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_p. \quad (7)$$

Здесь:  $S_T$  – объемный источник тепла;  $q_v$  – мощность внутренних источников тепла (количество тепла, выделяемого источниками в единицу времени в единице объема в результате возможного ввода энергии химических связей);  $\Phi_v$  - диссипативная функция Рэля;  $\beta$  - коэффициент объемного расширения.

Замыкание системы (2) – (6) осуществляется с привлечением модельных связей для реологии среды. Так, тензор вязких напряжений  $\vec{\tau}$  согласно представленным допущениям имеет вид:

(i) для ньютоновских сред:

$$\tau_{ik} = -p\delta_{ik} + 2\mu \dot{S}_{ik} + (\zeta + \mu^*) \text{div} \vec{v} \cdot \delta_{ik}, \quad (8)$$

$\mu$ - коэффициент вязкости,  $\mu^* = -\frac{2}{3}\mu$ , - коэффициент второй вязкости,  $\zeta$  – коэффициент объемной вязкости

Заметим также, что в записи уравнения Дюгамеля-Неймана (6) принято [14]:  $\lambda, \mu$  - упругие постоянные Лямэ в обобщенном законе Гука для изотропного тела;  $E = [\mu(3\lambda+2\mu)/(\lambda+\mu)]$  – модуль упругости,  $\nu = \lambda/(2(\lambda+\mu))$  – коэффициент Пуассона;  $\beta = (3\lambda+2\mu)\alpha$ ,  $\alpha$  – коэффициент линейного теплового расширения;  $\theta$ – объемная деформация -  $\theta = \text{div} \vec{u}$ ,  $u_j$ - перемещения (неизвестные в решении задачи термоупругости).

(ii) для неньютоновских систем  $\vec{\tau}$  отвечает случаю течений нелинейно-вязкопластических жидкостей и представляется 3-х константной моделью:

$$\tau_{ik} = -p\delta_{ik} + 2 \left[ \frac{\tau_0(T)}{h} + k(T)h^{\frac{1}{m-1}} \right] \dot{S}_{ik}, \dot{S}_{ik} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_k} + \frac{\partial u_k}{\partial x_i} \right). \quad (9)$$

Заметим, что в рамках переменных  $(t, x, r)$ , отвечающих случаю осесимметричного течения, компоненты девиаторной части тензора  $(\vec{\tau})$  с квазиньютоновской вязкостью ( $\mu^q$ ) имеют вид, согласно (7):

$$\tau_{xx}^d = 2\mu^q \frac{\partial u}{\partial x}; \tau_{rr}^q = 2\mu^q \frac{\partial v}{\partial r}; \tau_{xr}^d = \mu^q \left( \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial v}{\partial x} \right), \mu^q = \frac{\tau_0(T)}{h} + k(T)h^{\frac{1}{m-1}}. \quad (10)$$

Заметим, что  $\mu^*$  будет существенна в процессах, в которых время релаксации велико по сравнению с характерным гидродинамическим временем движения среды

$$\tau_{20} = \frac{L}{U}. \quad (11)$$

Формулировка теплофизических свойств выполнена в рамках статистического метода [8,13]. Здесь

$$\mu_i = 266,93 \cdot 10^{-7} \frac{\sqrt{M_i T}}{\sigma_i \Omega_i^{(2.2)*}(T_i^*)}, \quad (12)$$

где  $[\mu_i] = \frac{\rho}{\text{см} \cdot \text{с}}$  - динамическая вязкость  $i$ -й компоненты (частицы, молекулы).

$$\mu = \sum_{i=1}^N \mu_i \left( 1 + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^N G_{ik} \frac{x_k}{x_i} \right)^{-1} - \text{динамическая вязкость смеси.} \quad (13)$$

$$x_i = \frac{c_i}{M_i} \left( \sum_{i=1}^N \frac{c_i}{M_i} \right)^{-1} - \text{мольная концентрация } i\text{-й компоненты.} \quad (14)$$

$$G_{ik} = \frac{\left[ 1 + \left( \frac{\mu_i}{\mu_k} \right)^{0,5} \cdot \left( \frac{M_k}{M_i} \right)^{0,25} \right]^2}{2 \sqrt{2 \left[ 1 + \left( \frac{M_i}{M_k} \right) \right]^{0,5}}} - \text{поправочные коэффициенты.} \quad (15)$$

$M_i$  – молекулярный вес  $i$ -й компоненты;  $\sigma_i$  - диаметр столкновений;

$T_i^* = \frac{k}{\varepsilon_i} T$  - характеристическая температура,  $[\sigma_i]$ , Å;

$\frac{\varepsilon_i}{k}$  - параметр потенциальной функции сил межмолекулярного взаимодействия;

$\Omega_i^{(2.2)} = 1,157 T_i^{*-0,1472}$  - интеграл соударений для переноса импульса;

$\Omega_i^{(1.1)*} = 1,074 T_i^{*-0,1604}$  - интеграл соударений переноса массы.

$$\lambda_i = \frac{15}{4} \cdot \frac{R_0}{M_i} \cdot \mu; [\lambda_i] = \text{кал}/(\text{см} \cdot \text{с} \cdot \text{град}) \quad (16)$$

$R_0$  – универсальная газовая постоянная для смеси.

$$\lambda = \sum \lambda_i^1 \left( 1 + 1,065 \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^N G_{ik}^1 \frac{x_k}{x_i} \right)^{-1}, \quad (17)$$

$$\lambda_i^1 = \lambda_i \cdot E_u, \quad E_u = 0,115 + \frac{0,354}{R_i}, \quad R_i = \frac{R_0}{M_i}, \quad (18)$$

$$G_{ik}^1 = \frac{\left[ 1 + \left( \frac{\lambda_i}{\lambda_k} \right)^{0,5} \left( \frac{M_i}{M_k} \right)^{0,25} \right]^2}{2\sqrt{2} \left[ 1 + \left( \frac{M_i}{M_k} \right) \right]^{0,5}}, \quad (19)$$

$$D_i = \frac{\left( \frac{1}{M} - \frac{c_i}{M_i} \right)}{\sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^N \frac{c_k}{M_k D_{ki}}}, \quad D_{ij} = 262,8 \cdot 10^{-5} \frac{\sqrt{T^3 \frac{(M_i + M_j)}{(2M_i M_j)}}}{P \Omega_i^{(1,1)*} (T_{ij}^*) \sigma_{ij}}; \quad (20)$$

$$[D_{ij}] \approx \text{см}^2/\text{с}^2; \quad \sigma_{ij} = \frac{\sigma_i + \sigma_j}{2}; \quad \varepsilon_{ij} = \sqrt{\varepsilon_i \cdot \varepsilon_j}; \quad (21)$$

$$C_{P_f} = \sum_{i=1}^N c_i C_{P_i}; \quad (22)$$

$$\rho = \sum_{i=1}^N \rho_i, \quad c_i = \frac{\rho_i}{\rho}. \quad (23)$$

### Уравнение состояния

Для однозначного определения решения уравнений (2)-(6) и нахождения  $\rho = F(P, T, \vec{c}_b, \vec{v}, T_w)$  необходимо привлечь 2 уравнения, связывающие параметры потока. Из термодинамики известно, что из 4-х термодинамических величин ( $P, \rho, T, \varepsilon$ ) только две независимые: ( $V, S$ ):

$$\varepsilon = \varepsilon(V, S), \quad T = \left( \frac{\partial \varepsilon}{\partial S} \right)_V, \quad P = - \left( \frac{\partial \varepsilon}{\partial V} \right)_S, \quad V = \frac{1}{\rho}.$$

Для замыкания системы определяющих уравнений (2) - (23) достаточно одного заданного термодинамического потенциала -  $\varepsilon = \varepsilon(V, S)$ . Заметим, что это имеет смысл при известном  $\rho$ . Однако, в нашей задаче  $\rho$ - искомая функция, поэтому для анализа процессов в потоках реальных вязких сред (плотных, разреженных жидкостей, газов) имеем дело с: калорическим уравнением состояния -  $\varepsilon = \varepsilon(P, V)$  или при  $h = h(P, T)$  - термическим уравнением состояния, где  $P = P(V, T)$ .

Для природного сырья имеем дело с термическим уравнением вида:

$$PV = z(PT), \quad (24)$$

где  $R = \frac{R_0}{M}$  - приведённая газовая постоянная;  $z$  - коэффициент сжимаемости определяется экспериментально, как связь

$$z = z \left( \frac{P}{P_{кр}}, \frac{T}{T_{кр}} \right); \quad \varepsilon = h - PV, \quad \varepsilon = \int_{T_0}^T C_{p0} dT + \int_{P_0}^P \left[ V - T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right) \right] dp - PV. \quad (25)$$

Здесь:  $h = \sum_{i=1}^N c_i h_i$  - энтальпия смеси.,  $h_i = \int_{T_0}^T C_{p_i} dT + h_0^i$ , где  $h_0^i$  - энтальпия  $i$ -го компонента;  $C_p = \left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_p$ ,  $C_v = \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial T}\right)_v$ . Заметим, что в рамках выбранных допущений  $C_p > C_v$ ,  $c_i = \frac{\rho_i}{\rho}$  - относительная массовая концентрация.

### Особенности формулировки определяющих уравнений математической модели при рассмотрении физически однородных жидкостей и газов, составляющих природное сырье

Если допустить, что:

- 1) в давлении  $P = P_0 + P_1$ , величина статического давления  $P_0$ , отвечающая некоторым характерным значениям  $\rho$ ,  $T$  среды и слабom влиянии внешних сил  $\vec{F}$ , малая величина, имеем  $P_1 \gg P_0$ . Здесь  $P_1$  - гидродинамическое давление, возникающее при движении среды.
- 2) среда близка к свойствам идеального слабосжимаемого газа и  $a^2 = \left(\frac{\partial P}{\partial \rho}\right)_s$  есть большая, но конечная величина. Заметим, что часто ее значение в анализе сложных систем требует экспериментального анализа;
- 3) среда - реальная вязкая жидкость (газ) с уравнением вида  $PV = zRT$ ,

то для обеспечения корректности постановки задачи Коши о единственности и существовании решения уравнений (2) - (6) необходимо выполнение условий на гиперболичность уравнений газовой динамики [15]:

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_s &< 0 & (1) \\ \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_s \left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_v + \left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_v \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_s &< 0 & (2) \\ \left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_v &> 0 & (3) \end{aligned} \right\} (26)$$

Условия (26.1) выполняется при:

$$\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_s = \left(\frac{C_p}{C_v}\right) \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T^{-1}, \text{ т.к. } \frac{C_p}{C_v} > 0 \Rightarrow \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T = V \frac{\left(P \frac{\partial z}{\partial P} - z\right)}{zP} < 0, \text{ т.е. } z_1 = z - P \frac{\partial z}{\partial P} > 0. (27)$$

Условие (26.2) (опуская выкладки) сводится к

$$\left(\frac{T}{C_v}\right) \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T^{-1} < 0. (28)$$

При этом условие (26.3) сводиться к

$$\left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_v = \frac{T}{C_v}. (29)$$

Таким образом, имеем важное заключение при формулировке модели: условия (26) – корректность задачи Коши и решения нашей задачи о течении реальных жидкостей в ТП с уравнением состояния типа  $PV=zRT$ . Это выполняется при (27) с условием  $z_1 > 0$ . Заметим также, в данных проблемах целесообразно обращение к графику  $Z = Z(P, T)$  для природных газов (слабожимаемых сред), построенного Брауном [16]. Кроме того, отметим следующее.

1) График  $z = z(p, T)$  [16] для природного газа с относительным удельным весом  $\gamma = 0,63-0,65$  (по воздуху) с точностью  $\pm 4\%$  описывает свойства природных сред с содержанием метана 90% и более.

2) Условия, подтверждающие корректность задачи Коши для уравнений газовой динамики (определяющие уравнения представлены в данной математической модели), выполняются до значений  $P \approx 700$  атм и  $T^* = \frac{T}{T_{кр}} = 1,05$

и имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} z_1 = z - P \frac{\partial z}{\partial P} > 0 \\ z_2 = z + T \frac{\partial z}{\partial T} > 0 \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

Заметим, что в [17] также более полно сформулированы разнообразные уравнения состояния для природных газов и жидкостей, которые объединены в группы:

1) уравнения, полученные эмпирическим путём;

2) качественно верно описывающие процессы:

- уравнения Ван-дер-Ваальса -  $\left( P + \frac{a}{\tilde{V}^2} \right) (\tilde{V} - b) = RT, \tilde{V} = \frac{1}{\rho}$

- уравнения Бертло:  $z = \frac{P}{\rho RT}, z = \left[ 1 + 0,07 \left( \frac{P}{P_{кр}} \right) \left( \frac{T_{кр}}{T} \right) \left( 1 - 6 \frac{T_{кр}^2}{T^2} \right) \right]$  - работает при

относительно малых давлений.

3) уравнения вида -  $PV = zRT$ .

### **Проблемы учета в уравнениях закона сохранения массы смеси эффекта влияния тепловых процессов в стенке ТП и внешней среде**

Следуя подходу [18] по учету влияния процессов в стенке, окружающей среде

$\left( q_w = -\lambda \frac{\partial T_w}{\partial n} \right)$  и слабых внешних полях, уравнение неразрывности (

$\frac{D\rho}{DT} + \rho \operatorname{div} \vec{V} = 0$ ) с уравнением состояния -  $P = \rho RT$  - может быть сформулировано

в виде:

$$\operatorname{div} \vec{V}_1 = 0, \text{ где } \vec{V}_1 = \vec{V} - \frac{\lambda}{Pe} \nabla T, Pe = Re \cdot Pr. \quad (31)$$

В этом случае математическая модель включает уравнения системы:

$$\operatorname{div} \vec{V}_1 = 0, \quad (32)$$

$$\rho \frac{D\vec{V}}{Dt} = -\nabla P_1 + \frac{1}{\operatorname{Re}} \operatorname{DIV} \vec{\tau}, \quad (33)$$

$$\rho \frac{DT}{Dt} = \frac{1}{Pe} \operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} T), \quad (34)$$

$$\rho T = 1, \quad (35)$$

Заметим, что если мы имеем дело с ньютоновской реологией (8), то можно использовать вид уравнения, описывающего закон ньютоновской жидкости при изобарических условиях. Это справедливо, т.к. вязкость ньютоновских сред (жидкостей) – модуль их упругости - определяется в рамках статистического метода данными о физико-химической природе составляющих их молекул, межмолекулярным сил и расстоянием между ними, в пределах которого действует межмолекулярное тяготение.

В качестве обобщений таких детальней формулировок могут использоваться следующие зависимости определения физических свойств углеводородных сред. В частности, по молекулярному весу, близкому к воде:

$$\text{кинематическая вязкость} - \nu = \exp\{\exp[\alpha(T_1 - T)]\}, [\nu], \frac{M^2}{c} \quad (36)$$

Здесь:  $T$  – температура;  $T_1$  – температура, при которой  $\ln \nu = 1$ ;  $\nu = 2,718$ ;

$$\nu_{\text{воды}} = (T = 0 \div 140^\circ\text{C}): \nu = 12,80 \cdot 10^{-8} + 10^{-8} \exp\{\exp[0,0058(279 - T)]\}. \quad (37)$$

Для масел:

$$\mu, [\text{Па} \cdot \text{с}], \mu = A \exp\{\exp[\alpha(T_1 - T)]\}. \\ A \cdot 10^2 \sim 0,1; \alpha \cdot 10^2 \sim (1,455 \div 1,525); T_1 = (122,4 \div 106,7)^\circ\text{C}.$$

Детали функциональных связей такого вида можно найти, например, в [19]. В частности:  $\mu = \mu_0 \exp(k\rho^\alpha)$ , где  $\mu_0$  - вязкость при нормальных условиях -  $P \approx 10^5 \text{ Па}$ .  $\alpha \approx 0,9 \div 0,97$ ;  $10^3 K \approx 287 \div 244$ .

Высокопарафинистая нефть:  $\nu = \exp\{\exp[0,00215(55,9 - T)]\}$ .

### Краевые условия к математической модели

**Прямые задачи.** Краевые условия отвечают конкретной физической постановке задачи, ориентируясь на схему течения и экспериментальной установки к анализу процессов. В частности, принимается в анализе нестационарных задач математической физики:

начальные условия (НУ):  $t = t_0$ : заданы поля искомых функций и их

комбинаций, например,  $G = G_0$  [( $G = G_0(t)$ )- расход];  $\vec{V} = \vec{V}(t, \vec{r})$ ;  $T = T_0$ ;  $T_w = T_w^0$ .

Заметим, что в случае турбулентности речь будет идти о ее модели [8, 9, 18]. Здесь имеются серьезные проблемы их построения. Детали и перспективы использования отдельных подходов в инженерных приложениях изложены в [7, 8].

Граничные условия (ГУ): на входе ( $X = 0$ ), формулируются известные поля искомых функций; на выходе ( $X = L$ ): непрерывности потока -  $\frac{\partial f}{\partial x} = 0$ ,

$f = \{\vec{V}, T, T_w\}$ ; на стенках ( $r = R_w$ ): динамическая часть – “прилипание” -

$\vec{V} = V_w = 0$ ; тепловая часть задачи сводится к заданию -  $q_w = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\bar{n}=0} = const$ ;

Задача с сопряженными процессами в тепловой части требует формулировки на внешней границе:  $r = R_{в.в} \text{ (внеш.ст.)} : q_w^* = \alpha \Delta T$ ;

$r = R_{в.в} \text{ (внутр.ст.)}$  – условия сопряжения (Лыкова А.В.) [7-10]:

$$\begin{cases} T|_{n=+0} = T_w|_{n=+0} \\ \lambda \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{n=+0} = \lambda_w \frac{\partial T_w}{\partial n} \Big|_{n=+0} \end{cases}$$

Некоторые замечания к

формулировке краевых условий для диффузионной части задачи (опущены из-за ограниченности материала статьи) можно найти в [8, 13].

**Физические условия для формулировки коэффициентов переноса и некоторые детали решения к проблеме построения соотношений для теплофизических свойств транспортируемого флюида.** Такие соотношения строятся на основе дополнительной информации из решения обратной коэффициентной задачи.. Согласно физической постановки задачи и ее представленной математической модели имеем дело со сложной картиной течения в условиях конвективно-диффузионного тепло- и массообмена как в потоке, так и с внешней средой через стенку ТП. Здесь важны данные об адекватности результатов прогноза гидродинамики и теплообмена в расчетах и опыте. Учитывая, что выбранная модель процессов переноса будет весьма чувствительна к разнообразным возмущениям из-за нелинейности эффектов течения и тепломассопереноса в сложной термодинамической модели “рабочее тело-стенка-внешняя среда”.

При обращении к феноменологическому методу исследования, как наиболее рациональному в описании сложных эффектов, следует учитывать факт формулировки модели переноса импульса, тепла и массы с большим количеством эмпирических постоянных. Последние не универсальны в сложных процессах. Поэтому важнейшим шагом здесь является получение сведений об определяющих параметрах задачи. Так, в нашем случае требуется в каждой части задачи получить точную картину для следующих параметров:

**гидродинамическая часть** -  $\zeta = -2 \frac{\partial Eu}{\partial x}$ ;  $Eu = \frac{\Delta P}{\rho v^2}$  - критерий Эйлера. Точность

его формулировки определяется точностью решения задачи и расчетом

поверхностного напряжения -  $\tau_w = f(\dot{S}_{xr})$ . Имеем варианты:



Круглая труба:  $\tau_w = \frac{\xi}{8} \rho v^2$   $\xi = \xi(\text{Re})$   $\rightarrow$  Ламинарный поток.....  
 $\rightarrow$  Переходный режим  
 $\rightarrow$  Турбулентный закон  
 Эллиптическое попер

эллиптическое сечение ТП:  $\xi \cdot \text{Re}_{d_3} = 8 \frac{d_3}{b_2} \left[ 1 + \left( \frac{b_2}{b_1} \right)^2 \right]$ ,  $\text{Re}_{d_3} = \frac{\bar{U} d_3}{\nu}$ ,  $d_3 = \frac{4f}{S}$ ;

$u = 2\bar{U} \left( 1 - \frac{y^2}{b_1^2} - \frac{z^2}{b_2^2} \right)$  - ламинарное течение;  $b_1, b_2$  - малая и большая полуоси эллипса.

**Тепловая часть** касается анализа параметров:  $Nu = \frac{\alpha D}{\lambda}$ ;  $\alpha = \frac{q_{w_{\text{вытп}}}}{(T_w - \bar{T})}$ ;

$q_w = -\lambda \frac{\partial T_w}{\partial n} \Big|_{n=0}$ . Заметим, что критерии  $Nu, Eu, \zeta$  должны быть точно оценены.

Подчеркнем, что в многопараметрической задаче важно оценить значения следующих характерных параметров системы (1) - (35):

$Zh = \frac{v t}{L_0^2}$  - критерий Жуковского;  $Fr = \frac{V_0^3}{g L_0}$  - Фруда;  $\text{Re} = \frac{\bar{U} D}{\nu}$   $\left( \text{Re} = \frac{4G}{\pi D \nu} \right)$ ,

Рейнольдса,  $\text{Gr} = \beta_p \Delta T \cdot \text{Ga}$  - Грасгофа;  $\text{Ga} = \frac{g L_0^3}{\nu}$  ( $L_0 \cong D$ ) - Галилея.

В таком случае решаем задачу о нахождении связей вида (см. ниже).

Уравнение движения:  $\left. \begin{array}{l} \vec{V} = \vec{V}(Zh, X, Y, Z, \text{Re}, Fr, L_i) \\ Eu = Eu(Zh, X, Y, Z, \text{Re}, Fr, L_i) \end{array} \right\} \rightarrow \zeta$

Уравнение неразрывности:  $\frac{\partial P}{\partial Ho} + \text{div}(P\vec{U}) = 0 \Rightarrow Ho = \frac{U_0 t}{D}$

$P = 1 - \beta_p \nu_c \Theta$ ,  $C_p = 1 + \beta_c \nu_c \Theta$ ,  $\Lambda = 1 - \beta_\lambda \nu_c \Theta$ ,  $\frac{1}{\mu} = 1 + \beta_\mu \nu_c \Theta$   $\left. \begin{array}{l} \text{Изменение теплофизических свойств} \\ \text{с температурой} \\ \Theta = \frac{\theta}{\theta_c} = \frac{T - T_0}{T_w - T_0} \end{array} \right\}$  Уравнение энергии:

$\Theta = f(F_0, X, R, \varphi, Pe, Re, \text{Gr}, \psi, P_c, C_p, \Lambda_c, \mu_c, Pr, O_s, Br)$ .

$\left. \begin{array}{l} Zh = \frac{Pe \cdot Fo}{\text{Re}} \\ Ho = Pe \cdot Fo \end{array} \right\} Pr = \frac{Pe}{\text{Re}} \rightarrow Nu = Nu(F_0, X, \varphi, Pe, \text{Gr}, P_c, C_c, \Lambda_c, M_c)$ .

В этой части решение сводится к задаче более точного прогноза связи для  $Nu$ .

В случае, если найдены параметры  $\zeta, Nu, \tau_w = \frac{\xi}{8} \rho v^2, \alpha = \frac{q_w}{\Delta T}$  можно установить по  $Re, Pr, Ra$  ( $Ra = \text{Gr} \cdot Pr$ ) в каких режимах осуществляется транспорт среды. В частности, по  $Re$  имеем представление о вихревых процессах (ламинарный или

турбулентных режимы), по  $Ra$  – сведения о вынужденной или свободной конвекции.

**Замечания к формулировке молярных свойств среды.** В этой части метода решение задачи требует замыкания определяющих уравнений (2) – (35) с помощью той или иной модели турбулентности. Ее выбор зависит от целей, деталей анализа структуры среды, точности прогноза процессов гидрогазодимики и тепломассообмена, изменения их характеристик. Причем для определения состава среды привлекаются методы:

а) *статистический метод* (состав определяется по компонентным параметрам на основе данных о микроструктуре и изменений массовой концентрации

$C_i = \frac{\rho_i}{\rho} \Rightarrow \rho = \sum_{i=1}^N \rho_i$ ). Здесь следует учитывать карту изменений “тонких” параметров среды (ее свойств на микроуровне). Это важно для решения диффузионной задачи по уравнению баланса массы индивидуальной компоненты.

б) *экспериментально-теоретический*, требующий измерений полей давления, напряжения, скорости, а также получения данных о параметрах потока  $(\bar{v}, U_{\max}, U_*)$ .

В случае вязкостно-инерционно-гравитационных течений в ТП в рамках ламинарных и турбулентных режимов метод опирается на известные решения рассматриваемых задач. В частности, законы распределений поля скорости  $U = f(r)$  – в условиях стабилизированного течения (Пуазейля, Прандтля-Кармана) и теплообмена – 4-ой степени для локальной температуры.

$$u = 2\bar{U} \left( 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right), \quad u = 2\bar{U} \left( 1 - \left( \frac{y}{b_1} \right)^2 - \left( \frac{z}{b_2} \right)^2 \right), \quad u = U_{\max} \left( 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^n \right)^{1/7}, \quad \text{где } n = n(Re) = 1,21$$

$$\div 1,23. \quad \tau_{w_{\kappa}} = \frac{\xi}{8} \rho \bar{v}^{-2} - \text{ для круглой трубы, ньютоновской модели, } V_*^2 = \frac{\tau_w}{\rho} -$$

динамическая скорость.

$$\text{При полной стабилизации процессов имеем } \varsigma = \xi \Rightarrow \left( \frac{V_*}{\bar{U}} \right)^2 = \frac{\xi}{8}, \quad a^2 = \left( \frac{\partial P}{\partial \rho} \right)_s -$$

скорость звука имеет табличное значение. Здесь  $S$  – энтропия.

$$\text{При известных } Re, \xi, V_* \Rightarrow \rho = \rho \left( \frac{dP}{dx}, x, p, T, C_i, \lambda, \alpha, d_s \right). (*)$$

С целью обобщения связи (\*) на развивающиеся процессы переноса в ТП в сопряженных условиях заметим следующее. Решение (\*) необходимо корректировать с учетом данных о влиянии внешних условий на ТП. Эти сведения должны быть получены из серий измерений процесса при возмущениях  $P = P(\omega)$ , где  $\omega$  – акустические колебания, а температура стенки должна быть получена из решения задачи теплопроводности с учетом (4) - (6).

Также отметим, что в условиях сопряжения термодинамической системы “внешняя среда- стенка ТП – поток” состав смеси будет определяться из уравнения неразрывности в системе (31-35), где  $\vec{V}_1 = \vec{V} - \frac{\lambda}{Pe} \nabla T$  и состояния

(реальные плотные среды)  $PV = zRT$ , которые дают  $\rho = C \exp(-\text{div} \vec{V}_1 \cdot T)$  при  $T = T_0$ :  $\rho = \rho_0$ .

Важно заметить, что коррекция связи (\*) для  $\rho = \rho \left( \frac{dP}{dx}, \dots \right)$  должна быть выполнена с учётом информации о влиянии акустических возмущений на поток

(измерения  $P=P(\chi)$  в узком диапазоне изменений  $\left[ \frac{\Delta \bar{U}, \Delta T, \Delta q_w}{\Delta t} \right]$  с учетом изменений полей скорости, температуры, теплового потока, времени. Эта подстройка определяется согласно выбранному методу исследования, точности измерения и поставленным целям задачи

Таким образом, определяющей информацией для формулировки деталей математической модели будут первоначальные сведения о масштабах изменений определяющих критериев рассматриваемой задачи о сложном течении и сопряженном тепломассепереносе в системе “рабочее тело-стенка ТП-внешняя среда”. Причем характер нагрузок и деформаций в такой системе будет зависеть от функциональной связи для внутреннего давления типа:  $P = P(H_0, Re, Ra, Pr, \omega, Ki, Vi, \text{Реология, химия, ...})$ , в которой выделены наиболее существенные критерии, ответственные за процессы переноса импульса, тепла и массы п ТП. Здесь:  $H_0$  – критерий гомохронности;  $Re$  – Рейнольдса;  $Ra$  – Рэлея;  $Pr$  – Прандтля;  $Sm$  – Шмидта;  $Ki$  – Кирпичева;  $\omega$  – частота колебаний.

**Численное решение системы** определяющих уравнений модели и замыкающих связей (2) – (35) с моделями для локальных параметров турбулентности: динамики - (к-L), тепла -  $\overline{h'^2} - \overline{v'^2}$ ; массы  $\overline{c_j'^2} - \overline{\varepsilon_c}$  строится с использованием полунявного метода для связанных давлением уравнений (SIMPLE Algorithm) и метода контрольного объема [20]. При получении разностных аналогов для компонент вектора скорости используются разнесенные “шахматные” сетки. Дискретные аналоги дифференциальной задачи рассчитываются методом переменных направлений, причем на каждом своем шаге система линейных алгебраических уравнений решалась с помощью метода прогонки с трехдиагональной матрицей коэффициентов (для скалярных характеристик) и Гаусса-Зейделя (для компонент скорости). В итерационном процессе, ориентированном на ускорение или замедление сходимости той или иной расчетной величины использовался метод верхней или нижней релаксации. Детали численного алгоритма тепло-, гидрогазодинамической и диффузионной частей задачи, а также НДС ТП, испытывающего влияние внешней среды, ее деформации в грунте подробно изложены в [8-10].

### Результаты и их обсуждение

Заметим, что исследование НДС системы “трубопровод-грунт” проводилось при следующих значениях определяющих параметров: диаметр трубопровода  $-D=(0.5 - 0.8)\text{м}$ ; материал – сталь МХ65; модуль упругости при растяжении - 207ГПа; предел текучести - 423МПа. Прямоугольная область размещения трубопровода определялась параметрами - (1.6m x 3m) соответственно ширина x длина. Предполагается, что имеет место

распределенная нагрузка трубопровода на грунт с величиной 0.7 МПа. Почва представляет собой пространство, окружающее объект изучения – трубопровод с параметрами: (длина·х ширина·х высота) = (24м·х 10м·х 3.2м). Параметры почвы: коэффициент упругости - 60МПа, коэффициент Пуассона – 0.32, коэффициент трения в системе “трубопровод-почва” - 0,6. Дно траншеи предполагалось как абсолютно твердое с высоким уплотнением почвы на концах трубопровода. Режим течения:  $Re=(100-2000)$  – ламинарный;  $(8000 - 10^6)$  - турбулентный. Тепловые процессы отвечают случаю вынужденного конвективного теплообмена,  $\Theta=(T_w/T_0-1)=(-2\div+2)$ ,  $T_0=(-30\div+30)^0C$ . Рабочее тело – нефть - ньютоновская капельная углеводородная гомогенная однородная химически инертная среда.

Тестирование результатов расчета выполнено на классе развитых/развивающихся, изотермических/неизотермических, прямоточных/закрученных (по закону твердого тела), осесимметричных/пространственных течений и теплообмена в трубах с осевой симметрией, а также в каналах постоянного и переменного поперечного сечений (расширение/сужение, конфузор/диффузор).

Некоторые данные поведения интегральных параметров (см. рис.2-7), исследования влияния переменности теплофизических свойств на развитие теплогидродинамических параметров при течении углеводородных капельных и газообразных сред в круглых трубах (см. рис.4-7) приведены ниже.

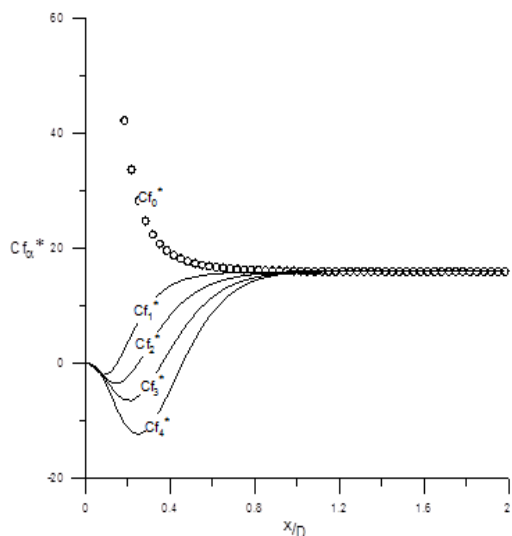


Рисунок-2. Распределение коэффициента трения по длине трубы, в зависимости от высоты уступа при  $Re_d=10$ .  $C_{f\alpha}^* = C_{f\alpha} Re_D$ , где  $Re_D = \rho D U_b / \mu$  ( $U_b$ -среднемассовая по сечению скорость)  
 $\alpha=0 - 2h/D=0$ ;  $\alpha=1 - 2h/D=0,25$ ;  $2 - 0,5$ ;  $3 - 1$ ;  $4 - 2,5$

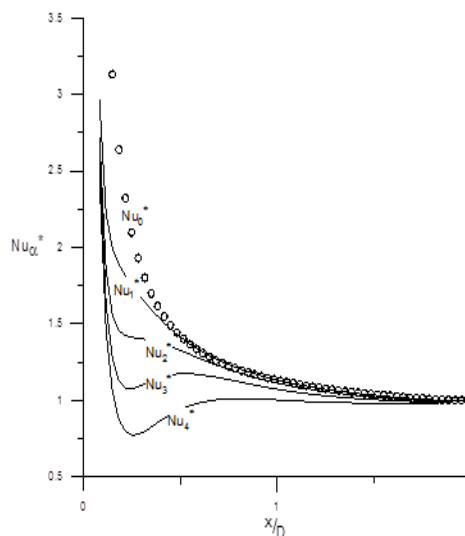


Рисунок-3. Распределение числа Нуссельта по длине трубы, в зависимости от высоты уступа при  $Re_d=10$ .  $Nu_{\alpha}^* = Nu_{\alpha} / Nu_{\infty}$ .  
 $\alpha=0 - 2h/D=0$ ;  $\alpha=1 - 2h/D=0,25$ ;  $2 - 0,5$ ;  $3 - 1$ ;  $4 - 2,5$ .

Отдельные результаты, в том числе расчета движения слабосжимаемой газообразной вязкой среды, близкой к свойствам воздуха по ТП с осевой симметрией, имеющему участок с сильно нагретой внешней границей стенки, приведены на рисунках 4,5.

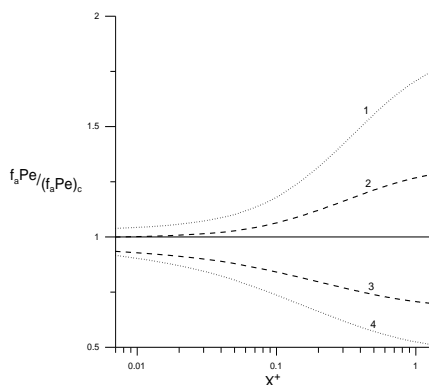


Рисунок - 4. Капельная среда (вода). Развитие по длине ТП коэффициента трения в зависимости от безразмерной приведенной длины при различных значениях  $Pr_e / Pr_w$ . В обозначениях принято: 1 –  $Pr_e / Pr_w = 1/4$ ; 2 -  $1/2$ ; 3-2; 4 - 4.

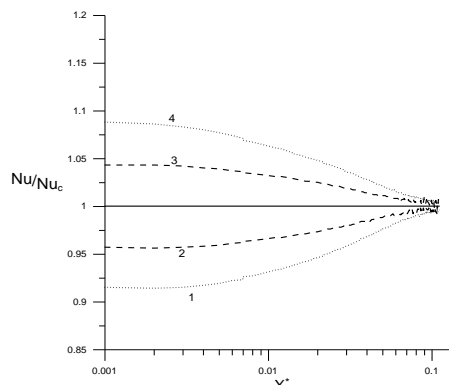


Рисунок - 5. Нефть. Изменение приведенного коэффициента теплообмена по длине трубы при переменных тепловых условиях. Обозначения аналогичны рис. 4

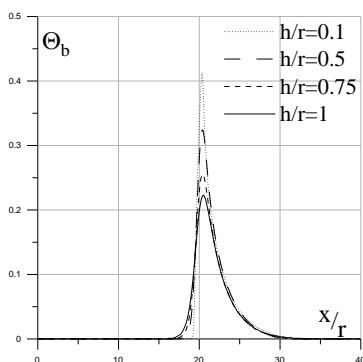


Рисунок-6. Изменение по длине трубы при разной толщине стенки *a*) безразмерной среднемассовой температуры. Здесь  $h$  - толщина стенки трубы,  $r$  - радиус трубы.

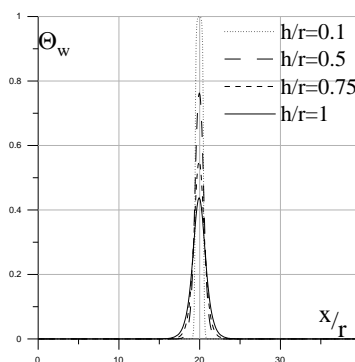


Рисунок-7. Изменение по длине ТП при разной толщине стенки безразмерной температуры внутренней стенки (границы раздела двух сред);  $h$  - толщина стенки трубы,  $r$  - радиус трубы.

Как показывает детальный анализ локальных и интегральных параметров течения и теплообмена, представленный алгоритм весьма надежен и эффективен в предсказании локальных и интегральных параметров процесса, о чем свидетельствует удовлетворительное согласие, например, с данными [21-24]. Анализ результатов расчета процессов в ТП показывает недопустимость в решении сопряженных задач пренебрежением переменностью теплофизических свойств в транспортируемом продукте в условиях их сложного пространственного характера движения. Это способно вести к существенным ошибкам в прогнозе реальной картины сопряженного теплообмена при сложном движении высоковязких сред.

Отдельные результаты эффектов деформации, распределений напряжений в ТП в системе “стенка - внешняя среда” к задаче о НДС ТП представлены на рис. 8,9, полученные с привлечением ПК ANSYS [25] и детально обсуждающихся в [26]. Эти сведения о процессах в стенке ТП в дальнейшем использовались в качестве входной информации для краевой

задачи о гидродинамике и тепломассообмене при течении углеводородной среды в ТП, подверженного нагрузке от действия внешних сил (грунта, инерционных и гравитационных сил). Отдельные сведения о характере процессов при транспортировке вязкой среды в деформируемом канале иллюстрируют данные, представленные на рис. 8,9.

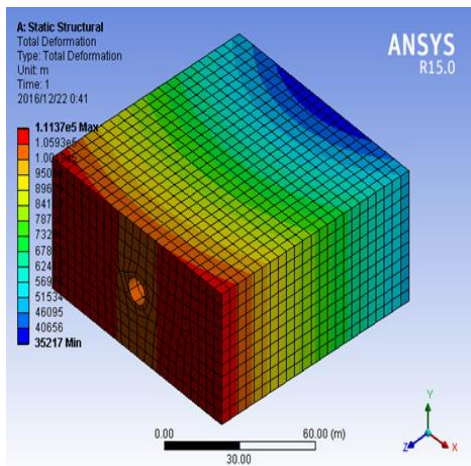


Рисунок - 8. Картины характерных распределений безразмерных смещений в грунте.

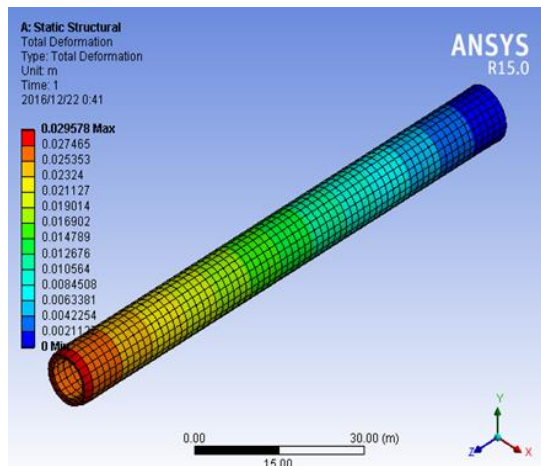


Рисунок - 9. Картины характерных распределений безразмерных смещений стенке трубопровода.

В частности, из рис. 8,9 видно, что изменения перемещений в системе “почва-труба” в результате просадки почвы более выражены в области входа исследуемой зоны, длиной порядка  $(10-15)D$ . Установлено, что в результате контакта трубопровода с грунтом в условиях взаимовлияния нагрузок имеет место оседание почвы, способное деформировать (в виде изгиба) трубу. Это способно вызвать изменение общей нагрузки в нижней части трубы и определить характер азимутальных деформаций в стенке трубопровода. Видно, что рост напряжений и нагрузок проявляется в направлении к верхней части трубопровода. И в основном это относится к нижней зоне поверхности. Таким образом, результаты исследования сопряженных процессов позволяют утверждать, что в верхних областях стенки трубопровода доминируют деформационные процессы, обусловленные действием внутреннего гидродинамического давления. Причем реакция стенки на эти процессы характеризуется стабильностью и однородным распределением напряжений по периметру трубы. Анализ структуры течения в ТП, поведения интегральных трения и теплопереноса в системы при переменных теплофизических свойствах рабочего тела и материала стенки подчеркивает ослабление скорости деформационных процессов в указанных областях системы “трубопровод-грунт”.

### Заключение

В результате исследования комплекса нелинейных эффектов в системе “рабочее тело – стенка - грунт” по предлагаемой математической модели и численного метода установлено следующее. Численная модель гидродинамики

и теплообмена с замыканиями, включающими двухпараметрические  $(k\varepsilon)$ -,  $(k\tau)$ -,  $(k\omega)$ -,  $(kL)$ -,  $(\overline{\theta'^2})$  -,  $(\varepsilon_\theta)$  дифференциальные модели турбулентности вполне корректно предсказывают появление и эволюцию зон повышенной интенсивности турбулентности на границах взаимодействия стенки, потока, внешней среды и в условиях развития течения флюида по ТП и нарастания пограничных слоев изменений полей скорости, температуры и концентрации вещества, сопровождающихся изменениями в пульсационной структуре потока. Вместе с тем, существование областей высоких градиентов температуры на участках взаимодействия требует учета переменности теплофизических свойств при эволюции структуры потока и развития теплопереноса в режимах ламинарного и турбулентного течений. Установлено, что зона распространения возмущений от переменности свойств достаточно протяженная и составляет при движении вглубь потока величину порядка 15% от диаметра, причем данный параметр зависит от температуропроводности флюида. Обнаружено, что попытка исследований процессов в области с более протяженными размерами (длина системы порядка 1-2км) ведут в росту вычислительных затрат вследствие высокой нелинейности процессов переноса и необходимости линеаризации уравнений на этапах установления численного решения определяющих уравнений модели. Кроме того, установлено, что в зонах с гидродинамическими и тепловыми переходами (ламинаризацией) требуется более детальный прогноз структуры и коэффициентов молярного переноса по анизотропным моделям второго порядка для рейнольдсовых напряжений и транспортным уравнениям для турбулентных потоков тепла (RSS-THF-модели). Заметим, что в таких RSS-THF моделях учтены все важнейшие физические механизмы пространственного перемещения вихрей. Справедливости ради стоит отметить, что для установления полной картины влияния НДС на гидродинамику и теплообмен в условиях сопряжения для тестирования предлагаемых RSS-THF -моделей, метода решения весьма востребованы экспериментальные данные о деталях процессов, что позволит уточнить возможности функционирования их опорных баз из  $[(k\varepsilon)$ -,  $(k\tau)$ -,  $(k\omega)$ -,  $(kL)$ -,  $(\overline{\theta'^2})$  -,  $(\varepsilon_\theta)$ ] параметров. Но, это может составить предмет будущих исследований в рамках решения проблем рассматриваемых задач.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Apte, M.S., Matzain A., Zhang, H.Q., Volk, M., Brill, J.P., and Creek, J.L. Investigation of Paraffin Deposition during Multiphase Flow in Pipelines and Wellbores –Part 2: Modeling // Journal of Energy Resources Technology. 2001, Vol. 123, № 2. PP. 150–157.
2. Burger, E.D., Perkins, T.K., and Striegler, J.H. ‘Studies of Wax Deposition in the Trans-Alaska Pipeline // Journal of Petroleum Technology, 1981, Vol. 33, № 6. PP. 1075–1086.
3. Энциклопедия газовой промышленности. М: ТВАНТ, 1994. -880с.

4. Селезнев В.Е., Алюшин В.В., Прялов С.Н. Математическое моделирование трубопроводных сетей и систем каналов: методы, модели и алгоритмы. М.: МАКС Пресс, 2007. -695с.
5. Коршак А.А. Специальные методы перекачки. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2001. -208с.
6. Rudman M., Graham L.J., Blackburn H.M., Pullum L. Non-Newtonian Turbulent and Transitional Pipe Flow. In: Hydratotransport 15. Banff, 2002. -369p.
7. Kharlamov S.N. Actual Problems of Hydrodynamics at Internal not-Isothermal Flows in Fields of Mass Forces. P. 183-232, chapter from the monograph "Hydrodynamics: Theory and Model". Edited by Jinhai Zheng. - Intech, Croatia. 2012. -307p.
8. Бубенчиков А.М., Харламов С.Н. Математические модели неоднородной анизотропной турбулентности во внутренних течениях. Томск: Изд-во ТГУ, 2001.-447с.
9. Харламов С. Н., Альгинов Р. А. Валидация статистических моделей второго порядка и методов численного расчета динамической структуры закрученных турбулентных течений в трубопроводах // Известия вузов. Физика. 2010. Т. 53. №. 12/2. С. 267-275
10. Харламов С.Н., Терещенко Р.Е. Исследование конвективного теплообмена при сложном течении неньютоновских сред в трубах // Труды 5-й Российской Национальной Конференции по Теплообмену.25-29.10.10. Москва. Изд.-во МЭИ, 2010. Т.2. С. 237-239
11. Бураков В.А. Тепломассоперенос при взаимодействии двухфазных потоков с материалами. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 1999. -280с.
12. Хургин Я.И. Проблемы неопределенности в задачах нефти и газа. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. -320с.
13. Гиршфельдер Дж., Кертис Ч., Берг Р. Молекулярная теория жидкостей и газов. М.: Изд-во иност. лит-ры, 1961. -930с.
14. Коваленко А.Д. Основы термоупругости. Киев: Наукова думка, 1970. -308с.
15. Рождественский Б. Л., Яненко Н. Н. Системы квазилинейных уравнений и их приложения к газовой динамике. М.: Наука, 1978. -688с.
16. Вулис Л.А. Термодинамика газовых потоков. М.: Госэнергоиздат, 1950. -304с.
17. Вукалович М.П., Новиков И.И. Уравнение состояния реального газа. М. Госэнергоиздат. 1948.-340 с
18. Бубенчиков А.М., Харламов С.Н., Комаровский Л.В. Математические модели течения и теп-лообмена во внутрен-них задачах динамики вязкого газа (монография) Томск. Изд.-во ТГУ, 1993. - 187с.
19. Пустовойт Б.В. Механика движения жидкостей в трубах. Л.: Недра, 1980. -159с.
20. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости М.: Энергоатомиздат, 1984. -152 с.



21. Nonino C., Del Giudice S., Savino S. Temperature dependent viscosity effects on laminar forced convection in the entrance region of straight ducts // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2006. N 49. P. 4469—448.1

22. Kharlamov S.N., Alginov R.A. Engineering approaches' progress in calculation of inhomogeneous turbulence in pipelines// SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition. 2010. RO and G 10; 2010. Vol. 2. PP. 798-805. Moscow; Russian Federation; 26 October 2010 through 28 October 2010; Code 83613

23. Bradshaw P., Cebeci T., Whitelaw J. Engineering Calculation Methods for Turbulent Flow, N.Y. Academic Press, 1981. -380p.

24. Krall K.M., Sparrow E.M. Turbulent heat transfer in the separated, reattached and redevelopment regions of a circular pipe // Journal of Heat Transfer. 1966. Vol. 88. № 1. P. 131-136.

25. Пакет ANSYS Mechanical (<http://www.ansys.com>)

26. У Вэйпен, Лян Юэ, Исследование состояния напряженно-деформируемого трубопровода в условиях влияния динамических нагрузок // XXI Международный научный симпозиум им. ак. М.А. УСОВА «ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР» 3 – 7.04.2017 Россия, Томск. НИ ТПУ. Секция 18-1. Методы математического моделирования процессов транспорта и хранения углеводородного сырья. Томск: Изд-во ТПУ, 2017 (в печати)

УДК 504.062.2/47:669

*С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, М.В. Темлянец, С.В. Фейлер*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ ТЕПЛА ЧЕРЕЗ ФУТЕРОВКУ КОНВЕРТЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк*

При реализации в кислородных конвертерах технологий жидкофазного восстановления железа из техногенных материалов существенное значение имеет организация рациональной тепловой работы сталеплавильного агрегата [1]. Такие технологии имеют ограничения по объему перерабатываемых техногенных материалов, связанные в первую очередь с развитием в конвертерной ванне негативных явлений вызванных временным ее переохлаждением, образованием масс твердых конгломератов, вследствие повышенных затрат тепла на нагрев, плавление материалов и реакции восстановления железа.

Перспективным направлением развития технологий конвертерной плавки с жидкофазным восстановлением является повышение тепловой эффективности конвертера, сокращения потерь тепла при конвертировании металла. Одной из составляющих расходной части теплового баланса конвертера являются потери тепла теплопроводностью. В работе [2] проведен анализ методов расчета тепловых потерь, применительно к кислородным конвертерам. Практический интерес представляет анализ влияния конструкции футеровки (наличие теплоизоляционного слоя, его толщины) и износа рабочего слоя на потери тепла теплопроводностью.

В данной работе проведено исследование влияния различных факторов на потери тепла теплопроводностью через футеровку конвертера с применением математической модели [3,4]. Модель адаптирована для особенностей конструкции футеровки конвертера.

При установившемся режиме работы конвертера тепловые потери через футеровку можно определять по уравнению стационарного теплового потока через плоскую многослойную стенку [2]

$$q = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с}}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{с}}}} \text{ Вт/м}^2, \quad (1)$$

где  $t_{\text{вн}}$  – температура внутренней поверхности футеровки конвертера, °С;  $t_{\text{с}}$  – температура окружающей среды (воздуха), °С;  $\delta_i$  – толщина  $i$ -го слоя кладки, м;  $\lambda_i$  – коэффициент теплопроводности  $i$ -го слоя, Вт/(м · К);  $n$  – количество слоев

футеровки;  $\alpha_c$  – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности кладки к окружающей среде, Вт/(м<sup>2</sup> · К).

Коэффициенты теплопроводности слоев определяли по формулам вида

$$\lambda_i = a_i \pm b_i t_{cp,i}, \quad (2)$$

где  $t_{cp,i}$  – средняя температура  $i$ -го слоя, °С;  $a_i$ ,  $b_i$  – эмпирические коэффициенты, зависящие от вида огнеупорного материала.

Коэффициент теплоотдачи от кожуха к окружающей среде определяли по формуле

$$\alpha_c = 4,8 (t_k - t_c)^{0,25}, \quad (3)$$

где  $t_k$  – температура кожуха конвертера, °С.

Учитывая, что температура  $t_{i-(i+1)}$  на границах слоев и средние температуры слоев неизвестны, то задачу поиска теплового потока и распределения температур в слоях решали методом последовательных приближений, при этом реализовали следующий алгоритм вычислений:

1. Определяли температуру наружной поверхности кожуха и среднюю температуру в  $i$ -ом слое по приближенным формулам:

$$t_k = 3 t_c, \quad (4)$$

$$t_{cp,i} = \left(1 - \frac{i}{n+1}\right) t_{вн}. \quad (5)$$

2. С учетом средних температур  $t_{cp,i}$  слоев вычисляли коэффициенты теплопроводности по формулам вида (2) и тепловые сопротивления слоев ( $\delta_i / \lambda_i$ ).

3. По соотношению (3) рассчитывали коэффициент теплоотдачи  $\alpha_c$  и внешнее тепловое сопротивление ( $1/\alpha_c$ ).

4. По формуле (1) находили удельный тепловой поток и уточняли температуры на границах слоев и поверхности:

$$t_i = t_{вн} - q \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}. \quad (6)$$

5. Уточняли значения средних температур слоев:

$$t_{cp,i} = t_{вн} - q \left( \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_{n-1}}{\lambda_{n-1}} + 0,5 \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right), \quad (7)$$

а также значения коэффициентов теплопроводности слоев, тепловых сопротивлений.

6. Производили сравнение средних температур слоев и температуры кожуха в предыдущей  $j$ -ой и последующей  $(j + 1)$ -ой итерациях, приближение многократно повторяли, пока не будет достигнута заданная точность  $\varepsilon$  расчета:

$$\frac{t_{\text{ср},j} - t_{\text{ср},j+1}}{t_{\text{ср},j+1}} - \varepsilon \leq 0; \quad (8)$$

$$\frac{t_{\text{к},j} - t_{\text{к},j+1}}{t_{\text{к},j+1}} - \varepsilon \leq 0. \quad (9)$$

Проведено исследование влияния различных факторов на потери тепла через футеровку 160-т конвертера рабочий слой которой имеет толщину 0,92 м и выполнен из периклазоуглеродистых огнеупоров с содержанием углерода 12 %, арматурный слой толщиной 0,23 м выполнен из периклазовых огнеупоров, толщину теплоизоляционного слоя из волокнистого листового материала в расчетах принимали равной 0; 0,01 и 0,02 м, стальная броня толщиной 0,08 м. Зависимости коэффициентов  $\lambda$ , Вт/(м·К) теплопроводности материалов от температуры  $t$ , °С определяли по соотношениям для материалов:

$$\text{периклазоуглеродистого } \lambda = 14,1 - 3,8 \cdot 10^{-3} t_{\text{ср}}, \quad (10)$$

$$\text{периклазового } \lambda = 4,7 - 1,7 \cdot 10^{-3} t_{\text{ср}}, \quad (11)$$

$$\text{волокнистой теплоизоляции } \lambda = 0,106 + 1,86 \cdot 10^{-4} t_{\text{ср}}. \quad (12)$$

Температуру окружающей среды принимали на уровне 25 °С, температуру внутренней поверхности футеровки 1500, 1550, 1600 и 1650 °С. Износ рабочего слоя футеровки варьировали от 0 до 75 % в расчетах толщина рабочего слоя футеровки составляла 0,92; 0,69; 0,46 и 0,23 м.

На рисунках представлены результаты математического моделирования.

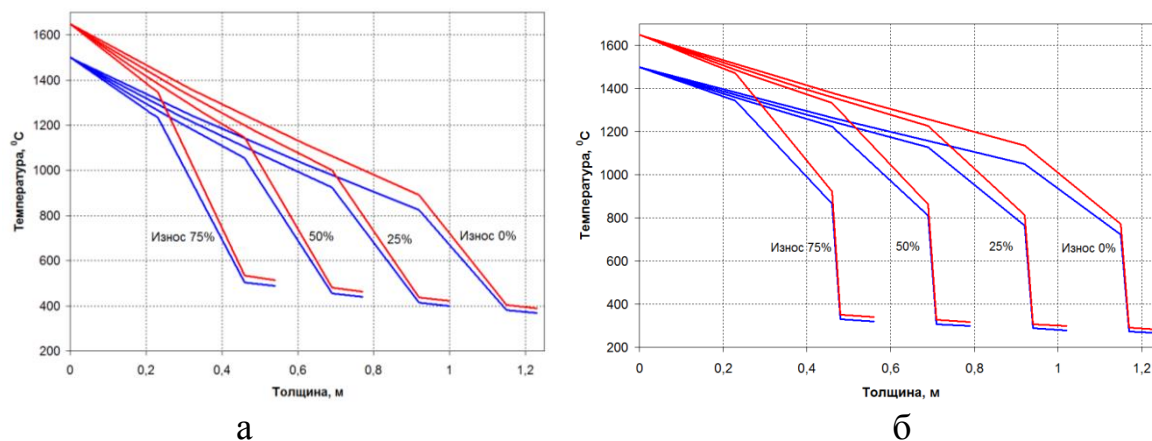


Рисунок -1. Распределение температур по толщине футеровки для конструкции без теплоизоляции (а) и с толщиной теплоизоляционного слоя 0,02 м (б) для температур внутренней поверхности футеровки 1500 °С (—) и 1650 °С (---)

Анализ полученных результатов многовариантных расчетов показывает, что для футеровки без теплоизоляции и исходной толщине рабочего слоя повышение температуры на внутренней поверхности с 1500 до 1650 °С приводит к повышению плотности теплового потока с 7101 до 7646 Вт/м<sup>2</sup>, а температуры брони конвертера с 369 до 390 °С. Износ рабочего слоя сопровождается ростом потерь тепла и температуры брони.

В частности при износе рабочего слоя на 75 % (остаточная толщина 0,23 мм) повышение температуры на внутренней поверхности с 1500 до 1650 °С приводит к росту плотности теплового потока с 10248 до 11010 Вт/м<sup>2</sup>, т.е. на 44 % по сравнению с новой футеровкой а температуры брони конвертера с 487 до 514 °С.

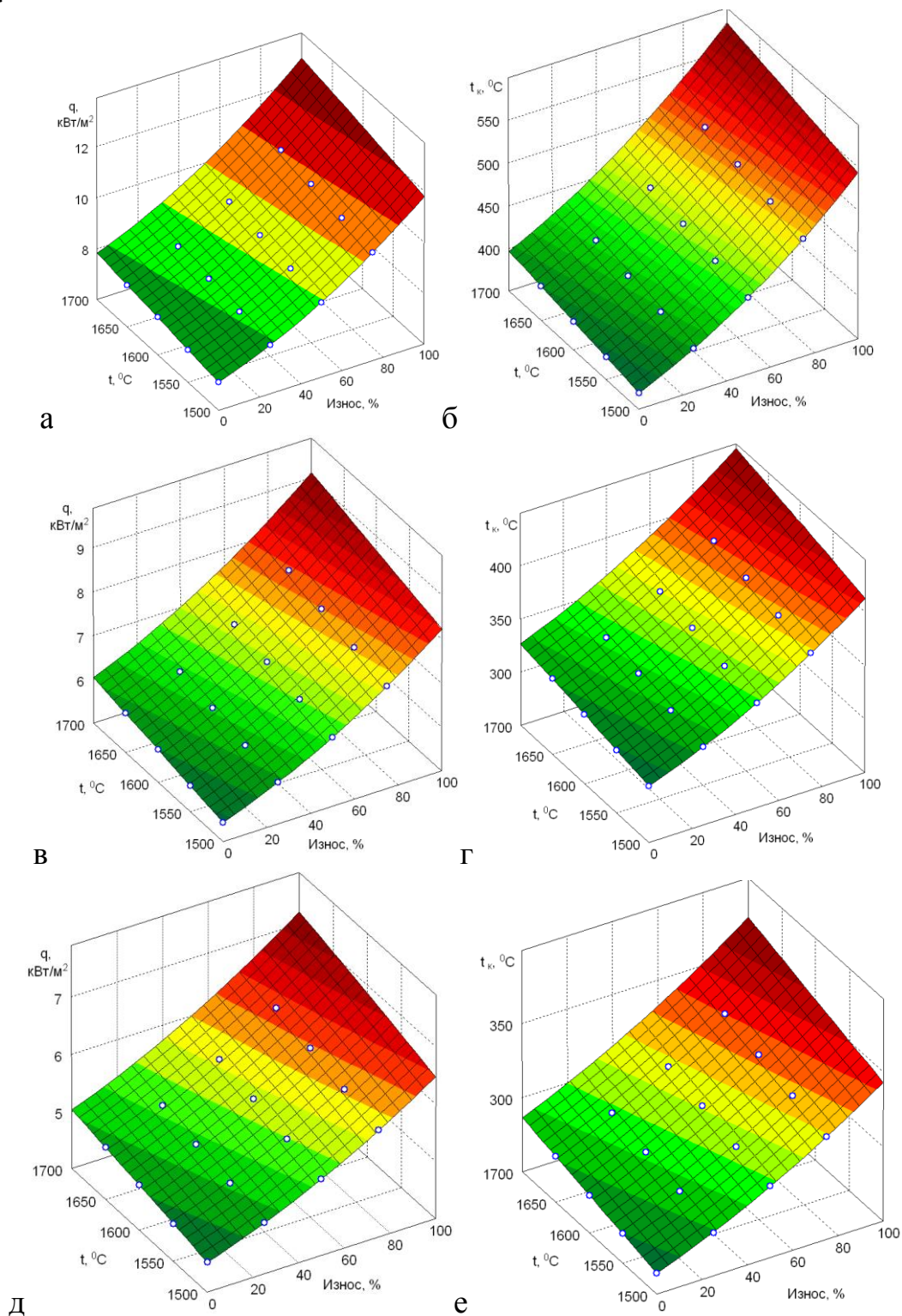


Рисунок –2. Зависимости потерь тепла через футеровку (а, в, д) и температуры кожуха конвертера (б, г, е) от температуры внутренней поверхности и износа рабочего слоя для конструкции без теплоизоляционного слоя (а, б) с теплоизоляцией 0,01 м (в, г) и 0,02 м (д,е)

Применение теплоизоляции обеспечивает снижение тепловых потерь и температуры брони конвертера. В частности для исходной толщины рабочего слоя повышение температуры на внутренней поверхности с 1500 до 1650 °С и применении теплоизоляции толщиной 0,01 и 0,02 м приводит к росту плотности теплового потока с 5437 до 5891 Вт/м<sup>2</sup> и с 4518 до 4914 Вт/м<sup>2</sup> соответственно, это на 23 и 36 % меньше, чем тепловые потери футеровки без теплоизоляции. Температура брони конвертера при этом повышается с 303 до 321 °С и с 264 до 281 °С.

При износе рабочего слоя на 75 % повышение температуры на внутренней поверхности с 1500 до 1650 °С и применении теплоизоляции толщиной 0,01 и 0,02 м приводит к росту плотности теплового потока с 7333 до 7947 Вт/м<sup>2</sup> и с 5858 до 6379 Вт/м<sup>2</sup> соответственно, это на 28 и 43 % меньше, чем тепловые потери футеровки без теплоизоляции. Температура брони конвертера при этом повышается с 378 до 401 °С и с 319 до 340 °С.

При замкнутом тепловом балансе кислородно-конвертерной плавки при соотношении чугуна и металлолома (72 – 76) : (28 – 25) % приходная часть теплового баланса составляет 52 – 58 кВт·ч/100 кг металлозавалки, таким образом снижение потерь тепла (для температуры внутренней поверхности 1500 °С) для новой футеровки за счет применения теплоизоляции толщиной 0,02 м с 7101 до 4518 Вт/м<sup>2</sup> приведет к снижению этой расходной статьи теплового баланса с 0,8 % до 0,5 %, а для 75 % износа футеровки рабочего слоя с 1,2 % до 0,7 соответственно.

Применение теплоизоляции является эффективной мерой снижения тепловых потерь через футеровку и способствует повышению тепловой эффективности конвертеров при реализации технологий жидкофазного восстановления железа из техногенных материалов, однако приводит к снижению рабочего объема конвертера и соответственно производительности. Для рабочего слоя исходной толщины применение теплоизоляции толщиной 0,01 и 0,02 м приводит к снижению емкости 160 т конвертера (по уровню металлической ванны) примерно на 2 и 4 т соответственно. В связи с этим рациональность применения теплоизоляции и ее толщина определяются посредством решения задач оптимизации технико-экономических показателей работы конвертера.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка технологии конвертерной плавки с элементами жидкофазного восстановления при переработке техногенных отходов / С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, А.В. Амелин, С.В. Фейлер // Сборник трудов XIV Международного конгресса сталеплавателей. – Москва-Электросталь – 2016. – С. 660 – 664.

2. Анализ методов расчета тепловых потерь кислородного конвертера для оптимизации технологии плавки / И.П. Герасименко, Е.В. Протопопов, Р.С. Айзатулов, С.А. Филиппенко, И.А. Жибинова // Известия вузов. Чер. металлургия. – 2012. – № 4. – С. 5 – 9.

3. Моделирование тепловой работы футеровки металлургических ковшей / Стариков В.С., Темлянцев М.В., Темлянцева Е.Н., Коробкин А.Ю. // Известия вузов. Чер. металлургия. – 2002. – № 10. – С. 55, 56.

4. Стариков В.С., Темлянцев М.В., Стариков В.В. Огнеупоры и футеровки в ковшевой металлургии. – М.: МИСиС, 2003. – 327 с.

УДК 669.184

*С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, М.В. Темлянцев, С.В. Фейлер,  
Л.А. Ганзер, А.Н. Калиногорский*

### **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ КОНВЕРТЕРНЫХ ШЛАКОВ**

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк*

В настоящее время вопросы обеспечения потребностей сталеплавильного производства металлическим ломом имеют особое значение в связи с сокращением доли «чистого» стального лома, его количественным дефицитом и прогрессирующим ухудшением качественных характеристик [1].

Металлический лом, поставляемый на металлургические предприятия, не соответствует предъявляемым к нему требованиям по содержанию примесей цветных металлов, а также физическим свойствам. Наблюдается снижение количества оборотного лома вследствие совершенствования технологии непрерывной разливки стали, а в амортизационном ломе из-за многократного переплава повышено содержание различных элементов, способствующих снижению эксплуатационных свойств металлопродукции. Их удаление при выплавке и внепечной обработке металла чрезвычайно затруднено или практически невозможно.

В металлургической практике существует целый ряд технологий по подготовке лома, однако эффективность их использования остается невысокой. В сложившихся условиях необходимо совершенствование традиционного состава и технологического режима формирования твердой металлошихты с использованием, в частности, железосодержащих продуктов переработки отвалных конвертерных шлаков [2].

Для исследования технологических параметров процесса провели серию опытных плавов на 160-т конвертерах АО «ЕВРАЗ ЗСМК» с заменой части металлического лома шлакостальными коржами. Последние представляют собой конгломерат металлической и шлаковой составляющих, который остается в шлаковых чашах после слива жидкого конвертерного шлака в яму шлакового отделения. Шлакостальные коржи извлекают из шлаковых чаш и загружают с металлическим ломом в конвертер в количестве 10 – 50 % от массы твердой металлошихты с соответствующей корректировкой тепловой

стороны процесса. В целом, режим присадки шлакообразующих материалов и дутьевой режим операции выдерживали в соответствии с технологической инструкцией и плавками текущего производства. На повалке конвертера фиксировали температуру, отбирали пробы металла и шлака для их последующего анализа.

В период проведения исследований технология выплавки стали характеризовалась следующими параметрами: вес металлозавалки (чугун + металлический лом) составлял 153 – 155 т, в том числе 24 – 27 % твердой металлошихты. Химический состав чугуна колебался в пределах : 0,35 – 0,65 % Si; 0,35 – 0,65 % Mn; 0,08 – 0,12 % P и 0,020 – 0,028 % S. Температура заливаемого чугуна при этом была в пределах 1290 – 1320 °С.

Перед заливкой чугуна, как правило, проводят предварительный подогрев металлического лома в конвертере. В качестве основного теплоносителя используется уголь Кузнецкого бассейна марки ТОМ. Кислород на сжигание угля подается с расходом 150 – 250 м<sup>3</sup>/мин. Продолжительность нагрева составляет не менее 6 мин.

Продувка металла кислородом в конвертерах ведется через 5-сопловую фурму с соплами Лаваля критического диаметра 0,035 м и углом их наклона к вертикальной оси 15°. Начинают операцию при положении фурмы относительно уровня спокойного металла 2,0 – 2,6 м, осуществляя наводку шлака в течение 3 – 4 минут, затем фурму опускают до 1,0 – 1,5 м. Продолжительность продувки составляет 20 – 21 минуту при расходе кислорода 350 – 450 м<sup>3</sup>/мин. Общий расход извести на плавку составляет 6 – 8 т, высокомагнезиального флюса ФОМИ 0,9 – 1,1 т, угля 2,7 – 3,1 т.

Необходимо отметить, что характерной особенностью работы конвертеров АО «ЕВРАЗ ЗСМК» является продувка чугунов с пониженным содержанием марганца, что создает определенные сложности в организации шлакового режима плавки и окислительном рафинировании металла. Использование же высокомагнезиальных флюсов для выплавки стали и повышения стойкости футеровки кислородных конвертеров предопределяет повышение вязкости конвертерных шлаков и снижение их рафинирующей способности [3]. Повышение температуры ванны при реализации предварительного подогрева металлического лома и шлакообразующих материалов улучшает кинетические параметры процесса, однако шлакообразование зачастую протекает с недостаточной скоростью и характеризуется неполным усвоением извести шлаком и затягиванием процессов удаления вредных примесей.

При этом на опытных плавках наблюдали характерные особенности, обусловленные ранним образованием активного шлака за счет оксидов кальция, магния и железа, содержащихся в шлаковой составляющей загруженных вместе с металлическим ломом шлакостальных коржей.

Известно, что состав шлака и его физические свойства изменяются в течение конвертерной плавки примерно по одной и той же схеме [4]. Шлак в конвертере формируется из образующихся при окислении примесей окислов и введенных в ванну шлакообразующих материалов: извести и



высокомагнезиального флюса. Первичные шлаки, которые образуются как продукт окисления железа и примесей чугуна (в первую очередь кремния и марганца), отличаются высокой ассимилирующей способностью по отношению к оксидам кальция и магния. В зависимости от температурных условий процесса и свойств шлакообразующих материалов растворение извести и высокомагнезиального флюса протекает с большей или меньшей скоростью: увеличивается основность шлака и, одновременно, содержание в нем оксида магния.

В составе шлаковой составляющей шлакостальных коржей часть CaO находится в связанном с SiO<sub>2</sub> и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> состоянии, а другая в свободном, либо в составе ферритов и алюмоферритов кальция участвует в формировании шлака. Так при характерном составе шлаковой составляющей: 35 – 40 % CaO; 13 – 15 % SiO<sub>2</sub>; 1 – 1,5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, оксида кальция в составе силикатов будет связано 24,31 – 28,05 %; в составе фосфатов – 0,79 – 1,19 %. Таким образом технологическую ценность представляет 5,69 – 14,83 % CaO.

При этом, эвтектика шлаковой составляющей загружаемых шлакостальных коржей обогащена CaO-содержащими минеральными составляющими, что обусловлено относительно низкой температурой плавления последних [5], в результате можно предполагать их быстрый переход в жидкое состояние и участие в процессе шлакообразования с первых минут операции.

В соответствии с расчетными данными, при расходе загружаемых шлакостальных коржей 10 – 50 % от массы твердой металлошихты в начальный период продувки металла возможно увеличение содержания технологически ценного оксида кальция в шлаке на 4 – 9 %.

Шлаковая составляющая загружаемых шлакостальных коржей содержит также около 10 % MgO, преимущественно в виде магнезиовюстита и магнезиоферрита, и обеспечивает в начале продувки увеличение содержания оксида магния в конвертерном шлаке. При этом в конце продувки предупреждается его чрезмерное пересыщение MgO. Отмеченное способствует уменьшению вязкости первичного шлака и увеличивает степень гомогенизации конечного шлака, что в целом увеличивает кинетические возможности рафинирования металла от вредных примесей.

Таким образом, растворение шлаковой составляющей шлакостальных коржей позволяет улучшить шлакообразование в начале операции, однако при этом увеличивается общее количество шлака. При максимальном расходе шлакостальных коржей – 50 % от массы твердой металлошихты, расчетное увеличение количества шлака составляет 40 – 45 %, что, безусловно, изменяет гидродинамическую картину в агрегате и требует внесения соответствующих управляющих воздействий по корректировке расхода загружаемых вместе с металлическим ломом шлакостальных коржей или шихтовке плавки для предупреждения выбросов шлака из агрегата.

Анализ расчетных данных показал, что увеличение количества шлака может быть компенсировано при снижении содержания кремния в чугуне на 0,05 – 0,27 % или, с учетом физико-химических характеристик металла и

шлака, уменьшением массы металлозавалки на 3 – 14 т. В реальных производственных условиях предпочтительным является комплексный подход к оптимизации процесса.

В таблице 1 приведены технологические показатели продувки металла для опытных и сравнительных плавов. Для большей достоверности в обработку были взяты данные по плавкам сопоставимого сортамента. Плавки с нарушениями технологии и исправлениями конвертерной операции (додувками), как правило, в анализе и обработке не использовали.

Анализ химического состава металла на выпуске опытных плавов показал, заметное снижение содержания нежелательных примесей цветных металлов, в частности Cu, Ni, Cr, что обусловлено изменением качественного состава твердой металлошихты. Использование железосодержащего продукта переработки отвалных шлаков и соответствующее снижение расхода металлического лома, который является основным источником поступления примесей цветных металлов в конвертерную ванну при традиционной технологической схеме производства стали позволило обеспечить снижение концентрации, в частности, меди в металле перед выпуском из агрегата на 16 %, а никеля на 12,5 %. При увеличении количества перерабатываемых железосодержащих отходов возможно дальнейшее снижение содержания меди в выплавляемой стали.

Все опытные плавки характеризовались спокойным ходом продувки и незначительным количеством выбросов. При этом был снижен расход извести и высокомагнезиального флюса ФОМИ на 0,7 и 0,5 кг/т, соответственно, что позволило компенсировать поступление в конвертерную ванну шлаковой составляющей шлакостальных коржей, однако привело к некоторому снижению рафинирующих свойств конечного шлака, прежде всего его основности, и, соответственно, эффективности удаления вредных примесей.

В рассматриваемых условиях при невысокой температуре ванны в начале конвертерной плавки окисление фосфора осуществляется оксидами железа, поступающими, в том числе, из шлаковой составляющей растворяющихся шлакостальных коржей. Это обусловлено относительно низкой концентрацией кремния в передельном чугуна (0,4 – 0,5 %) и, соответственно, кремнезема в первичном шлаке, а также медленным ростом температуры ванны из-за большего охлаждающего эффекта шлакостальных коржей и наличием оксида кальция для связывания  $P_2O_5$  в комплексы, прочно удерживающие фосфор в шлаке и понижающие его активность.

Содержание фосфора в металле перед выпуском на опытных плавках с использованием шлакостальных коржей составляет 0,017 % при основности конечного шлака, равной 2,66 ед., содержании оксида железа – 24,45 %, температуре металла – 1629 °С, концентрации фосфора в чугуне – 0,09 % (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Технологические показатели продувки металла с использованием шлакостальных коржей

Показатели	Опытные плавки	Сравнительные плавки
Количество плавов	50	50
Расход ШСК, кг/т	14,94	0
Расход чугуна, кг/т	813	812
Температура чугуна, °С	1298	1305
Химический состав чугуна, %		
Si	0,43	0,42
Mn	0,46	0,48
S	0,025	0,024
P	0,090	0,082
Присадки в конвертер, кг/т		
ФОМИ	6,2	6,7
Известь	42,2	42,9
Уголь	20,7	19,2
Температура на повалке, °С	1629	1630
Химический состав металла на повалке, %		
C	0,049	0,062
Mn	0,105	0,155
S	0,029	0,028
P	0,017	0,017
Cu	0,057	0,068
Ni	0,028	0,032
Cr	0,034	0,046
Химический состав шлака, %		
CaO	40,9	40,6
SiO <sub>2</sub>	15,4	15,1
FeO	24,45	21,6
MgO	7,32	7,9
MnO	4,97	6,61
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,62	1,74
S	0,09	0,08
Основность	2,66	2,69
Коэффициенты распределения:		
(S)/[S]	3,10	3,13
(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )/[P]	109,96	117,77

Что касается содержания фосфора в металле перед выпуском на сравнительных плавках, то среднее значение находится на том же уровне, при этом обеспечивается более высокий коэффициент распределения фосфора между шлаком и металлом, что, видимо, обусловлено составом и количеством последнего.

В обычных условиях конвертерной плавки, как правило, шлак формируется с повышенным содержанием оксидов железа, что в целом неблагоприятно для удаления серы. Содержание серы в металле перед выпуском на опытных плавках с использованием шлакостальных коржей составляет 0,029 %, а на сравнительных плавках 0,028 % (см. таблицу 1). При этом необходимо отметить, что на опытных плавках окисленность шлака

несколько выше, чем на сравнительных, а основность шлака и температурные условия процесса практически идентичны.

Экономическую эффективность технологии выплавки стали с увеличенным до 10 – 50 % от массы твердой металлошихты расходом шлакостальных коржей оценивали с использованием методики определения сравнительной эффективности сталеплавильных процессов. В качестве основных показателей использовали себестоимость стали и приведенные затраты, отражающие процесс снижения металлоемкости продукции (расходные коэффициенты на сырье и материалы, выход жидкой стали).

Анализ себестоимости стали, выплавленной с использованием шлакостальных коржей (таблица 2, варианты 1, 2) показал, что по варианту 1 при расходе шлакостальных коржей – 10 % от массы твердой металлошихты можно прогнозировать снижение себестоимости стали на 104,03 руб/т, что также обусловлено рекомендуемым изменением расхода шлакообразующих материалов (извести и высокомагнезиального флюса ФОМИ) и угля ТОМ.

По варианту 2, при использовании вместе с металлоломом шлакостальных коржей в количестве 50 % от массы твердой металлошихты, расчетное снижение себестоимости стали составляет 605,72 руб/т при соответствующем изменении расхода извести, флюса ФОМИ, угля ТОМ и кислорода, а также более значительное, по сравнению с вариантом 1, изменение выхода жидкой стали.

Таблица 2 – Сравнение затрат при производстве стали с использованием шлакостальных коржей

Наименование	Цена	Базовый вариант		Вариант 1		Вариант 2	
		кг/т	руб/т	кг/т	руб/т	кг/т	руб/т
Чугун	13340,91	813,84	10857,37	821,23	10955,96	850,83	11350,85
Лом	13309,08	287,09	3820,90	260,73	3470,08	150,02	1997,43
<b>ШСК</b>	<b>4132,08</b>	–	–	<b>28,97</b>	<b>119,71</b>	<b>150,02</b>	<b>620,06</b>
Ферросплавы	58913,86	8,89	523,74	8,89	523,74	8,89	523,74
Итого металлошихты, кг/т		1109,82	15202,01	1119,82	15069,49	1159,82	14491,41
Известь	2595,71	49,67	128,93	48,61	126,18	44,12	114,52
ФОМИ	6996,32	7,05	49,32	6,97	48,76	5,89	41,21
ФМ-1	6120,00	3,38	20,69	3,41	20,87	3,53	21,60
Кислород, м <sup>3</sup> /т	3393,99	55,94	189,86	56,23	190,84	57,48	195,09
Уголь	7679,76	19,13	146,91	20,51	157,51	21,87	167,96
Расходы по переделу			1002,09		1022,13		1102,30
Себестоимость			16739,81		16635,78		16134,09

Таким образом снижение затрат на производство стали при частичной замене металлического лома железосодержащими отходами и технологические показатели окислительного рафинирования металла в 160-т конвертерах АО «ЕВРАЗ ЗСМК» свидетельствуют об экономических перспективах процесса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петракова, Т.М. Итоги работы предприятий черной металлургии России за 9 мес. 2016 г. / Т.М. Петракова, И.М. Иванова // Черная металлургия. – 2017. – № 1. – С. 3 – 16.

2. Кузнецов, С.Н. Металлургические технологии переработки техногенных месторождений, промышленных и бытовых отходов: монография / С.Н. Кузнецов, Е.П. Волынкина, Е.В. Протопопов, В.Н. Зоря. – Новосибирск : Издательство СО РАН, 2014. – 294 с.

3. Протопопов, Е.В. Исследование особенностей формирования гарнисажа на футеровке большегрузных конвертеров при использовании высокомагнезиальных флюсов / Е.В. Протопопов, А.А. Пермяков, А.Н. Калиногорский // Проблемы черной металлургии и материаловедения. – 2013. – № 4. – С. 32 – 35.

4. Протопопов, Е.В. Исследование фазовых равновесий в шлаковом расплаве при выплавке стали с использованием высокомагнезиальных флюсов / Е.В. Протопопов, А.Н. Калиногорский, Н.Ф. Якушевич // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. 2016. № 18. С. 64 – 69.

5. Amelin, A.V. Formation of magnesia-slag coating on the lining of large converters / A.V. Amelin, E.V. Protopopov, A.N. Kalinogorskii, S.V. Feiler // Steel in Translation. – 2014. – Vol. 44. – № 7. – P. 513 – 516.

УДК 625.143.48

*Р.А. Шевченко<sup>1</sup>, С.Н. Кратько<sup>2</sup>, П.Е. Шишкин<sup>1</sup>, Н.А. Козырев<sup>1</sup>,  
В.И. Базайкин<sup>1</sup>*

#### **ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА КОНТАКТНОЙ СВАРКИ РЕЛЬСОВ НА МАШИНЕ К1000 МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк

<sup>2</sup>ООО «РСП-М» структурное подразделение рельсосварочное предприятие  
№29 (РСП-29), п.г.т. Промышленный

Самым широко используемым методом сварки рельсов в России является электроконтактный способ (ЭС). При этом основную часть рельсов сваривают

на стационарных рельсосварочных предприятиях и небольшую часть стыков путевыми рельсосварочными самоходными машинами [1]. В стационарных условиях рельсы сваривают с помощью машин МСР 63.01, К1000 и К1100. Сварку в пути производят с помощью самоходных машин, оборудованных подвесными рельсосварочными головками МСР 80.01, К900, К922.

При электроконтактном способе нагрев происходит в результате выделения тепла от пропускания электрического тока между торцами свариваемых рельсов. При соприкосновении торцов происходит процесс оплавления и в момент достижения на торцах равномерно оплавленного слоя производят осадку.

В работах [2, 3] нами проводилась оптимизация параметров сварки рельсов на машине К1100. В данной работе проводили исследование по оптимизации процесса контактной сварки рельсов типа Р65 на машине К1000 в условиях РСП-29.

Технологический процесс электроконтактной сварки рельсов делится на этапы: I этап оплавления, II этап оплавления, форсировка, осадка, гратосъем. Параметрами каждого этапа сварки являются: сила тока  $I$ , А; напряжение  $U$ , В; величина перемещения подвижной станины  $S$ , мм; давление в гидросистеме  $P$ , атм; скорость перемещения подвижной станины  $V$ , мм/с; длительность каждого этапа  $T$ , с. Каждый технологический этап имеет свою продолжительность, внутри которого контролируемые параметры изменяются в широком диапазоне. Для вышеописанных этапов при сварке на машине К1000 обычно используют значения основных параметров, приведенных в таблице 1.

Весь процесс сварки полнопрофильных рельсов контролировался с записью в память компьютера основных параметров, по трем характерным значениям: минимум, максимум и среднее. Данные параметры во время процесса сварки фиксировались и сохранялись в базе данных в табличном и при необходимости в графическом виде.

Таблица 1 – Интервалы значений основных параметров сварки на машине К1000

№	Название этапа	Интервалы значений параметров сварки					
		T, сек	I, А	U, В	P, атм	V, мм/с	S, мм
1	I этап оплавления	22-45	36 - 1131	46-427	12-47	0,00-3,00	2,5-3,9
2	II этап оплавления	75-130	30-716	266-389	21-33	0,00-3,00	5,9-6,6
3	Форсировка	4,1-6,8	95-899	283-422	20-29	0,00-3,00	5,8-7,0
4	Осадка	1,4-1,5	213-1187	361-411	16-132	5,00-8,20	16,9-17,4
5	Гратосъем	1	13-290	17-306	71-108	0,00-1,00	0,1-1,0

Для описания процесса контактной сварки рельсов на машине К1000 в данной работе применяли метод статистического моделирования. На качество сварного шва рельсов влияют технологические параметры сварки:  $I$ ,  $U$ ,  $S$ ,  $P$ ,  $V$  – это независимые (входные) переменные. Зависимыми (выходными) параметрами являются результаты механических испытаний контрольного образца – это значения усилия, возникающего при изгибе  $P_{изг}$ , (кН) и значения

стрелы прогиба  $f_{пр}$  (мм) при которых происходит разрушение контрольного образца, либо максимальные значения данных показателей, если образец не разрушился во время испытаний.

После обработки данных производственного контроля и параметров сварочных режимов были получены таблицы, состоящие из 100 наблюдений для каждого этапа, в которых приведены основные фактические значения сварочных режимов и результаты испытаний сварных соединений, полученных на машине контактной стыковой сварки К1000.

На основе полученных производственных данных была проведена их статистическая обработка при помощи статистического пакета STATISTICA 6.0. Оценка влияния параметров сварочных режимов на величину усилия, возникающего при изгибе  $P_{изг}$  (кН) и значение стрелы прогиба  $f_{пр}$  (мм) проводилась средствами многофакторного корреляционного анализа, который позволяет изучить зависимость изменяющегося показателя от поведения различных факторов, описанного в работе [4].

Вычисление коэффициентов регрессионных уравнений производили матричным методом с использованием пакета STATISTICA 6.0. Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$Y = B_0 + B_1 \cdot X_1 + B_2 \cdot X_2 + \dots + B_n \cdot X_n, \quad (1)$$

где  $Y$ - зависимый (выходной) параметр;

$X_1, X_2, \dots, X_n$  – независимые (входные) переменные;

$B_0, B_1, B_2, \dots, B_n$ - коэффициенты регрессии.

На каждом этапе (I этап оплавления, II этап оплавления, форсировка, осадка, гратосъем) были построены регрессионные модели с выходными параметрами  $P_{изг}$  и  $f_{пр}$  и рассчитаны коэффициенты детерминации:

- модели на I этапе оплавления

$$P_{изг} = 8926,75 - 176,78 \cdot V_{ср} + 57,99 \cdot V_{мин} - 80,01 \cdot V_{макс} + 19,73 \cdot S_{прип} - 1,52 \cdot S_{поз} - 118,99 \cdot P_{ср} - 38,04 \cdot P_{мин} + 12,92 \cdot P_{макс} - 8,08 \cdot U_{ср} - 0,06 \cdot U_{мин} + 2,72 \cdot U_{макс} - 1,28 \cdot I_{ср} - 2,02 \cdot I_{мин} - 0,04 \cdot I_{макс} - 0,72 \cdot T_{длит}; R^2 = 0,26; (1.1)$$

$$f_{пр} = 2318,77 - 36,54 \cdot V_{ср} - 25,96 \cdot V_{мин} - 3,40 \cdot V_{макс} + 5,97 \cdot S_{прип} + 0,31 \cdot S_{поз} - 14,71 \cdot P_{ср} - 9,62 \cdot P_{мин} + 5,35 \cdot P_{макс} - 3,45 \cdot U_{ср} - 0,03 \cdot U_{мин} + 0,22 \cdot U_{макс} - 0,32 \cdot I_{ср} - 1,39 \cdot I_{мин} - 0,11 \cdot I_{макс} - 0,33 \cdot T_{длит}; R^2 = 0,16; (1.2)$$

- модели на II этапе оплавления

$$P_{изг} = 1306,59 + 26,10 \cdot V_{ср} - 221,94 \cdot V_{мин} + 77,83 \cdot V_{макс} - 1,10 \cdot S_{прип} - 2,14 \cdot S_{поз} - 41,04 \cdot P_{ср} + 28,79 \cdot P_{мин} + 118,61 \cdot P_{макс} + 25,56 \cdot U_{ср} - 31,03 \cdot U_{мин} + 2,05 \cdot U_{макс} - 3,47 \cdot I_{ср} + 1,54 \cdot I_{мин} + 0,64 \cdot I_{макс} - 0,55 \cdot T_{длит} - 0,25 \cdot T_{нач}; R^2 = 0,25; (2.1)$$

$$f_{пр} = - 2397,14 - 37,61 \cdot V_{ср} - 50,36 \cdot V_{мин} + 57,72 \cdot V_{макс} + 5,94 \cdot S_{прип} + 0,51 \cdot S_{поз} - 22,82 \cdot P_{ср} + 21,44 \cdot P_{мин} + 53,68 \cdot P_{макс} - 13,89 \cdot U_{ср} + 16,47 \cdot U_{мин} + 0,95 \cdot U_{макс} - 2,03 \cdot I_{ср} + 0,45 \cdot I_{мин} + 0,92 \cdot I_{макс} - 0,13 \cdot T_{длит} + 0,06 \cdot T_{нач}; R^2 = 0,26; (2.2)$$

- модели на этапе форсировки

$$P_{изг} = 7709,30 - 80,40 * V_{ср} + 80,08 * V_{мин} - 3,34 * V_{макс} + 8,78 * S_{прип} + 5,73 * S_{поз} + 6,45 * P_{ср} + 3,73 * P_{мин} - 3,73 * P_{макс} - 30,15 * U_{ср} + 2,09 * U_{мин} + 15,48 * U_{макс} - 0,63 * I_{ср} + 0,72 * I_{мин} - 0,04 * I_{макс} - 5,36 * T_{длит} - 0,56 * T_{нач}; R^2 = 0,22; (3.1)$$

$$f_{пр} = 4081,96 - 34,12 * V_{ср} + 19,25 * V_{мин} - 5,49 * V_{макс} - 0,67 * S_{прип} + 2,09 * S_{поз} + 3,07 * P_{ср} + 10,95 * P_{мин} - 3,59 * P_{макс} - 16,26 * U_{ср} + 0,88 * U_{мин} + 5,80 * U_{макс} - 0,29 * I_{ср} + 0,52 * I_{мин} - 0,02 * I_{макс} - 1,28 * T_{длит} - 0,09 * T_{нач}; R^2 = 0,12; (3.2)$$

- модели на этапе осадки

$$P_{изг} = 7928,54 - 70,16 * V_{ср} + 0,03 * V_{макс} - 28,50 * S_{прип} + 4,99 * S_{поз} + 2,88 * P_{ср} + 1,21 * P_{мин} + 14,62 * P_{макс} - 8,51 * U_{ср} - 0,21 * U_{мин} + 3,06 * U_{макс} - 10,63 * I_{ср} + 0,67 * I_{мин} + 10,22 * I_{макс} - 45,47 * T_{длит} - 0,48 * T_{нач}; R^2 = 0,16; (4.1)$$

$$f_{пр} = 3518,95 - 73,49 * V_{ср} - 0,49 * V_{макс} - 22,23 * S_{прип} + 2,20 * S_{поз} + 5,56 * P_{ср} + 1,62 * P_{мин} + 11,96 * P_{макс} + 10,93 * U_{ср} - 8,80 * U_{мин} - 2,83 * U_{макс} + 0,58 * I_{ср} - 0,15 * I_{мин} - 0,76 * I_{макс} - 52,15 * T_{длит} - 0,11 * T_{нач}; R^2 = 0,13; (4.2)$$

- модели на этапе гратосъема

$$P_{изг} = 2515,56 - 562,14 * V_{ср} + 75,23 * S_{прип} + 7,42 * S_{поз} + 96,69 * P_{ср} - 46,47 * P_{мин} - 52,16 * P_{макс} + 15,03 * U_{ср} + 10,54 * U_{мин} - 11,55 * U_{макс} + 14,06 * I_{ср} - 23,37 * I_{мин} + 2,22 * I_{макс} - 0,58 * T_{нач}; R^2 = 0,21; (5.1)$$

$$f_{пр} = -549,68 - 388,49 * V_{ср} + 71,85 * V_{макс} + 3,20 * S_{поз} + 37,58 * P_{ср} - 17,04 * P_{мин} - 22,16 * P_{макс} + 14,93 * U_{ср} - 14,36 * U_{мин} - 1,74 * U_{макс} + 6,48 * I_{ср} - 7,79 * I_{мин} - 1,30 * I_{макс} - 0,14 * T_{нач}; R^2 = 0,12; (5.2)$$

Коэффициенты детерминации для каждого этапа имеют низкое значение, это говорит о том, что входные переменные на каждом отдельном этапе процесса контактной сварки не в полной мере отражают полноту своего влияния на выходные параметры. Очевидно, что каждый из этапов оказывают влияние на выходные параметры, но полное влияние входных переменных можно оценить только в совокупности этих этапов.

При исключении неудовлетворяющих параметры по t-критерию Стьюдента получили следующие модели, описывающие весь процесс в целом:

$$P_{изг} = 1773,18 - 0,79 * T_{нач5} - 1,34 * I_{ср4} + 138,35 * V_{мин3} + 7,43 * U_{макс3} + 91,65 * V_{макс2} + 1,47 * U_{макс2} + 6,95 * P_{макс1} + 16,41 * S_{прип1} - 36,77 * P_{мин1}; R^2 = 0,71; (6.1)$$

$$f_{пр} = -3199,48 + 13,4 * U_{ср5} - 3,57 * I_{мин5} - 0,05 * T_{мин5} - 62,64 * V_{ср4} + 14,11 * P_{ср4} - 0,01 * I_{мин4} - 1,31 * I_{макс4} + 3,32 * S_{мин3} + 34,71 * V_{макс2} + 10,78 * S_{прип2} + 31,06 * P_{мин2} + 1,11 * U_{макс2} + 1,17 * I_{макс2} + 3,65 * P_{макс1}; R^2 = 0,66; (6.2)$$

Полученные уравнения регрессии учитывают влияние каждого технологического этапа процесса контактной сварки рельсов на выходные свойства. Данные модели имеют достаточно высокие коэффициенты детерминации, по t-критерию Стьюдента коэффициенты регрессии всех



входных переменных значимы, а также модель является адекватной по F-критерию Фишера (для  $P_{из}$  при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ :  $F_{факт} = 18,9 > F_{кр} = 0,49$ ; для  $f_{пр}$  при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ :  $F_{факт} = 8,76 > F_{кр} = 0,54$ ).

Адекватность данных уравнений регрессии (6.1), (6.2) проверялась по показателю средней ошибки аппроксимации [5]:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left| \frac{Y_i - \tilde{Y}_i}{Y_i} \right| \cdot 100, \quad (2)$$

где  $m$  – количество наблюдений;  $\tilde{Y}_i$  – вычисленное значение результирующего показателя;  $Y_i$  – фактическое значение результирующего показателя.

Для  $P_{из}$  средняя ошибка аппроксимации равна:  $\bar{\varepsilon} = 2,5 \%$ .

Для  $f_{пр}$  средняя ошибка аппроксимации равна:  $\bar{\varepsilon} = 8 \%$ .

Анализ распределения остатков показал, что явного отклонения от нормального закона распределения не наблюдается, т. е. остатки распределены случайно и в модели отсутствуют неучтенные параметры, влияющие на выходной параметр. Модель пригодна для принятия решений и для прогнозирования.

Выводы:

– Разработаны математические модели процесса контактной сварки рельсов на машине К1000, позволяющие оценить полноту влияния параметров технологического процесса контактной сварки рельсов на качество сварного шва:

$$P_{изг} = 1773,18 - 0,79 * T_{нач5} - 1,34 * I_{ср4} + 138,35 * V_{мин3} + 7,43 * U_{макс3} + 91,65 * V_{макс2} + 1,47 * U_{макс2} + 6,95 * P_{макс1} + 16,41 * S_{прип1} - 36,77 * P_{мин1}, R^2 = 0,71;$$

$$f_{пр} = -3199,48 + 13,4 * U_{ср5} - 3,57 * I_{мин5} - 0,05 * T_{мин5} - 62,64 * V_{ср4} + 14,11 * P_{ср4} - 0,01 * I_{мин4} - 1,31 * I_{макс4} + 3,32 * S_{мин3} + 34,71 * V_{макс2} + 10,78 * S_{прип2} + 31,06 * P_{мин2} + 1,11 * U_{макс2} + 1,17 * I_{макс2} + 3,65 * P_{макс1}, R^2 = 0,66.$$

– С помощью регрессионных моделей предлагается прогнозировать качество сварного шва и управлять технологическими параметрами процесса контактной сварки рельсов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козырев Н. А. Современные методы получения бесстыковых рельсов / Н. А. Козырев, А. А. Усольцев, Р. Е. Крюков, Р. А. Шевченко, П. Е. Шишкин // Инновации в топливно-энергетическом комплексе и машиностроении: сборник трудов Международной научно-практической конференции 18-21 апреля 2017 года / под ред. А. Н. Смирнова. – Кемерово: КузГТУ, 2017. с 123 - 127.

2. Шевченко Р.А. Статистическая модель управления процессами контактной сварки рельсов / Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.А. Усольцев, А.О. Патрушев, П.Е. Шишкин // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 1 (19). – с. 4 - 8

3. Шевченко Р.А Оптимизация технологических параметров процесса контактной стыковой сварки рельсов / Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.А.

Усольцев, Л.П. Бащенко, С.В. Князев // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 1 (19). – с. 12 – 15.

4. Анализ данных в материаловедении. Ч. 2. Регрессионный анализ: учеб. пособие / А. С. Мельниченко. – М.: Изд-во Дом МИСиС, 2014. – 87 с.

5. Практикум по теории статистики: Учеб. пособие / Р. А. Шмойлова и [др]; под ред. Р. А. Шмойловой. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.; Финансы и статистические, 2006. – 416 с.

УДК 625.143.48

*Р.А. Шевченко<sup>1</sup>, В.И. Базайкин<sup>1</sup>, С. Н. Кратько<sup>2</sup>, Н.А. Козырев<sup>1</sup>,  
П.Е. Шишкин<sup>1</sup>*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКОВОГО РЕЖИМА СВАРОЧНОЙ МАШИНЫ К1000 ПРИ СВАРКЕ РЕЛЬСОВ**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк

<sup>2</sup>ООО «РСП-М» структурное подразделение рельсосварочное предприятие  
№29 (РСП-29), п.г.т. Промышленный

Электроконтактный способ (ЭС) сварки рельсов наряду с алюмотермитным и другими является наиболее распространенным в РФ. Данный способ позволяет получить наиболее качественное сварное соединение при строительстве и ремонте бесстыковых путей. Технология и оборудование для ЭС постоянно совершенствуется, при этом создаются новые принципы управления процессами на различных этапах.

Существующие методы управления оплавлением при контактной стыковой сварке осуществляются корректировкой задаваемой скорости оплавления в зависимости от текущего значения тока. Это осуществляется изменением установок начала коррекций скорости (ток коррекции  $I_{кор}$ ), тока остановки  $I_{ост}$ , останавливающего подачу, и тока реверса  $I_{рев}$ , дающего команду на реверс. Для этого программируемые значения скорости и тока оплавления, реализующие обратную связь  $I_{кор}$ ,  $I_{ост}$ ,  $I_{рев}$ , подбирают таким образом, чтобы фактическое среднее значение тока на осциллограмме было в 2 раза меньше тока короткого замыкания, что соответствует максимуму электрической мощности, развиваемой в контакте между оплавляемыми торцами заготовок. Недопустимые отклонения тока форме скачкообразных изменений его величины исключаются благодаря быстродействующей обратной связи, которая также стабилизирует текущее значение сварочного тока.

Корректор скорости оплавления с обратной связью по сварочному току, работает по принципу, показанному на рисунке 1. В точке пересечения кривых мощность, развиваемая машиной (кривая 2), и мощность, необходимая для оплавления деталей (кривая 1), одинаковы, что обеспечивает устойчивое протекание оплавления. При случайном увеличении тока от установившегося

значения  $I_{уст}$  мощность, развиваемая машиной, оказывается больше мощности, необходимой для оплавления. Избыточная мощность способствует ускорению нагрева и разрушению элементарных контактов и как следствие, увеличению сопротивления искрового промежутка, что сопровождается уменьшением тока до значения  $I_{уст}$ . При токе, меньшем  $I_{уст}$ , мощность, развиваемая машиной, оказывается меньше мощности, необходимой для оплавления. Сопротивление искрового промежутка уменьшается, что приводит к восстановлению установившегося значения тока. Если зависимость, отраженную кривой 1 на рисунке 1, использовать, чтобы задавать изменение скорости подачи деталей в функции тока, то такой корректор скорости обеспечит устойчивое оплавление по току [1].

В работе [1] приведено уравнение корректора, в котором зависимой величиной от текущего значения тока является напряжение на якоре электродвигателя привода перемещения подвижной плиты машины. После замены его на скорость перемещения подвижной плиты получим следующее уравнение корректора:

$$\Delta V = k (I_1(t) - I_0 + \delta) \text{ при } I_1(t) - I_0 > \delta; \quad (1)$$

где  $\Delta V$  – изменение скорости перемещения подвижной плиты;

$k$  – коэффициент пропорциональности;

$I_1(t)$  – текущее значение тока;

$I_0$  – заданное (установка) значение тока;

$\delta$  – зона нечувствительности схемы сравнения.

Из выражения (1) следует, что для нормальной работы корректора скорости необходимо постоянство среднего значения тока в течении всего времени сварки. При форсировке режим предусматривает нарастание тока перед осадкой, то подаются ложные команды на снижение скорости поддачи деталей.

Данный подход является наиболее простым, регулирование оплавлением осуществляется линейно. Что не может в полной мере воспринимать и учитывать сложные процессы искрового промежутка. Ранее в работе [2] была проведена оптимизация режимов сварки, регулирование которых осуществлялось вышеописанным методом.

В настоящей работе рассмотрены некоторые результаты анализа работы рельсосварочной машины К1100 производства Каховского завода электросварочного оборудования, предназначенной для контактной сварки с использованием режима пульсирующего оплавления.

Использованы записи тока в первичной цепи трансформатора сварочной машины в зависимости от времени в форме дискретных сигналов, время дискретизации  $T = 0,1$  с, длительность  $N$  сигналов как конечных последовательностей равна 32. Рассматривались токовые дискретные сигналы при варьировании скорости  $V$  сближения станин при оплавлении: 0,02; 0,03; 0,05; 0,06; 0,08 мм / с. Для каждого значения  $V$  были проведены от 4 до 10 выборок с записями дискретных сигналов. На рисунке 2 представлена типовая запись сигнала.

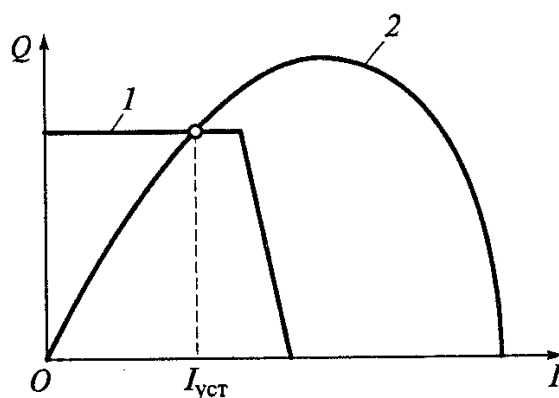


Рисунок – 1. Зависимость мощности, необходимой для оплавления деталей, и мощности развиваемой машиной от тока: 1 – мощность, необходимая для оплавления; 2 – мощность, развиваемая машиной;  $I_{уст}$  – установившееся значение тока

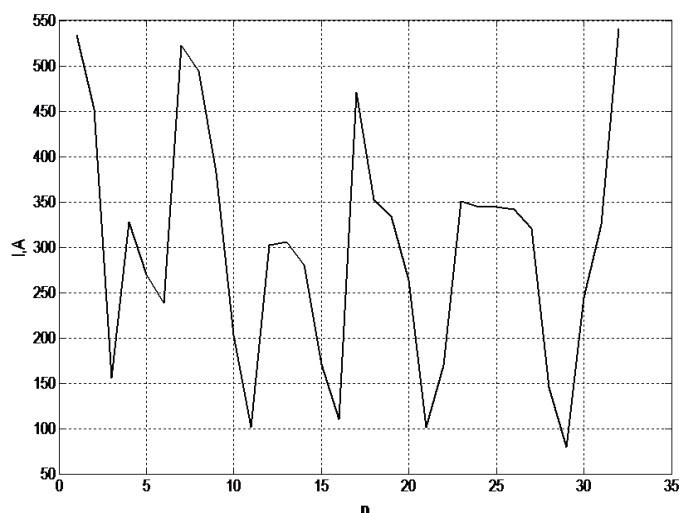


Рисунок – 2. Типовая запись значений тока при сварке

Построение графиков сигналов в матричной системе MATLAB [3] сопровождается первичной статистической обработкой сигналов как динамических рядов. На этом этапе из совокупности обработанных сигналов были удалены некоторые из них с заметно эксцессивными признаками (выбросы). Остальные сгруппированы по значениям скорости  $V$ , в каждой группе определено среднее значение  $\bar{I}$  тока и среднеквадратичное отклонение значений от  $\bar{I}$ . Результаты показаны в следующей таблице:

Таблица 1 – Результаты статистической обработки данных в MATLAB

$V$ , мм / с	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08
$\bar{I}$ , А	389,7	334,1	305,8	352,9	344,2
СКО ( $\bar{I}$ ), А	14,4	11,8	12,0	13,3	11,44

По данным таблицы были построены аппроксимации зависимости  $\bar{I}$  от  $V$  полиномами второй и третьей степени (рисунок 3):

$$\begin{aligned} \bar{I}_2 = p_1 V^2 + p_2 V + p_3, \quad p_1 = 4,666 \cdot 10^4, \quad \bar{I}_3 = p_1 V^3 + p_2 V^2 + p_3 V + p_4, \quad p_1 = -3,173 \cdot 10^6, \\ p_2 = -5,084 \cdot 10^3, \quad p_3 = 460,58; \quad p_2 = 5,312 \cdot 10^5, \\ p_3 = -2,727 \cdot 10^4, \quad p_4 = 751,33. \end{aligned}$$

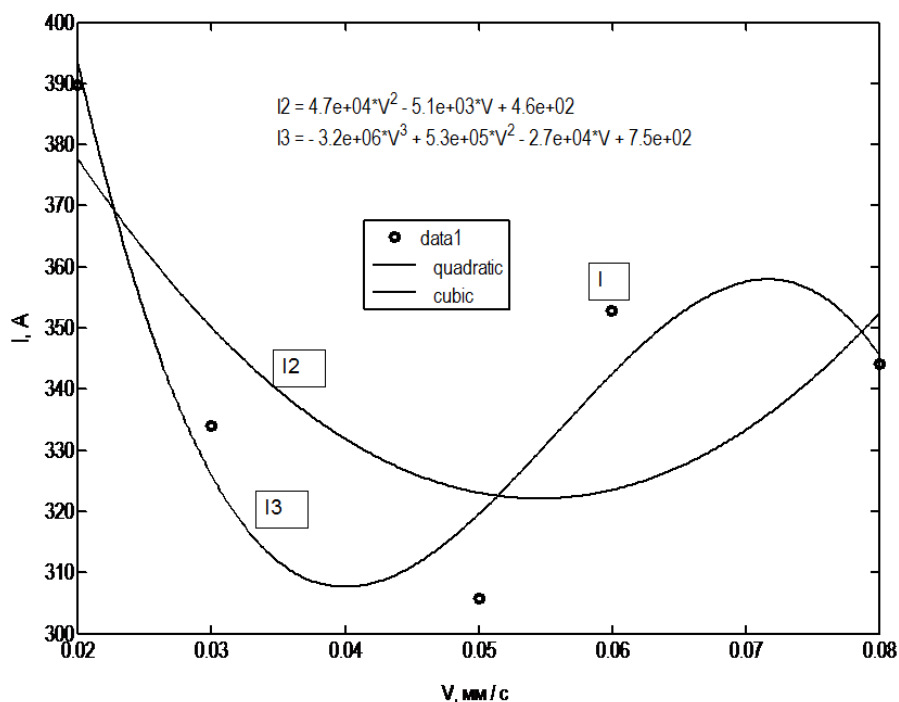


Рисунок – 3. Зависимость  $\bar{I}$  от  $V$ .  $\bar{I}_2$  – полином второй степени,  $\bar{I}_3$  – полином третьей степени

Надо отметить явное наличие минимума зависимости  $\bar{I}(V)$  при любой нелинейной аппроксимации и приемлемое значение коэффициента детерминации  $R^2 = 0,75$  для кубической модели.

Был также проведён спектральный анализ записанных сигналов. Для устранения случайных помех («белого шума») был применён фильтр. Так как частота тока в трансформаторе равна 50 Гц, выбран низкочастотный эллиптический фильтр  $[b,a] = \text{ellip}(n,R_p,R_s,W_p)$ , обсуждённый в [4];  $n$  – длина фильтруемого сигнала,  $R_p$  – максимально допустимое ослабление сигнала в полосе пропускания в dB,  $R_s$  – минимально допустимое снижение сигнала в полосе задерживания в dB,  $W_p$  – нормированная полоса пропускания фильтра,  $0 < W_p < 1$ . На рисунке 4 показана характеристика эллиптического фильтра. Спектр дискретных отфильтрованных сигналов получен применением быстрого преобразования Фурье (БПФ) [5], использована команда  $\gg [H,w] = \text{freqz}(b,a,F_s)$  системы MATLAB,  $H(w)$  – спектр сигнала,  $|H(w)|$  – амплитудно-частотная характеристика сигнала.

Для каждого из значений скорости  $V$  сближения станин получены спектры отфильтрованных сигналов, на рисунках 4 – 6 показаны амплитудно-частотные характеристики для трёх из значений: 0,03; 0,05; 0,08 мм/с. Фильтр убрал случайные всплески с частотами больше 3 и меньше 20 Гц. Выявились три пика амплитуд тока с частотами (4 – 7) Гц, (8 – 9) Гц, (11 – 12) Гц.

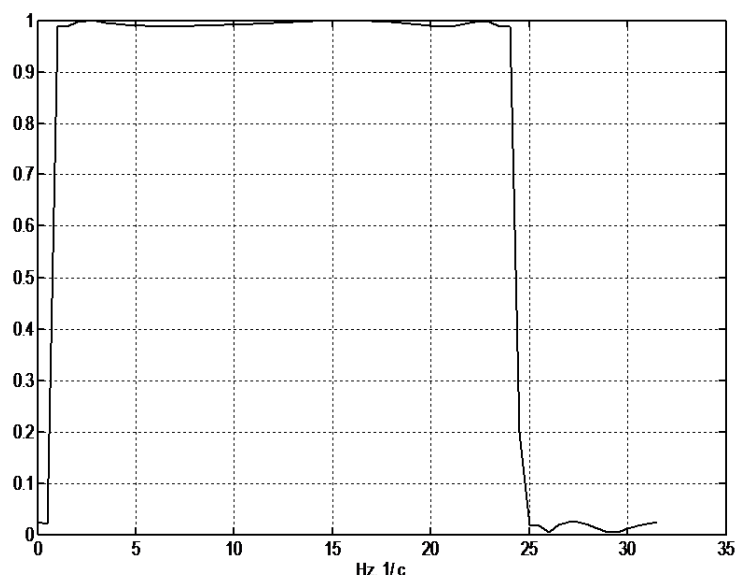


Рисунок – 4. Характеристика эллиптического фильтра.

### Обсуждение и выводы

В настоящее время существуют несколько вариантов технологий и соответствующего оборудования сварки рельсов [6-8]. Сварочные машины имеют определенные методы управления процессом оплавления, учитывающие не все особенности данного процесса. Как следует из прилагаемых инструкций по эксплуатации подобных машин, рекомендации по выбору токового режима выработаны опытным путём и не учитывают особенности функционирования машины как самостоятельной электрической системы со своими собственными частотами, своим влиянием на процессы, протекающие в искровом промежутке. В нашем исследовании регистрировались токи, задаваемые обслуживающим персоналом как оптимальные и назначаемые в соответствии с линейной зависимостью от скорости сближения. Обнаруженная выраженная нелинейность этой зависимости позволяет уточнить рекомендации для управления процессом, что в свою очередь позволит уменьшить потребление мощности, а также повысить качество сварного соединения. Далее, спектр тока имеет низкочастотные составляющие, причины существования которых неясны. Возможно, дальнейшие исследования смогут объяснить их и устранить из токового наполнения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Управление процессами и оборудованием при сварке: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений/ Э.А. Гладков. – М.: Издательский центр "Академия", 2006. – 432 с.
2. Шевченко Р.А Оптимизация технологических параметров процесса контактной стыковой сварки рельсов / Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.А. Усольцев, Л.П. Башенко, С.В. Князев // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 1 (19). – с. 12 – 15.
3. Васильев А.Н. MATLAB. Практический подход: монография / А.Н. Васильев // СПб.: Наука и техника, 2012. – 448 с.

4. Дьяконов В.П. MATLAB. Полный самоучитель: монография / D/G/ Дьяконов // М.: ДМК Пресс, 2012. – 768 с.
5. Солонина А.И. Основы цифровой обработки сигналов: учебное пособие / А.И. Солонина, Д.А. Улахович и [др.] // СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 768 с.
6. Кучук-Яценко С. И. Контактная стыковая сварка оплавлением: сборник / Отв. ред. В. К. Лебедев // Киев: Наук. думка, 1992. — 236 с.
7. Гуляев А. И. Технология и оборудование контактной сварки: монография /А.И. Гуляев //М.: Машиностроение, 1985. — 256 с.
8. Кучук-Яценко С. И., Дидковский А. В., Швец В. И. Технология и оборудование для контактной сварки высокопрочных рельсов / С.И. Кучук-Яценко, А.В. Дидковский, В.И. Швец // Автомат. сварка. — 2008. — № 11. — С. 129–138.

УДК 621.74.002.6:681.3

*С.В. Князев<sup>1</sup>, Д.В. Скопич<sup>2</sup>, Е.А. Фатьянова<sup>2</sup>, А.А. Усольцев<sup>1</sup>,  
А.И.Куценко<sup>1</sup>*

## **КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЛИТОЙ СТАЛИ**

<sup>1</sup> *ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк*

<sup>2</sup> *ООО «Индас Холдинг», г.Новокузнецк*

Аудит технологического процесса выплавки стали марки 20ГФЛ в дуговых печах емкостью шесть тонн Рубцовского филиала ОАО “Алтайвагон” выявил проблемы, связанные с получением брака стали по механическим свойствам [1,2,16,21]. При этом химический состав исследуемых образцов находился в установленных ГОСТ границах. Для подтверждения данного факта и выявления причин проблемы брака был проведен статистический анализ влияния химического состава на качественные характеристики механических свойств металла. В качестве эксперимента были отобраны годовые данные по пяти ДСП емкостью 6 тонн. Выборка составила 6000 плавов. Для анализа были взяты пять показателей механических свойств (КСУ (при -60°C), КСВ (при -60°C), временное сопротивление, относительное сужение и относительное удлинение) и десять элементов химического состава (С, S, MN, P, S, CR, NI, AL, CU, V). Анализ проводился в среде RStudio на языке обработки статистических данных - R.

Для проведения регрессионного анализа и построения модели прогнозирования использовались следующие алгоритмы: Linear Regression (LR), Random Forest (RF) [3,4,17,21] и Support Vector Machine (SVM) [5,6,18,21].

Методы SVM и RF показали более хорошие результаты, чем LR и примерно одинаковую среднюю абсолютную ошибку MAPE, соответственно 6.44 и 6.78%. Для дальнейшего анализа был выбран метод RandomForest. Далее,

была построена прогнозная модель абсолютной ошибки прогнозирования параметра методом RF. После корректировки прогнозных значений КСУ на величину прогнозируемой ошибки удалось снизить МАРЕ прогнозной модели до 2.46%. Средняя абсолютная ошибка прогноза по всем механическим свойствам не превысила 3%.

С помощью Genetic Algorithm (GA) и полученных прогнозных моделей был проведен поиск минимума значения по каждому параметру механических свойств при заданных требованиями ГОСТ границах на процентное содержание элементов в химическом составе стали марки 20ГФЛ. Согласно проведенным расчетам, минимальные значения относительного сужения, относительного удлинения и КСУ не вышли за границы зоны качества. Расчет минимальных значений КСВ и временного сопротивления показал возможность получения брака при хорошем, с точки зрения ГОСТ, химическом составе. Графики поиска минимумов с помощью GA для КСВ и временного сопротивления показаны на рис.1.

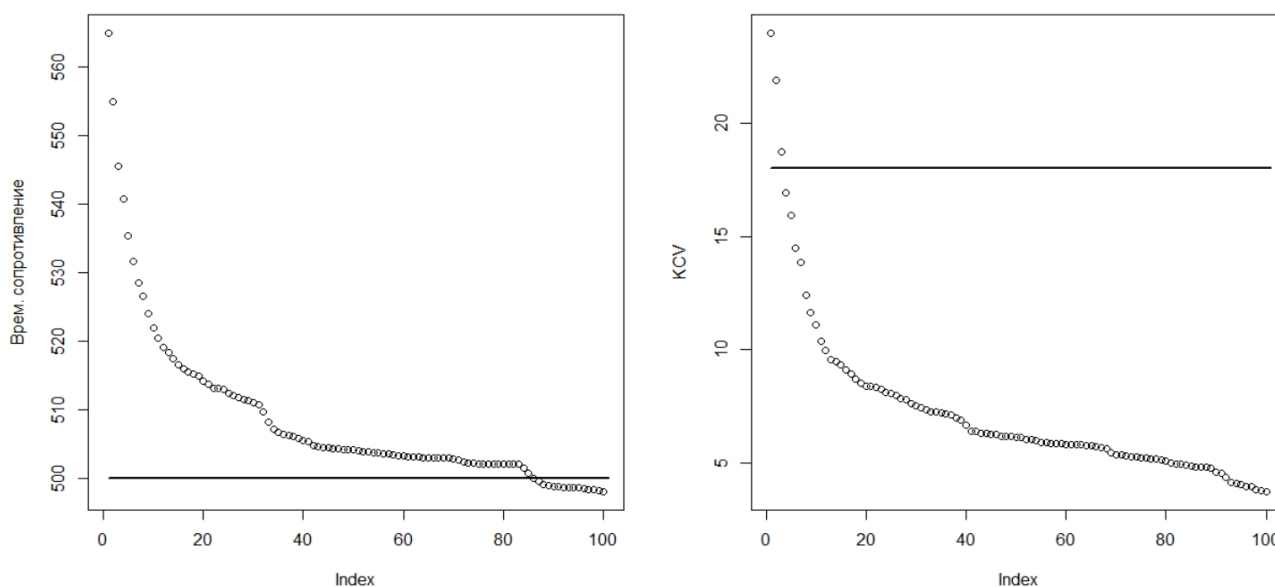


Рисунок – 1. Графики поиска минимумов с помощью GA для КСВ и временного сопротивления

Проведенные расчеты подтвердили возможность получения брака стали по механическим свойствам при соблюдении границ на содержание элементов в химическом составе плавки согласно ГОСТ [1,21]. Таким образом, существует необходимость прогнозирования механических свойств стали по ходу выплавки. Например, после получения результатов экспресс-лаборатории перед сливом стали в ковш.

При получении прогноза брака по одному из параметров, используя GA и прогнозную модель RF, задав текущие значения элементов химического состава и конечные условия, можно рассчитать химический состав стали, которого еще возможно добиться на данной плавке и который будет гарантировать отсутствие брака. После расчета рекомендуемого химического состава можно рассчитать необходимые добавки в ковш при сливе плавки. Это позволит частично или полностью уйти от брака по механическим свойствам.



Актуальность обеспечения высокого уровня показателей контроля и управления качеством, ответственности при производстве стальных литых изделий – рамы боковой и балки надрессорной грузовых железнодорожных вагонов, связанна с обеспечением безопасности на железных дорогах, а также постоянным повышением требований к качеству отливок на уровне государственных и межгосударственных стандартов [7,16].

Так, с 2001 года качество рам и балок регламентировалось ОСТ 32.183-2001. В 2013 году был принят межгосударственный стандарт ГОСТ 32400-2013, который в значительной мере повышает требования к механическим свойствам марок стали, используемых для литья. Сравнительная таблица требований по механическим свойствам предыдущего и нового стандартов показана ниже.

Таблица 1 - Параметры ГОСТ

Документ	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	Ударная вязкость	
					КСU (-60°C), Дж/см <sup>2</sup>	КСV (-60°C), Дж/см <sup>2</sup>
ОСТ 32.83-2001	294	490	20	30	24.5	16.7
	343	510	18	25		
ГОСТ 32400-2013	300	500	20	35	-	17 (20*)
	343	510	18	30		

\*с 01.01.2016 г.

Как мы видим, особые изменения относятся к относительному сужению и ударной вязкости. Контроль ударной вязкости на U-образном образце стал необязательным.

Параметры механических свойств не единственные требования, предъявляемые к отливкам для железнодорожного транспорта. Учитывая также структуру металла и его химический состав, получаем большой список контролируемых параметров. Для повышения оперативности и автоматизации процесса контроля качества можно попытаться выделить из данного списка ключевые показатели.

Ключевые показатели позволяют производителю оценить тенденции и состояние качества производимых изделий по гораздо меньшему количеству показателей. Это возможно, благодаря тому, что многие параметры связаны между собой.

В силу грубой своей оценки показатель *величины зерна структуры металла* не может служить эффективным показателем улучшения или ухудшения качества. Лабораторные исследования зачастую только констатируют тот факт, что данная характеристика в норме. Но уменьшение величины зерна приводит к повышению характеристик пластичности с одновременным ростом прочностных характеристик. Поэтому оценка этого параметра может быть косвенной на основе ее влияния на механические свойства.

*Химический состав стали*, безусловно, важный набор показателей, но предоставляет сложную систему оценок, состоящую из большого числа

контролируемых значений при сильном их взаимном влиянии. Нельзя контролировать, например, один углерод, так как само по себе его содержание без учета общего состава не дает понимания качества отливки. Необходимо учитывать и тот факт, что литые изделия проходят обязательную термическую обработку в печах нормализации, что в итоге изменяет химический состав готовых изделий уже после проведения спектрального анализа.

В итоге приходим к тому, что оптимальным является выбор ключевых показателей из состава *механических свойств*. В силу того, что испытания проводятся на готовых изделиях после всех обработок, а все другие контролируемые параметры влияют на показатели механических свойств.

Для проведения анализа была использована база данных 6000 лабораторных испытаний отливок из стали марки 20ГФЛ рамы боковой и балки наддресорной. Исследовались пять механических свойств, контролируемых согласно ГОСТ: предел текучести, временное сопротивление, относительное сужение, относительное удлинение и ударная вязкость.

Механические свойства по способу испытания на воздействие различных нагрузок можно разделить на две группы – пластичности (временное сопротивление, удлинение, сужение) и ударной вязкости (испытания типа КСU и КСV на образцах разной геометрии).

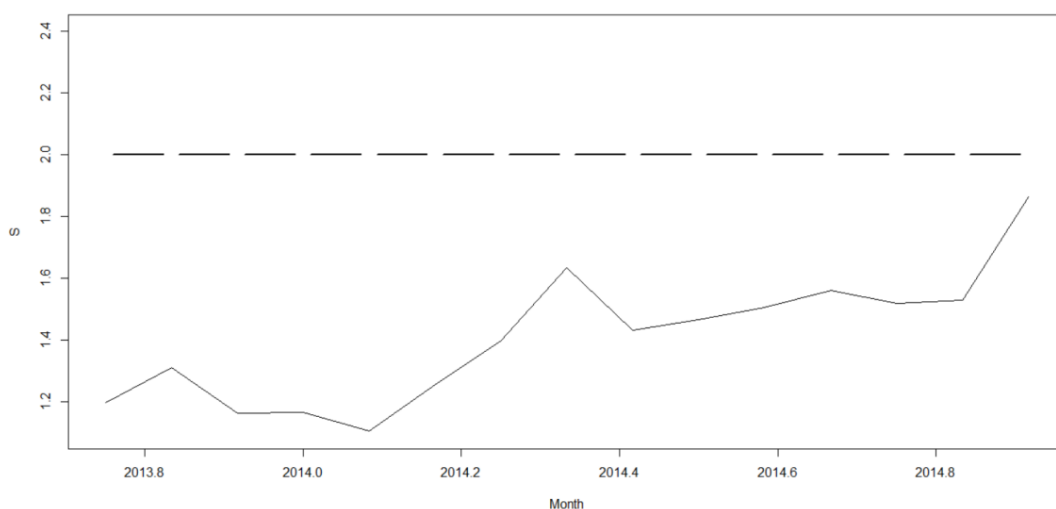


Рисунок – 2. Анализ тенденции КСV по месяцам

По требованиям ГОСТ 32400-2013 в группе свойств сопротивления металла ударным нагрузкам контролируется только нижняя граница ударной вязкости на V-образном образце (КСV). Поэтому в качестве первого ключевого показателя качества выберем степень приближения КСV к своей нижней границе.

В связи с тем, что результаты измерений имеют нормальное распределение, то степень приближения можно оценивать в стандартных среднеквадратичных отклонениях от среднего значения за отчетный период, например, месяц (рис.2).

По оси Y на представленном графике указано количество стандартных отклонений. Из графика видна постоянная положительная динамика КСV. Для

снижения рисков получения брака по механическим свойствам необходимо стабильное превышение показателя как минимум в два стандартных отклонения, что гарантирует отсутствие брака в 95% плавков. Как видно, в данном случае уровень качества еще не достиг зоны пониженного риска.

Для анализа и сравнения механических свойств по группе пластичности, в силу большой их волатильности, воспользуемся трендами их выборок. Для выделения трендов применим метод “Гусеница” [8,9,19,20], основанный на сингулярном разложении.

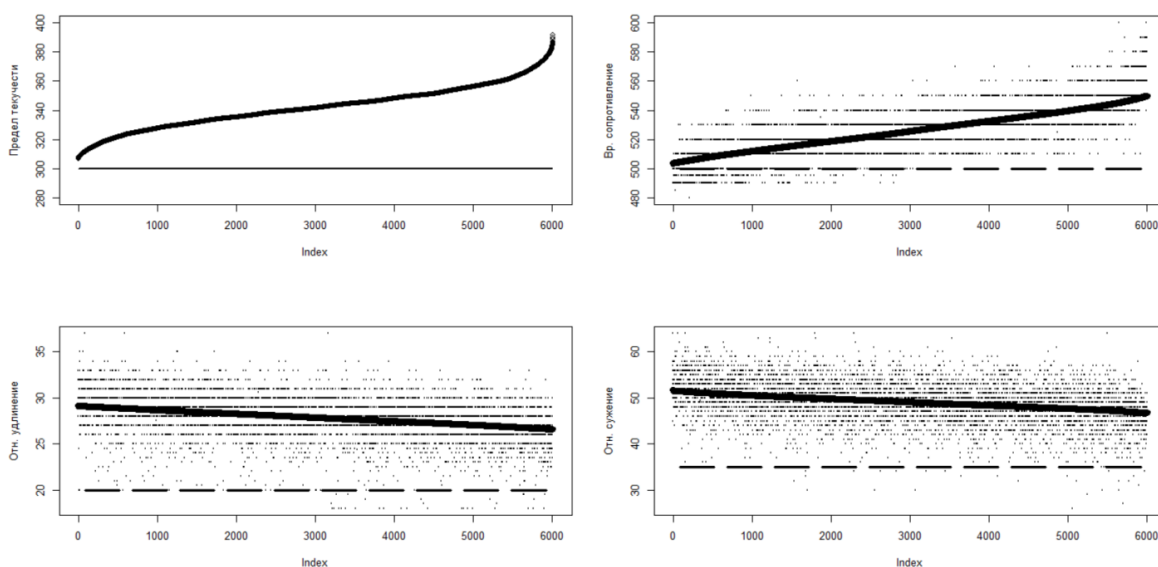


Рисунок – 3. Тренды механических свойств

На Рис.3 показаны графики выборок значений свойств и их тренды. Все выборки отсортированы по пределу текучести. Вверху находятся тренды выборок, пунктиром показана нижняя граница по ГОСТ.

Из графиков видно, что временное сопротивление находится в прямой зависимости от предела текучести, а относительное сужение и удлинение в обратной. Если выбрать предел текучести в качестве ключевого показателя, то критическое значение временного сопротивления будет ограничивать его в области низких значений, а относительное сужение и удлинение – в области высоких. Также видно, что относительное удлинение и сужение имеют большой запас до своих границ, поэтому имеют малую ценность для ведения контроля [10 - 15].

Рассмотрим зависимость временного сопротивления и предела текучести (рис.4). На графике по оси X отложены значения предела текучести, по оси Y – временного сопротивления. Пунктирными осевыми линиями отмечены границы качества параметров по ГОСТ. Наклонной линией показана аппроксимация графика. Быстрее график пересечет границу временного сопротивления при 500 МПа в точке предела текучести 316 МПа. Это и будет нижняя граница предела текучести.

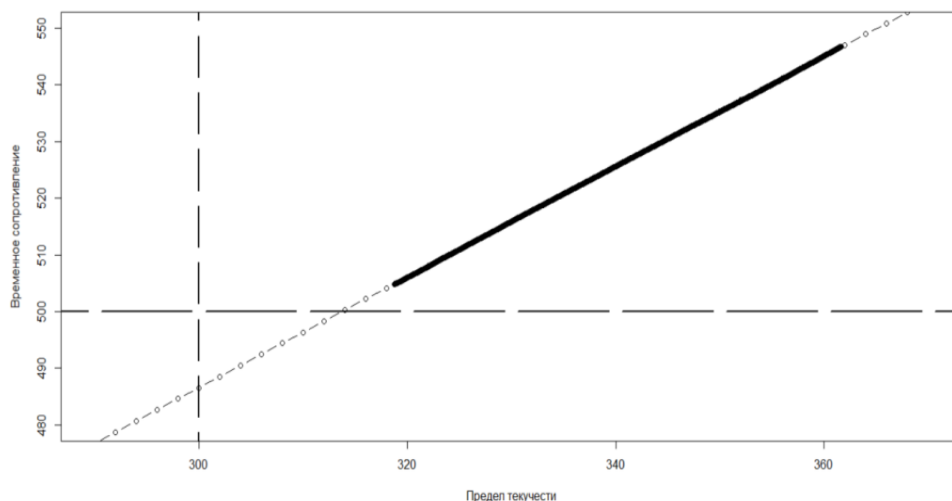


Рисунок – 4. Зависимость временного сопротивления от предела текучести

Теперь покажем график отклонения предела текучести от рассчитанной нижней границы (316 Мпа) в стандартных отклонениях по месяцам (рис.5). На графике виден рост показателя, в середине выбранного периода отмечен выход за два стандартных отклонения, однако в конце графика наблюдается небольшой спад и относительная стабилизация в пределах критической зоны.

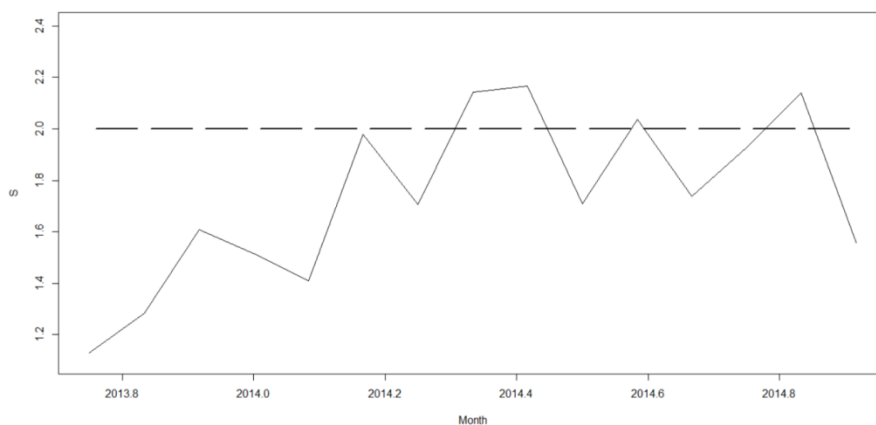


Рисунок – 5. Анализ тенденции предела текучести по месяцам

### **Выводы**

Для анализа тенденций качества стали литых изделий можно использовать два ключевых показателя из двух групп механических свойств – предел текучести и ударная вязкость на V-образном образце (KCV). Графический контроль качества можно осуществлять по временной диаграмме удаления среднего значения контролируемого параметра от границы брака в стандартных отклонениях. Показателем хорошего качества и минимизации рисков является выход графика временной диаграммы за границу двух стандартных отклонений.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Князев С.В., Скопич Д.В., Усольцев А.А., Фатьянова Е.А. Прогнозирование качественных характеристик стали марки 20ГФЛ//Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2015, №2(12). С. 31-33.
2. Automated system of control and diagnostics of cast-steel defects in the

mass production / S. V. Knyazev, A. A. Usoltsev, D. V. Skopich, E. A. Fatyanova, A. E. Dolgopolov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 150. - P. 1-5 (012039). – Библиогр.: р. 5. – Режим доступа: <http://library.sibsiu.ru>.

3. Hastie, T., Tibshirani R., Friedman J. Chapter. Random Forests // The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction.— 2nd ed.— Springer-Verlag, 2009

4. Ho, Tin Kam 1995). Random Decision Forests. Proceedings of the 3rd International Conference on Document Analysis and Recognition, Montreal, QC, 14–16 August 1995. pp. 278–282.

5. Alexander Statnikov, Constantin F. Aliferis, Douglas P. Hardin. A Gentle Introduction to Support Vector Machines in Biomedicine: Theory and methods. — World Scientific, 2011. — ISBN 978-981-4324-38-0.

6. Вапник В. Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным.— М.:Наука, 1979.— 448с.

7. Antipenko, V.I., Knyazev, S.V. Diagnostics of steel castings production with the aid of technological pilot samples. Soviet Castings Technology (English Translation of Liteinoe Proizvodstvo), 1987. no. 7, p. 34

8. Голяндина, Н. Э. Метод "Гусеница"-SSA: анализ временных рядов: учебное пособие / Н. Э. Голяндина. СПб.: ВВМ, 2004. 76 С. ISBN 5-96510019-1.

9. Александров Ф.И., Голяндина Н.Э. Автоматизация выделения трендовых и периодических составляющих временного ряда в рамках метода "Гусеница" –SSA. // ЭкспонентаPro. Математика в приложениях, 2004. Вып.3-4. С.54-61.

10. Ильинский В. А., Костылева Л. В., Гребнев Ю. В. Оптимизация состава литой среднеуглеродистой стали// Сталь. – 1985. – № 1. С. 24–26.

11. Костылева Л. В., Гребнев Ю. В., Ильинский В. А. Дендритная ликвация в отливках из углеродистой стали // Литейное производство. – 2000. – № 4. С. 13–15.

12. Болюх В.А., Шинский И.О. Повышение механических свойств крупных стальных отливок путем их армирования при ЛГМ// Процессы литья. — 2010. — № 2. С. 57-62.

13. Кульбовский И.К., Солдатов В.Г., Мануев М.С. Повышение механических свойств низколегированной стали для ответственных отливок железнодорожного транспорта// Заготовительные производства в машиностроении. – 2006. – № 4. С. 3-6.

14. Тылкин М.А. Справочник термиста ремонтной службы – М.: Металлургия, 1981. – С. 63.

15. В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др. Марочник сталей и сплавов / Под общ. ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – С. 640.

16. Detection of cold cracks in the cast-steels by the methods of ultrasonic and eddy-current infrared thermography / A. I. Cheprasov, S. V. Knyazev, A. A. Usoltsev, A. E. Dolgopolov, R. O. Mamedov // IOP Conference Series: Materials

Science and Engineering. – 2016. – Vol. 150. - P. 1-5 (012026). – Библиогр.: р. 5. – Режим доступа: <http://library.sibsiu.ru>.

17. Prinzie, A., Van den Poel, D. Random Multiclass Classification: Generalizing Random Forests to Random MNL and Random NB, DEXA 2007, Lecture Notes in Computer Science, 4653, 349–358.

18. Nello Cristianini, John Shawe-Taylor. An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-based Learning Methods. — Cambridge University Press, 2000. — ISBN 978-1-139-64363-4.

19. Golyandina, N., and E. Osipov (2007) "The 'Caterpillar'-SSA method for analysis of time series with missing values", J. Stat. Plan. Inference 137(8), 2642—2653.

20. Golyandina, N. and K. Usevich (2010): "2D-extension of Singular Spectrum Analysis: algorithm and elements of theory". In: Matrix Methods: Theory, Algorithms and Applications (Eds. V.Olshevsky and E.Tyrtysnikov). World Scientific Publishing, 449—473.

21. Князев С.В., Скопич Д.В., Фатьянова Е.А., Усольцев А.А., Куценко А.И. Ключевые показатели качества стали литых изделий для железнодорожного транспорта. *Известия Высших Учебных Заведений. Черная Металлургия*. 2017;60(2):128-132. DOI:10.17073/0368-0797-2017-2-128-132

УДК 625.143.48

*Р. А. Шевченко<sup>1</sup>, Н. А. Козырев<sup>1</sup>, А. О. Патрушев<sup>1</sup>, С. Н. Кратько<sup>2</sup>,  
Р. Е. Крюков<sup>1</sup>*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РЕЛЬСОСВАРОЧНОЙ МАШИНЫ К1000**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк

<sup>2</sup>ООО «РСП-М» структурное подразделение рельсосварочное предприятие  
№29 (РСП-29), п.г.т. Промышленный

При создании и ремонте бесстыкового железнодорожного пути существуют различные технологии для сварки рельсов. Одними из наиболее применяемых технологий являются: электроконтактная и алюминотермитная сварка рельсов. В России большое распространение приобрел электроконтактный способ. Основную часть рельсов сваривают на стационарных рельсосварочных предприятиях и небольшую часть стыков путевыми рельсосварочными самоходными машинами [1]. В стационарных условиях на предприятии ООО «РСП-М» (РСП-29) сварку производят с помощью машин МСР 63.01, К1000, К1100.

Описание технологических параметров рельсосварочной машины К1000. Процесс сварки рельсов электроконтактным способом на машине К1000

разделен на несколько этапов: I этап оплавления, II этап оплавления, форсировка, осадка, гратосъем. В свою очередь каждый этап разделен еще на несколько участков: I этап оплавления состоит из 2 участков (в таблице 1 идут под номером 1 и 2), II этап оплавления состоит из 4 участков (в таблице 1 идут под номером 3, 4, 5, 6), форсировка разбивается на 2 участка (в таблице 1 идут под номером 7 и 8). Каждый этап характеризуется режимами сварки: силой тока  $I$ , А; напряжением  $U$ , В; величиной перемещения подвижной станины  $S$ , мм; давлением в системе  $P$ , атм; скоростью перемещения подвижной станины  $V$ , мм/с; длительностью этапа  $T$ , с [2].

Таблица 1 – Задаваемые параметры режима сварки на машине К1000.

Параметры	№ участка							
	1	2						
$U$ , В	$U_1$	$U_2$	3	4	5	6	7	8
$S$ , мм	$S_1$	$S_2$	3	4	5	6	7	8
$I_1$ , А	$I_{11}$	$I_{12}$	13	14	15	16	17	18
$I_2$ , А	$I_{21}$	$I_{22}$	23	24	25	26	27	28
$I_3$ , А	$I_{31}$	$I_{32}$	33	34	35	36	37	38
$V_v$ , В·10	$V_{v1}$	$V_{v2}$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$	$v_7$	$v_8$
$V_n$ , В·10	$V_{n1}$	$V_{n2}$	$n_3$	$n_4$	$n_5$	$n_6$	$n_7$	$n_8$
Осадка под током, с	$O_1$							
Осадка, мм·10	$O$							
Проковка, с·10	$Pr$							

Во время работы сварочной машины процесс сварки полнопрофильных рельсов контролировался с записью основных параметров в память компьютера. Данные параметры во время процесса сварки фиксировались и сохранялись в базе данных в табличном виде, и при необходимости их можно представить в графическом виде (рисунок 2).

Описание процесса испытания сварного соединения рельсов. Технология сварки рельсов на РСП включает в себя обязательную сварку контрольных образцов в начале рабочей смены. Свариваются по два образца на каждую сварочную машину, после чего проводят испытание нетермообработанных стыков на трехточечный статический изгиб согласно СТО РЖД 1.08.002-2009 «Рельсы железнодорожные, сваренные электроконтактным способом». Испытания на статический изгиб проводили на прессе типа ПМС-320.

Контрольные образцы испытываются после сварки и удаления грата в сварочной машине без дополнительной обработки стыков. При испытаниях на статический поперечный изгиб контрольный образец должен иметь длину не менее 1200 мм со сварным стыком по середине. Нагрузку прикладывали в середине пролета контрольного образца в месте сварного стыка с расстоянием

между опорами 1 м (рисунок 1).

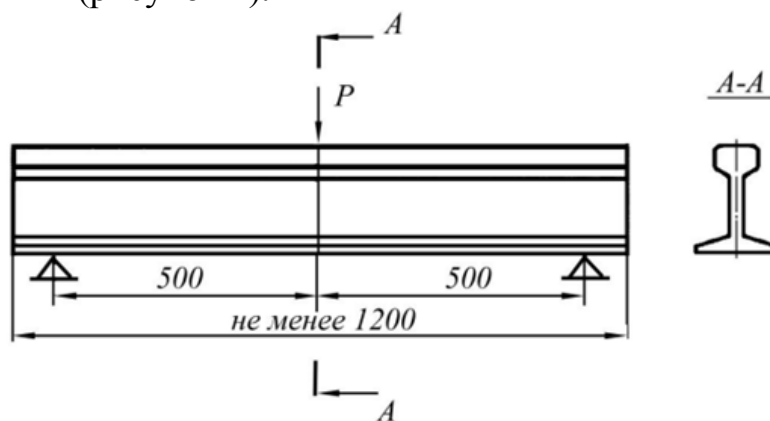


Рисунок –1. Схема испытания на статический поперечный изгиб

Испытание одного контрольного образца производят, с приложением нагрузки на головку (растяжение в подошве), второй контрольный образец нагружают на подошву (растяжение в головке). Результатами испытания являются значения усилия, возникающего при изгибе  $R_{изг}$ , кН и значения стрелы прогиба  $f_{пр}$ , мм при которых происходит разрушение контрольного образца, либо максимальные значения данных показателей, если образец не разрушился во время испытаний. На рисунке 3 представлен пример графика процесса испытания рельсовых стыков. После фактические показатели сравнивают с нормативными. Если образец выдержал нормативные требования, начинается сварка рельсов в плетъ. В случае если образец не выдержал нормативных требований производят повторную сварку. Если же повторные испытания так же имеют неудовлетворительный исход, предпринимаются действия по поиску причин низких показателей и корректировке технологических режимов [3, 4].

Подготовка выборки и построение модели. Для описания процесса контактной сварки рельсов в данной работе применяли метод статистического моделирования. Для его реализации необходимо установление независимых (входных) переменных, а также выявление зависимых (выходных) параметров. Для создания математической модели процесса контактной сварки рельсов использовалась имеющаяся база данных параметров сварочных режимов и результатов испытаний сварных соединений.

В качестве входных переменных были выбраны: среднее значение тока на каждом участке  $I_{ср}$ , А; среднее значение напряжения на каждом участке  $U_{ср}$ , В; длительность осадки под током  $OI$ , с; величина осадки  $O$ , мм; длительность проковки  $Pг$ , с; сопротивление стыка  $R$ , Ом. В качестве выходных параметров были выбраны результаты испытаний на статический поперечный изгиб: усилия, возникающего при изгибе  $R_{изг}$ , кН и значения стрелы прогиба  $f_{пр}$ , мм.

Для каждого участка установлен соответствующий путь  $S$  (мм), при прохождении которого сварочная машина устанавливает значения  $U_1, I_1, I_2, I_3, V_в, V_н$ . Из массива данных (пример представлен в графическом виде на рисунке 2) выбирались значения параметров для каждого участка ( $U_{ji}, I_{ji}$ ) и определялось среднее значения этих параметров ( $U_{jср}, I_{jср}$ ):



$$U_{jcp} = \Sigma U_{ji}/p \quad (1)$$

где  $p$  – количество значений  $U_{ji}$  зафиксированных датчиком на данном участке;  
 $U_{ji}$  – значение напряжения зафиксированное датчиком в момент оплавления на  $j$ -ом участке;

$U_{jcp}$  – среднее значение тока на  $j$ -ом участке.

$$I_{jcp} = \Sigma I_{ji}/p \quad (2)$$

где  $p$  – количество значений  $I_{ji}$  зафиксированных датчиком на данном участке;  
 $I_{ji}$  – значение напряжения зафиксированное датчиком в момент оплавления на  $j$ -ом участке;

$I_{jcp}$  – среднее значение тока на  $j$ -ом участке.

После обработки данных производственного контроля и параметров сварочных режимов были получены данные, которые отражают основные фактические значения сварочных режимов на машине контактной стыковой сварки К1000 и результатов испытаний сварных соединений, состоящие из 60 наблюдений.

На основе полученных производственных данных была проведена их статистическая обработка с использованием пакета STATISTICA 10.0. Оценка влияния параметров сварочных режимов на величину усилия, возникающего при изгибе Ризг (кН) и значение стрелы прогиба  $f_{пр}$  (мм) проводилась средствами множественного регрессионного анализа, который позволяет изучить закономерности изменения результирующего показателя в зависимости от поведения различных факторов [5,6].

Вычисление коэффициентов регрессионных уравнений производили матричным методом с использованием пакета STATISTICA 10.0. Уравнение регрессии представлено в следующем виде:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + \dots + b_n \cdot X_n \quad (3)$$

где  $Y$ - зависимый (выходной) параметр;

$X_1, X_2, \dots, X_n$  – независимые (входные) переменные;

$b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ - коэффициенты регрессии.

Полученная модель описывающая процесс сварки рельсов Р65 ДТ350 на машине К1000 № 01 в условиях РСП – М (РСП – 29) имеет вид:

$$\begin{aligned} R_{изг} = & 18441,49 - 2,69 I_{1cp} - 73,72 U_{1cp} - 1,06 I_{2cp} + 9,98 U_{2cp} + 3,98 \\ & I_{3cp} - 11,51 U_{3cp} + 1,64 I_{4cp} + 29,45 U_{4cp} + 1,49 I_{5cp} - 27,48 U_{5cp} + \\ & 19,8 U_{6cp} - 0,54 I_{7cp} + 5,19 U_{7cp} + 593,77 O_I + 8,03 R; R^2 = 0,72. \end{aligned} \quad (4)$$

Определение оптимальных параметров сварки. В ходе работы сварочной машины К1000 №01 значения  $U_{jcp}$  и  $I_{jcp}$  на каждом участке варьируются в пределах, указанных в таблице 2.

Таблица 2 – Интервалы значений основных параметров

Параметр	Знак коэф. регрессии ( $b_i$ )	Минимум	Максимум	Оптимальные параметры
$I_{1cp}, A$	–	423,56	520,24	423,56
$U_{1cp}, B$	–	358,34	362,17	358,34
$I_{2cp}, A$	–	659,36	790,65	659,36
$U_{2cp}, B$	+	335,50	346,32	346,32
$I_{3cp}, A$	+	428,46	499,81	499,81
$U_{3cp}, B$	–	258,10	269,12	258,10
$I_{4cp}, A$	+	420,30	487,92	487,92
$U_{4cp}, B$	+	261,79	267,86	267,86
$I_{5cp}, A$	+	427,07	489,05	489,05
$U_{5cp}, B$	–	260,87	273,58	260,87
$U_{6cp}, B$	+	264,86	276,40	276,40
$I_{7cp}, A$	–	301,45	438,12	301,45
$U_{7cp}, B$	+	363,27	391,89	391,89
$O_I, c$	+	1,10	1,20	1,20
$R, Ом$	+	75,00	84,00	84,00

Обычно оптимизацию проводят по одному более важному выходному параметру, при этом для остальных выходных параметров задают ограничения. Однако если выходные параметры коррелируют, то нет необходимости задавать граничные значения для менее важного параметра. Чем ближе найденное значение коэффициента корреляции к единице, тем сильнее значение одного параметра зависит от того, какое значение принимает другой, т.е. между такими параметрами существует линейная связь, и при изучении процесса можно рассматривать только один из них [7].

Для проверки значимости коэффициента парной корреляции между Ризг и  $f_{пр}$  ( $R$ ) сравним его значение с табличным (критическим) значением ( $t_{кр}$ ), которое приведено в [7]. Критическое значение корреляции выбирается исходя из числа степеней свободы,  $f = n - 2 = 58$  (количество экспериментов  $n = 60$ ), и при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  ( $P = 0,95$ ). В нашем случае  $R = 0,65 > t_{кр} = 0,273$ , таким образом между параметрами имеется тесная линейная связь и оптимизацию можно проводить только по одному параметру.

Прогнозируемая величина стрелы прогиба Ризг полученная по оптимальным значениям равна 3641,029 кН, когда максимальное фактическое значение 2622 кН.

Определение параметров режима сварки на машине К1000. На каждом участке фактическое среднее напряжение  $U_{jcp}$  имеет значение отличающееся заданному  $U_j$ . Для того чтобы определить фактическое напряжение по заданному, был проведен регрессионный анализ. В качестве входной переменной было выбрано фактическое среднее значение  $U_{jcp}$ , в качестве выходной задаваемое напряжение  $U_j$  сварочной машине. В таблице 3 приведены значения, по которым было получено уравнение регрессии для расчета задаваемого напряжения  $U_j$ .

Таблица 3 – Таблица соответствия фактического и задаваемого напряжения.

№ этапа	$U_{\text{иср}}, \text{В}$	$U_j, \text{В}$
1	359,2562	457,624
2	341,6712	737,1644
3	257,4135	441,7236
4	262,6728	446,9853
5	267,3129	475,8528
6	270,8676	465,7647
7	388,9737	311,8158
8	400	335,5714

Полученное уравнение позволяет определять фактическое среднее значение напряжение:

$$U_j = 0,9425 U_{\text{иср}} + 37,321; R2 = 0,95 \quad (5)$$

Для определение фактического значения силы тока на каждом этапе  $I_{\text{иср}}$  была определена зависимость данного параметра от задаваемых параметров  $I_1, I_2, I_3, V_B, V_H$  с помощью регрессионного анализа. В качестве входных переменных были выбраны:  $I_1, I_2, I_3, V_B, V_H$ . В качестве выходной переменной  $I_{\text{иср}}$ . В таблице 4 приведены значения, по которым было получено уравнение регрессии для расчета фактического среднего значения силы тока  $I_{\text{иср}}$ .

Таблица 4 – Значение  $I_{\text{иср}}$  соответствующее параметрам  $I_1, I_2, I_3, V_B, V_H$ .

n	$I_{\text{иср}}, \text{А}$	$I_1, \text{А}$	$I_2, \text{А}$	$I_3, \text{А}$	$V_B, \text{В} \cdot 100$	$V_H, \text{В} \cdot 100$
1	457,624	110	70	150	250	300
2	737,1644	170	60	250	350	400
3	441,7236	125	45	50	150	200
4	446,9853	125	45	80	180	250
5	475,8528	130	50	100	220	300
6	465,7647	130	50	120	250	320
7	311,8158	130	75	200	350	400
8	335,5714	200	20	250	400	450
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
209	488,1061	110	70	150	250	300
210	679,0417	170	60	250	350	400
211	456,2453	125	45	50	150	200
212	477,686	125	45	80	180	250
213	466,3462	130	50	100	220	300
214	483,0886	130	50	120	250	320
215	392,6596	130	75	200	350	400
216	328,6296	200	20	250	400	450

Для определения значения  $I_{\text{иср}}$  на первом и втором этапе оплавления была построена модель, включающая значения только 6-ти участков:

$$I_{\text{иср}} = 91,66 + 3,44 V_B + 1,56 V_H + 1,65 I_1 - 0,72 I_2 - 0,56 I_3; R2 = 0,95 \quad (6)$$

Для определения значения  $I_{ср}$  на этапе форсировки была построена модель, включающая значения 8-ми участков:

$$I_{ср} = -281,61 + 5,84 V_B + 7,32 V_H + 3,74 I_1 - 7,13 I_2 + 2,76 I_3; R_2 = 0,88 \quad (7)$$

Используя данные уравнения (6, 7, 8) и оптимальные параметры, приведенные в таблице 5 были определены параметры режима сварки на машине К1000 №01.

Таблица 5 – Оптимальные параметры режима сварки на машине К1000.

Параметр	№ участка							
	1	2	3	4	5	6	7	8
U, В	375	365	277	290	285	300	405	410
S, мм	20	20	20	20	15	10	35	40
I <sub>1</sub> , А	150	200	50	80	100	120	150	250
I <sub>2</sub> , А	250	350	150	180	220	250	340	400
I <sub>3</sub> , А	350	400	200	250	300	320	440	450
V <sub>B</sub> , В·10	110	180	135	130	135	130	125	200
V <sub>H</sub> , В·10	70	60	50	60	60	50	50	20
Осадка под током, с	1,2							
Осадка, мм·10	175							
Проковка, с·10	2							

Производственная апробация режимов сварки. Задав оптимальные параметры режима сварки (таблица 5) на сварочной машине К1000 №01 в условиях РСП–29 провели сварку контрольного образца рельса Р65 ДТ350. Осциллограмма процесса приведена на рисунке 2.

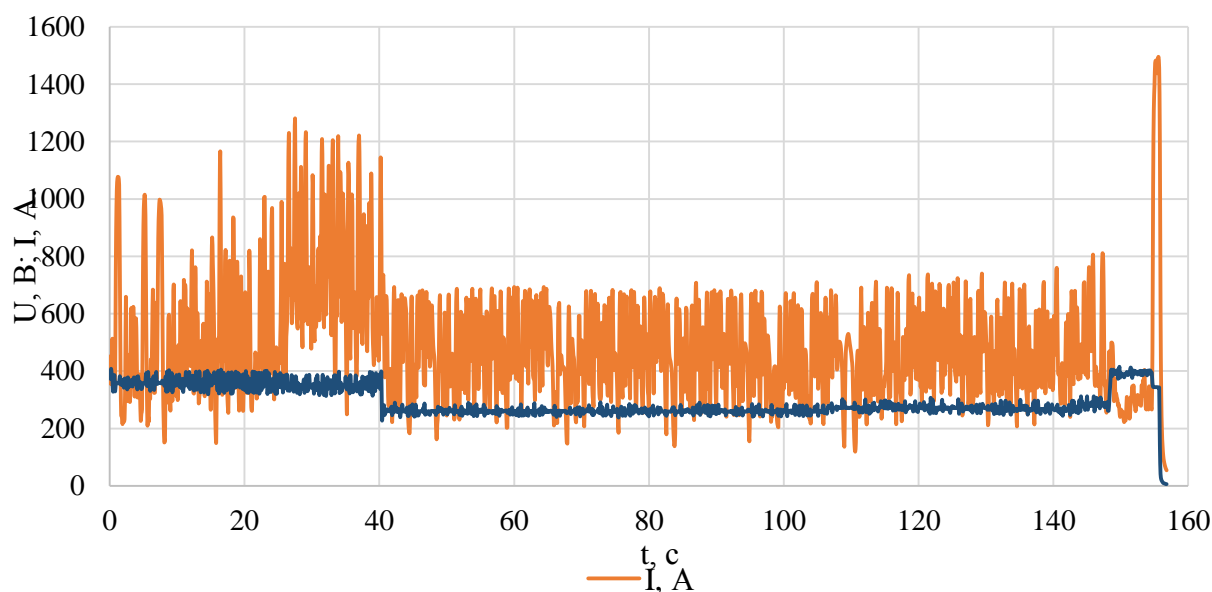


Рисунок – 2. Осциллограммы процесса сварки по заданным режимам

После сварки провели испытание сварного стыка на статический трёхточечный изгиб (рисунок 3): усилие изгиба составило  $R_{изг} = 2388$  кН и  $f_{пр} = 36,6$  мм, что выше нормативных значений (согласно СТО РЖД 1.08.002–2009

$R_{изг} = 2000$  кН и  $f_{пр} = 27$  мм), но ниже моделируемого значения  $R_{изг} = 3641,03$  кН.

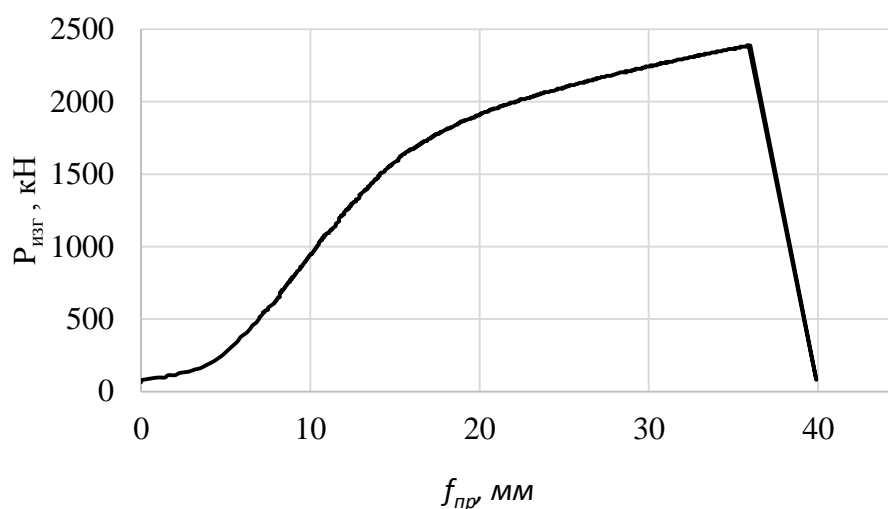


Рисунок – 3. График процесса испытания контрольного образца

Что бы проверить выдержала ли сварочная машина заданные параметры определили значения  $U_{ср}$  и  $I_{ср}$  для процесса сварки контрольного образца (таблица 6).

Таблица 6 – Интервалы значений основных параметров

Параметр	Оптимальные параметры	Фактические значения параметров
$I_{1ср}$ , А	423,56	500,91
$U_{1ср}$ , В	358,34	361,02
$I_{2ср}$ , А	659,36	756,30
$U_{2ср}$ , В	346,32	350,53
$I_{3ср}$ , А	499,81	461,82
$U_{3ср}$ , В	258,10	260,34
$I_{4ср}$ , А	487,92	456,01
$U_{4ср}$ , В	267,86	272,64
$I_{5ср}$ , А	489,05	451,17
$U_{5ср}$ , В	260,87	267,96
$U_{6ср}$ , В	276,40	285,13
$I_{7ср}$ , А	301,45	307,68
$U_{7ср}$ , В	391,89	391,13
$O_I$ , с	1,20	1,20
$R$ , Ом	84,00	80,00
Моделируемое значение $P_{изг}$ , кН	3641,03	2972,60
Фактическое значение $P_{изг}$ , кН		2388,00

Таким образом фактические значения параметров по напряжению  $U_{ср}$  соответствуют оптимальным, а по силе тока  $I_{ср}$  не соответствуют, что является одной из причин снижения  $R_{изг}$ .

## Выводы

1. На основании экспериментальных данных разработана математическая модель процесса контактной сварки рельсов на машине К1000, которая позволяет оценить полноту влияния параметров технологического процесса контактной сварки рельсов на качество сварного шва.

2. На основании полученной математической модели предложены оптимальные параметры сварки на машине К1000.

3. Проведена апробация полученных оптимальных параметров в заводских условиях. По результатам испытаний образца, сваренного по предложенным оптимальным параметрам были получены результаты превышающие нормативные требования СТО РЖД 1.08.002–2009, но ниже значений, полученных по математической модели.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козырев Н. А. Современные методы получения бесстыковых рельсов / Н. А. Козырев, А. А. Усольцев, Р. Е. Крюков, Р. А. Шевченко, П. Е. Шишкин // Инновации в топливно-энергетическом комплексе и машиностроении: сборник трудов Международной научно-практической конференции 18-21 апреля 2017 года / под ред. А. Н. Смирнова. – Кемерово: КузГТУ, 2017. с 123 - 127.

2. Шевченко Р.А. Статистическая модель управления процессами контактной сварки рельсов / Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.А. Усольцев, А.О. Патрушев, П.Е. Шишкин // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 1 (19). – с. 4 - 8

3. Шевченко Р.А Оптимизация технологических параметров процесса контактной стыковой сварки рельсов / Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.А. Усольцев, Л.П. Бащенко, С.В. Князев // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 1 (19). – с. 12 – 15.

4. Шевченко Р.А. Применение методов математического моделирования для оптимизации технологических параметров процесса контактной сварки рельсов / Р.А. Шевченко, П. Е. Шишкин, А. О. Патрушев // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: сборник трудов Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Вып.21– ч.II – Новокузнецк: СибГИУ, 2017. – С. 229-232.

5. Анализ данных в материаловедении. Ч. 2. Регрессионный анализ: учеб. пособие / А. С. Мельниченко. – М.: Изд-во Дом МИСиС, 2014. – 87 с.

6. Практикум по теории статистики: Учеб. пособие / Р. А. Шмойлова и [др]; под ред. Р. А. Шмойловой. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.; Финансы и статистические, 2006. – 416 с.

7. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер [и др.] / Академия наук СССР – Москва: Изд-во «Наука», 1976. – 280с.

*В.И. Мяленко*

## РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ОРУДИЙ

*ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», г. Кемерово*

### Введение

Механическая обработка почвы в земледелии является, безусловно, важной технологической операцией, которую пока не удавалось как-либо заменить или вовсе устранить. Действительно, почва только тогда и является таковой, когда в своем внутреннем содержании имеет твердые, жидкие и газообразные составляющие, то есть обладает определенной пористостью или структурой для чего и выполняется ее механическая обработка. Обработка почвы, вспашка или глубокое рыхление являются самыми энергоемкими операциями в растениеводстве. Более 30% от всех энергозатрат при производстве продукции растениеводства приходится на основную обработку почвы. Отсюда и продиктована важность снижения энергоемкости и повышение производительности труда при обработке почвы.

### Цель исследования

Целью настоящего исследования является изыскание конструктивной схемы земледельческого орудия, обеспечивающего повышение производительности труда при сохранении энергоемкости технологической операции.

Производительность труда  $W$  га/час при выполнении обработки почвы обычно рассчитывают по зависимости:

$$W = i \cdot B \cdot v \quad (1)$$

где,  $B$  – ширина захвата (м),  $v$  – скорость движения (км/час),  $i$  – численный коэффициент перевода единиц измерения.

Отсюда следует, что прямое увеличение ширины захвата, как и скорости движения при прочих равных условиях приводит к увеличению тягового сопротивления орудия. Поэтому повышение производительности обработки почвы зависит в первую очередь от снижения тягового сопротивления орудия.

Вся история развития земледелия представляет собой поиск разных направлений, снижение энергоемкости или тягового сопротивления земледельческих орудий. Сегодня это касается эксплуатации плугов, культиваторов, чизелей и всевозможных глубокорыхлителей. Попытки их совершенствования производились во все времена постоянно – это применение автоколебаний рабочих органов, применение разных материалов для покрытия

рабочих органов и тем самым снижения коэффициентов трения, изменение формы рабочего органа или его принципиальной конструкции, использование воздушной или водяной струи и другие. Но все варианты разных конструкторских схем должны были выполнять главные агротехнические требования при обработке почвы – рыхление, создание мелкокомковатой почвенной структуры, аэрации почвенного слоя, и в то же время подрезание и уничтожение сорных растений. Выполнить все эти требования иначе как с помощью традиционной механической обработки пока не представляется возможным.

### Материалы и методы

Действительно, всякий рабочий орган для механической обработки почвы представляет в основе своей двухгранный клин, который в общем случае выполняет четыре условно разделенные стадии процесса рыхления. Первое – это уплотнение (сжатие), второе – скалывание, затем перемещение сколотой части почвы по поверхности клина и свободное падение сходящего с клина пласта. Рабочая грань клина здесь служит лезвием, подрезающим слой почвы, который, перемещаясь по клину разрыхлителя, и разделяется на устойчивые совокупности.

Суммарная реакция внешних сил сопротивления на ось  $OX$  (горизонтальная составляющая) включает в себя известные составляющие [1].

$$F_x = F_{\epsilon x} + F_{gx} + F_{fx} + F_{Gx} \quad (2)$$

где,  $F_x$  – суммарная проекция внешних сил сопротивления на ось  $OX$ ,  $F_{\epsilon x}$  – составляющая сопротивления вследствие уплотнения для борозды затылочной фаской,  $F_{gx}$  – составляющая сопротивления вследствие отрыва и разделения почвы на устойчивые совокупности,  $F_{fx}$  – составляющая, обусловленная силами инерции пласта,  $F_{Gx}$  – составляющая, обусловленная реакциями недеформированной почвы впереди лезвия и весом почвенного пласта.

Далее расчетным путем установим взаимозависимость между суммарной составляющей внешних сил сопротивления  $F_x$ , скоростью движения земледельческого орудия  $v$  и углом  $\beta$  наклона лезвия лемеха к горизонтали применительно к традиционному культиватору-плоскорезу. Для этого случая примем следующие условия расчета: глубина обработки почвы  $a = 0,3$  м; ширина захвата  $B = 1,1$  м; коэффициент трения  $f = 0,35$ ; угол наклона затылочной фаски  $\epsilon = 6^\circ$ ; угол наклона лезвия  $\beta = 30^\circ$ .

Все промежуточные преобразования здесь не приводим. После расчета по отдельности слагаемых зависимости (2) и их суммирования получена следующая функция двух переменных:

$$F_x = \frac{1089 \sin \beta + 3267 \cos \beta + 609.8}{\cos \beta - 0.3 \sin \beta} + \frac{2349.6v^2 (\sin \beta + 0.56 + 0.29 \cos \beta)}{9.8 \cos \beta - 0.29} + 1096.09 \quad (3)$$

Анализ полученной функции (3) с неразделенными переменными скорости  $v$  и угла наклона лезвия  $\beta$  показывает, что эти две переменные в



данном случае определяют величину тягового сопротивления орудия ( $F_x$  – суммарная проекция сил). Также квадрат скорости в этой зависимости означает, что всякое увеличение последней значительным образом будет увеличивать тяговое сопротивление земледельческого орудия. Остается только другая возможность снижения  $F_x$  за счет уменьшения угла  $\beta$ .

Однако уменьшение угла  $\beta$  трудно реализовать в конкретном рабочем органе земледельческого орудия. Конструкционная сложность заключается в последующей эксплуатации земледельческих орудий, когда  $\beta = 10 \dots 15^\circ$ . Малые углы  $\beta$  затрудняют процесс первоначального заглубления орудия, увеличивая путь заглубления. Этот недостаток усугубляется еще и тем, что при износе лезвия и образовании затылочной фаски ее величина (площадь фаски) увеличена при малых  $\beta$ . Последнее также будет затруднять первоначальное заглубление рабочих органов земледельческих орудий. В то же время, когда рабочий орган находится на достаточной глубине в почве, помимо веса орудия на него воздействует и вес расположенного выше пласта почвенного слоя. Тем самым обеспечиваются достаточные условия для устойчивого движения рабочего органа в почве. Таким образом, в данном случае техническая задача сводится к обеспечению условий начальной стадии заглубления рабочих органов земледельческих орудий.

Поиск технического решения уменьшения углов  $\beta$  при соответствующем увеличении скорости движения  $v$  орудия продиктован целью повышения производительности земледельческого орудия, обеспечивающего необходимые качественные показатели технологического процесса.

### Результаты и обсуждение

За рабочую гипотезу принимался поиск такой конструкции земледельческого орудия, что позволяло бы обеспечить в момент заглубления рабочих органов углы вхождения лезвий в почву на уровне  $\beta = 40 \dots 45^\circ$ , и при перемещении орудия на требуемую глубину уменьшить эти углы до  $\beta = 10 \dots 15^\circ$ . При этом процесс изменения углов должен обеспечиваться механизмом самой конструкции без вмешательства оператора.

На рисунке изображена схема земледельческого орудия с самонастраивающимся углом вхождения рабочих органов в почву [2]. На раме 1 установлены рабочие органы 2 с помощью осей 3. Опорные колеса 4 в свою очередь установлены на водилах 5. Кронштейны водил с помощью тяг 6 соединены со стойками рабочих органов. В начальный момент процесса заглубления стойки рабочих органов отклоняются от вертикали на угол  $\alpha$  (см. рис. 2б), при этом угол вхождения лезвий равен  $\beta_1$ . Затем по мере заглубления орудия посредством реакции на колеса происходит поворот водила и устанавливается технологически предусмотренный угол  $\beta$ .

Для оценки работоспособности механизма проведен силовой анализ плоского механизма соединения стоек рабочих органов, который имеет одну степень свободы (см. рис. 2б). Построен рычаг Жуковского для двух положений начала заглубления и рабочее положение (см. рис. 2б, г). Построен по принципу плана скоростей повернутого на  $90^\circ$ .

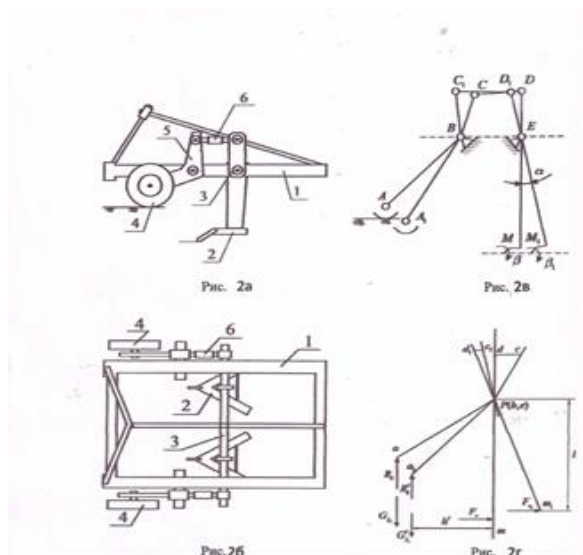


Рисунок – Схема конструкции земельного орудия с рядным расположением рабочих органов

Рабочее положение показано точками  $a, b, c, d, e, t$ , а начало заглубление точками  $a_1, b_1, c_1, d_1, t_1$ . Полус выбран в точке  $p$ . Далее, решая систему уравнений:

$$\begin{cases} \vec{v}_c = \vec{v}_d + \vec{v}_{dc} \\ \vec{v}_c = \vec{v}_b + \vec{v}_{bc} \end{cases} \quad (4)$$

находим положение точки  $c$  на рычаге Жуковского и из пропорции определим положение точки  $a$ . В начале заглубления  $\beta_1 = \beta + \alpha$ , и в рабочем положении угол  $\beta$  принимает нормированное значение. Размеры кронштейнов водил  $AB, BC$  выбираются из соотношений:

$$R_k h' \geq F_{x_1} h \quad (5)$$

где,  $R_k$  – реакция усилия, действующее на колесо,  $h', h$  – плечи сил рычага Жуковского. Далее в каждом конкретном случае длины звеньев кронштейнов и водил выбираются применительно к индивидуальным особенностям земельного орудия.

### Выводы

В заключении следует отметить, что в целях повышения производительности работы земельного орудия наиболее предпочтительным решением является увеличение скорости его движения, нежели как увеличение ширины захвата. Кроме этого, увеличение ширины захвата требует достаточно ровных рельефов полей, а также увеличенных размеров поворотных полос для работы тракторных агрегатов. Уменьшение углов крошения и повышение при этом скорости движения земельных орудий целесообразно осуществлять с сохранением неизменного энергетического баланса сил, действующих на обрабатываемый почвенный слой, обеспечивая рыхление и разделение почвы на устойчивые структурные совокупности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синеоков Г.И., Панов И.М. – Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М., Машиностроение, 1977.
2. Мяленко В.И. – Методы экспериментального определения силовых характеристик рабочих органов почвообрабатывающих орудий. – Новосибирск: Изд-во Новосибирского ГУ, 1991.

УДК 624

*В.И. Мяленко*

### **МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАКЦИЙ В ОПОРАХ МНОГООПОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

*ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный  
институт», г. Кемерово*

#### **Введение**

Современная сельскохозяйственная практика довольно часто требует проведения весьма разнообразных инженерных расчетов при оборудовании и строительстве хозяйственных помещений. Установка плит перекрытия при строительстве, монтаж массивных стационарных машин и механизмов в закрытых помещениях, а также другие работы по установке габаритного оборудования требуют выбора специальных опор, стоек или подставок, на которых все это будет впоследствии крепиться перед эксплуатацией. Количество таких опор и стоек в каждом конкретном случае выбирают исходя из расчетов и требований, а также конструктивных особенностей устанавливаемого оборудования. Когда необходимость в количестве этих опор при конкретном монтаже возникает числом больше трех, то возникают естественные трудности в их расчетах. Другими словами трудно рассчитать величины реактивных нагрузок на опоры таких габаритных предметов. Дело в том, что расчеты реакций в опорах от веса конструкций, порой, ограничиваются применением известных уравнений статики для равновесных систем, когда опор больше трех.

#### **Цель исследования**

В качестве цели настоящего поиска предлагается изыскание метода расчета величин реакций в опорах многоопорных конструкций.

#### **Материалы и методы**

Подойти к решению предлагается с рассмотрения обычной двухопорной балки, заранее известной силой, допустим от веса самой балки. На рисунке 1 показана внешняя сила  $F$  и реакции в опорах  $P_1$  и  $P_2$  двухопорной балки.

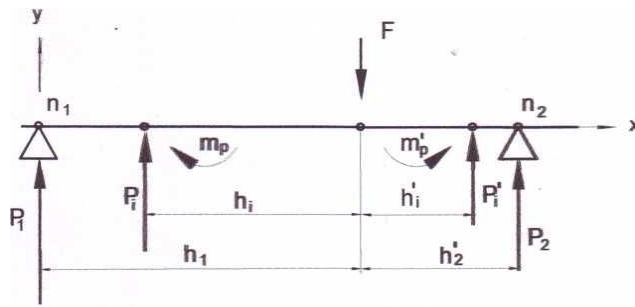


Рисунок – 1. Схема равновесного нагружения двухопорной балки

В этом случае реакции в опорах определяются обычным образом из уравнений статики [1]. Представим зрительно, что реакцией является сила  $F$ , а  $P_1$  и  $P_2$  – будут внешними силами, при этом система находится в равновесии. Для данного случая рассмотрения вводим понятие «равновесный момент»  $m_p$  с величиной  $m_p = P_i \cdot h_i$ . Тогда для рисунка 1  $m_p = m'_p$ , при этом отдельные множители  $P_i, h_i, P'_i$  и  $h'_i$  могут иметь различные значения с соблюдением условия:

$$P_i \cdot h_i = P'_i \cdot h'_i \quad (1)$$

Учитывая условие (1) определим реакции в опорах:

$$\begin{cases} F = P_1 + P_2 \\ P_i \cdot h_i = P_2 \cdot h_2 \end{cases} \quad (2)$$

Получаем:

$$P_1 = F \cdot \frac{h_2}{h_1 + h_2}; \quad P_2 = F \cdot \frac{h_1}{h_1 + h_2}; \quad (3)$$

И тоже самое определим реакции в опорах с помощью уравнений статики, для этого оси координат поместим началом  $XOY$  в точке  $n_1$  (см. рис. 1). Имеем:

$$\begin{cases} F - P_1 - P_2 = 0 \\ F \cdot h_1 - P_2(h_1 + h_2) = 0 \end{cases} ; \quad (4)$$

Получаем:

$$P_1 = F \cdot \frac{h_2}{h_1 + h_2}; \quad P_2 = F \cdot \frac{h_1}{h_1 + h_2}; \quad (5)$$

Результат (3) и (5) – равнозначный.

Далее рассмотрим пространственное нагружение и определение реакций в опорах плиты, изображенной на рисунке 2, где показаны два варианта опор, первый трехточечный – точки треугольники с реакциями  $P_1, P_2, P_3$  и второй вариант с пятью опорами  $P'_1, P'_2, P'_3, P'_4, P'_5$ . В обоих вариантах опоры размещены вокруг некоторого центра тяжести  $F$  под равными углами (показан  $\beta$  для первого варианта), а расстояния от центра тяжести до опор будем считать соответственно  $h_1, h_2, h_3$  и т.д. Начало координат в точке центра тяжести.

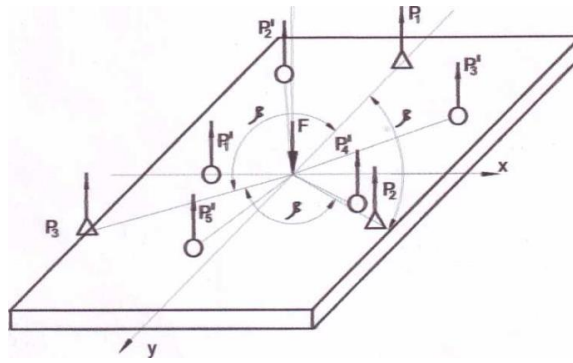


Рисунок – 2. Схема равновесного нагружения прямоугольной плиты

Тогда для первого варианта нагружения уравнения статики имеет следующий вид:

$$\begin{cases} F - P_1 - P_2 - P_3 = 0 \\ P_1 \cdot y_1 - P_2 \cdot y_2 - P_3 \cdot y_3 = 0 ; \\ P_3 \cdot x_3 - P_2 \cdot x_2 = 0 \end{cases} \quad (6)$$

где,  $x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, y_3$  – координаты соответствующих опор.

В свою очередь с учетом принятых свойств равновесного момента имеем:

$$\begin{cases} F = P_1 + P_2 + P_3 \\ P_1 \cdot h_1 = P_2 \cdot h_2 = P_3 \cdot h_3 ; \end{cases} \quad (7)$$

### Результаты и обсуждения

Подставляя значения координат и соответствующие им значения  $h_1, h_2, h_3$  в уравнения (6) и (7) получаем одни и те же значения величин реакций  $P_1, P_2$  и  $P_3$ .

$$\begin{cases} F = P_1 + P_2 + P_3 \\ P_1 \cdot h_1 = P_2 \cdot h_2 = P_3 \cdot h_3 \end{cases} \sim \begin{cases} F = P_1 + P_2 + P_3 \\ P_3 \cdot h_3 \cdot \cos \frac{2}{3} \pi = P_2 h_2 \cos \frac{2}{3} \pi \\ P_1 h_1 = P_2 h_2 \cdot \sin \frac{2}{3} \pi + P_3 h_3 \cdot \sin \frac{2}{3} \pi \end{cases}$$

### Вывод

Таким образом, предложенный метод определения реакций в опорах многоопорных конструкций посредством равновесного момента, может найти свое применение в инженерной практике. Распространяя полученные зависимости на  $n$  – количество опор, расположенных вокруг центра тяжести  $F$  конструкции, можно определить величину реакции  $P_n$  в опоре по следующей зависимости:

$$P_n = \frac{F}{h_n \cdot \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{h_1} + \dots + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_n} \right)}$$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С.В. Болотин и др. теоретическая механика. – М.: Издательский центр «Академия» 2010, 432 с.

УДК 636.92 : 636.03

*Л.Я. Макаренко, Н.В. Берестова*

### **КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД КРОЛИКОВ ПРИ АКСЕЛЕРАЦИОННОМ СПОСОБЕ СОДЕРЖАНИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫЕ ЦЕЛИ В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный  
институт», г. Кемерово*

Кролиководство — одна из отраслей животноводства, занимающаяся разведением наиболее скороспелых животных и производящая мясо и другую продукцию при небольших затратах кормов, труда и средств. Кролики относятся к классу млекопитающих, отряду грызунов, семейству зайцев, роду кроликов. Род кроликов подразделяется на два вида: кролик обыкновенный и кролик толстохвостый. Все породы домашних кроликов относятся к виду кролик обыкновенный [3].

Прародителями породы Серебристых кроликов считаются особи из французской провинции Шампань. Впервые в нашу страну кролики были завезены в 1927-1928 году из Германии.

Кролики породы Серебристый крупные, растут интенсивно, отличаются высокой мясной скороспелостью: крольчата при рождении весят 75 г, в возрасте 1 месяц — 1,0 кг, 2 месяца — 2,0 кг, 3 месяца — 3,0 кг, 4 месяца — до 4,0 кг (при затрате на 1 кг прироста живой массы 2,5–3,5 кг кормовых единиц).

Взрослые особи данной породы весят около 4,5-5 кг, некоторые экземпляры достигают 5,8-6,6 кг, конституция тела гармоничная, крепко сбитая. Длина туловища около 55-57 см., грудь широкая и глубокая, обхват груди за лопатками достигает 36 см. Голова средняя, суженая к носу, уши прямостоячие в длину до 10-12 см., глаза карие. Лапы крепкие и правильно поставленные, спина прямая ровная с хорошо развитой мускулатурой. Крестцовая часть широкая, имеет правильную форму. Индекс сбитости – 56-65%.

Крольчата данного вида рождаются черными или сизыми, к первому месяцу жизни серебристость проявляется на носу, животе и хвосте. С течением времени меняет цвет голова, уши, грудь и спина. Только к 3-4 месяцу в процессе линьки полностью меняется цвет на серебристый. Следует обратить внимание, что такое постепенное изменение окраса является признаком чистой породы.

Крольчихи обладают хорошей молочной продуктивностью и хорошо выкармливают крольчат. Отличаются они и своей плодовитостью: в помёте приносят обычно 9 - 10 крольчат, иногда больше. При полноценном кормлении кролики хорошо переносят холод [4].

Венская голубая порода кроликов относится к мясошкурковым породам, средним по величине кроликов. В Австрии в 1893г. эта порода была получена путем простого скрещивания местных Моравских кроликов голубого окраса с породой Фландр. Для племени оставляли только кроликов с сизо-голубым цветом волосяного покрова. За место выведения и за цвет шкурки, эти кролики и получили название Венский голубой.

У них гармоничное телосложение и крепкая конституция. Голова легкая, пропорциональная, с поставленными прямо ушами, длина которых в среднем 13-16 см; широкая и глубокая грудь (за лопатками обхват 37 см.) иногда встречается слабовыраженный подгрудок у крольчих. Достаточно широкая спина, удлинённая; круп и пояснично-крестцовая часть округлые, широкие; ноги мускулистые, не толстые, крепкие и прямые.

Крольчихи этой породы имеют высокую молочность, плодовиты и обладают достаточно хорошими материнскими качествами. Благодаря всем этим качествам, они выращивают своих 8 - 9 крольчат до самой отсадки. Все это способствует сохранности молодняка и его выходе на крольчиху. У крольчат при рождении живая масса тела составляет 72 г, растут они интенсивно; к 4 месяцам они достигают уже 70 % массы взрослого кролика. При хорошем кормлении, они весят 1,7 килограмм в двухмесячном возрасте, в четырёхмесячном возрасте 3кг. Они стоят на среднем уровне показателей мясошкурковых пород; по убойному выходу, по скороспелости и по оплате продукции. Убойный выход мяса от 56 - 59%.

При убое шкурки от кроликов получают крупных размеров с пушистым, мягким и с глянцевым блеском мехом. Такие шкурки, особенно темного цвета, очень ценятся в легкой промышленности, когда изготавливают меховые изделия. Их используют для имитации ценных пушных зверьков или используют шкурки в натуральном виде.

Кролики Венской голубой породы быстро приспосабливаются к климатическим условиям, они выносливые животные [6].

Калифорнийская порода выведена в США, в итоге сложного воспроизводительного скрещивания кроликов породы Новозеландская белесая, Российский горностаевый, Крупная шиншилла и последующего разведения " в себе" помесей желательного типа, которые сочетали неплохие мясные формы крупной шиншиллы с высокой энергией роста новозеландских белых кроликов и хорошим качеством волосяного покрова русских горностаевых.

Порода средних по величине кроликов чисто белой окраски, кроме темных или темно - коричневых ушей, кончика носа, лапок и хвоста.

Конституция у калифорнийских кроликов крепкая, время от времени несколько уклоняющаяся в сторону нежной, костяк тонкий, легкий, однако довольно прочный. Голова у них легкая, с тонкими короткими, не превышающими 10,5 сантиметра ушами, туловище компактное, сбитое,

пропорционально развитое, неплохо омускуленное, грудь широкая и довольно глубокая, спина короткая, широкая; пояснично-крестцовый отдел расширен; круп широкий и округлый.

Взрослые кролики весят в среднем 4,5 килограмма. Крольчата при рождении весят как правило 45 г. Отличаясь высокой энергией роста, они в 2-месячном возрасте достигают многих 1,9 - 2,3 килограмма, в 3- месячном - 2,7 - 3,4 килограмма и в 5- месячном - 4,2 килограмма.

Крольчихи калифорнийской породы молочны и плодовиты: за окрол приносят как правило 8 крольчат. При частых окролах от крольчихи за год возможно получить и вырастить 30 -35 крольчат. Крольчата рождаются голые, чисто - белые. Пигментированные участки у них возникают позже. От кроликов получают маленькие и большие шкурки. мех по большей части чисто - белый, блестящий, довольно густой и плотный. Кролики калифорнийской породы в Россию завезены в первый раз в 1971 г. из Великобритании и Венгрии. Нормально приспособлены условиям Сибири [2].

Обеспеченность населения Кемеровской области мясом собственного производства составляет не более 60 %. Значительную долю занимают мясные продукты из говядины, свинины, мяса птицы, баранины. В общем объеме производства мяса в России крольчатина занимает всего 0,6 %. Мировое производство крольчатины в последние годы составляет около 1 млн. тонн. По количеству произведенного мяса в мире кролиководство находится на 10-м месте. От одной крольчихи в год можно получить более 30 крольчат и, при выращивании их, 60-70 кг мяса, а также 25-30 шкурок.

В настоящее время ведется поиск путей увеличения производства мяса, в том числе и крольчатины, с этой целью совершенствуются существующие и создаются новые технологии. В связи с этим возникает необходимость комплексного изучения кроликов, их хозяйственно-полезных признаков и биологических особенностей, обеспечивающих эффективность их разведения.

Цель исследований - изучить продуктивные качества кроликов пород: Серебристый, Венский голубой и Калифорнийский в одинаковых климатических условиях Кемеровской области при одинаковом типе кормления и содержания для продовольственных целей.

Исследования проводили на кроликах породы Серебристый, Венский голубой и Калифорнийский в период от рождения и до убоя.

Исследования проводились в ООО «Ассоциация Звероводство», которое располагается в Кемеровском районе, пос. Кузбасский. Хозяйство специализируется по разведению кроликов мясо-шкуркового направления.

В ходе работы учитывали показатели: жизнеспособность и выход молодняка в расчете на 1 крольчиху, его живую массу, массу тушки, выход убойной массы, размер и качество шкурок.

Для опыта отобрали нормально развитых, здоровых животных, из которых по принципу аналогов (с учетом породы, возраста, пола и живой массы) сформировали 3 группы по 20 голов в каждой: 4 самца, 6 крольчих и 10 крольчат. Кроликов содержали в шедрах, в условиях окружающей среды.



Молодняк в обеих группах кормили ежедневно вволю гранулированным комбикормом и сеном, которое раздавали строго нормировано два раза в сутки.

В таблице 1 представлена динамика живой массы кроликов по периодам роста.

Таблица 1 – Динамика живой массы кроликов по периодам роста

Живая масса:	Порода		
	Серебристый	Калифорнийский	Венский голубой
при рождении, г.	77,88±0,27	49,3±0,25	71,36±0,25
в 1 мес., г	1005,3 ±7,21	725,27±7,21	991,95 ±6,01
в 2 мес., г	2010,7±17,83	2155,68±18,93	2010,7±15,02
в 3 мес., г	3264,15±51,83	3007,14±53,43	3440,11±51,85
в 4 мес., г	4100,65±46,81	3800,65±46,81	4120,33±30,12
в 5 мес., г	5212,5±44,87	4285,50±48,75	4985,37±32,18
Сохранность, %	88	90	86

Диетическое мясо кроликов относится к так называемому белому мясу. Количество белка в нем выше, чем в баранине, говядине, свинине, телятине. Кроличье мясо, как нельзя лучше, отвечает задаче повышения полноценности белкового питания и снижения в рационе уровня жиров, особенно насыщенных. По витаминному и минеральному составу мясо кроликов превосходит почти все иные виды мяса. Витаминный (С, В6, В12, РР) и минеральный (железо, фосфор, кобальт, марганец, фтор и калий) состав мяса кролика практически несравним ни с каким иным мясом. Белое мясо кроликов бедно солями натрия, что делает крольчатину, наряду с другими ее свойствами, незаменимой в диетическом питании [5].

Важный критерий оценки животных той или иной породы, как производителей мяса – это показатель, имеющий название убойный выход, который определяют отношением массы тушки кролика к его предубойной живой массе.

Выход убойной массы в одни и те же сроки убоя (имеется в виду возраст животных) у кроликов разных пород различен (табл. 2).

Таблица 2 – Показатели мясной продуктивности молодняка кроликов

Порода	в 60 дней		в 90 дней		
	Масса перед убоем, кг	Выход убойной массы, %	Масса перед убоем, кг	Масса тушки с почками, кг	Выход убойной массы, %
Серебристый	2,1	45,8 ± 0,86	3,3	1,25	49,4 ± 0,60
Венский голубой	2,1	45,0 ± 0,42	3,4	1,35	50,6 ± 0,40
Калифорнийский	2,2	45,5 ± 1,05	3,01	1,2	49,0 ± 0,73

Массу убойной тушки определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 27747 – 88 «Мясо кроликов».

Изучали качество шкурок в 60 – и 90 – дневном возрасте при убое молодняка в зимний, весенний и летний периоды, в соответствии с ГОСТ 2136 – 87 «Шкурки кроликов невыделанные». [1]

Шкурки от животных весеннего убоя (в 60 дней) немного различаются между собой по сортности. Так, от молодняка было получено следующее количество шкурок 2 – го сорта: Венский голубой – 10 %, Калифорнийский – 30 % и Серебристый – 20 %.

От молодняка летнего убоя (в 60 дней) имелось шкурок 3 – го сорта 30 %, 4 – го сорта – 70 %.

При весеннем убое в 90 дней сортность шкурок от подопытного молодняка повысилась. Лучшими в этом отношении оказались Серебристый и Венской голубой породы с количеством шкурок 1 – го сорта 50 и 60 % соответственно.

При летнем убое в 90 дней лучшими оказались кролики породы Венский голубой, среди которых шкурок 3 – го сорта было – 15%, т.е меньше, если сравнивать с остальными представленными породами.

Следует отметить, что во всех группах общее количество и качество шкурок, полученных при летнем убое кроликов, хуже, чем при весеннем.

Сравнительный анализ качества шкурок от 60 – и 90 – дневного молодняка показывает, что «60 – дневные» шкурки могут быть использованы только для производства фетра, в то время как «90 - дневные» пригодны для пошива меховых изделий.

Как показали исследования, изучаемые породы хорошо адаптированы в Сибирских условиях Кемеровской области, наибольшей сохранныостью молодняка характеризуется Калифорнийская порода, но по интенсивности роста лучшие качества показали кролики породы Серебристый. Наилучшим качеством шкурок в изученные нами возрастные и сезонные периоды обладают кролики породы Венский голубой. Уровень рентабельности производства составил - 34 %.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выделка и изготовление изделий из шкурок кроликов / С.П. Бондаренко. – М.: ООО «Издательство АСТ»; Донецк: «Сталкер», 2003. – 168 с.
2. Колматский В.И Перспективы индустриального производства крольчатины в России // Кролиководство и звероводство. – М.: Россельхозакадемия, 2012. – № 4. – С. 30 – 33.
3. Кролиководство / Н.А. Балакирев, Е.А. Тинаев, Н.Н. Шумилина. – М.: Колос, 2006. – 232 с.
4. Кролиководство: учебно – методическое пособие / О.С. Микрюкова, В.И. Полковникова. – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2016. – 106 с.
5. Мясо кроликов. Технические условия и методы анализа. – М.: Издательство стандартов, 1995. – 93 с.
6. Эффективное кролиководство / В.И. Колмацкий [и др.]. – Ростов н / Д: Феникс, 2014. – 238 с.

*Т.А. Атапина, Н.Н. Чуманова, М.Ю. Сергеева*

## **ВЛИЯНИЕ ГУМИНАТРИНА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРИЗНАКИ СОРТОВ ОВСА В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», г. Кемерово, Барачатский ГСУ Кемеровской области*

Овес относится к группе зернофуражных культур. Культура сочетает питательные и целебные свойства с высокой степенью адаптивности к условиям возделывания, способен произрастать не только на окультуренных почвах, но и в условиях низкого естественного плодородия.

Производство зерна остается ключевой проблемой в развитии сельского хозяйства. Отечественный рынок фуражного зерна в современных условиях на 90% формируется за счет ячменя, овса, пшеницы. Возделывание овса позволяет обеспечить животноводство достаточным количеством концентрированных кормов, а население высококачественными диетическими продуктами питания.

В настоящее время в связи с общим кризисом сельского хозяйства произошел неоправданный спад производства фуражного зерна, в том числе овса, в основном за счет сокращения посевных площадей. При общем снижении уровня производства, интерес к культуре и потребность в зерне овса не уменьшился [2].

Урожайность овса остается невысокой, а главное значительно варьирует по годам от 9,9 ц/га (Яшкинский район) до 23,3 ц/га (Гурьевский район) [4]. Необходимым условием для стабилизации урожайности может быть использование гуминовых препаратов. Действие гуминовых препаратов на продуктивность, ростовые показатели, качество зерна, фунгицидные действия отмечены многими исследователями [1; 3; 5].

Гуминатрин с микроэлементами это препарат гуминовой природы нового поколения, содержащий макро- и микроэлементы, а также стимуляторы роста – калиевые и аммониевые соли гуминовых кислот. Разработан и производится из бурых углей в «ООО НПП Сибирские Гуматы» г. Томска. Препарат применяют при обработке семян как в чистом виде, так и с фунгицидами, при обработке в фазу кущения зерновых применяется также в чистом виде, и с гербицидами (баковая смесь).

### **Цель исследований**

Оценка реакции сортов овса Креол, Спринт-3, Фобос на обработку Гуминатрином.

### **Объекты и методы исследований**

Исследования проводились в 2016 году на Барачатском ГСУ Кемеровской области. Почва – чернозем выщелоченный оподзоленный, с содержанием

гумуса 6,9 %, плотность почвы 1,20 г/см<sup>3</sup> оптимальная для культуры (табл.1).

Таблица1 - Агрохимическая характеристика почвы

Глубина взятия, см	Гумус, %	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Результаты анализов							
				рН		HNO <sub>3</sub> мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/кг	K <sub>2</sub> O мг/кг	общий, %		
				сол	вод				N	P	K
0-20	6,9	1,20	39,4	5,6	6,9	29,5	124	50	0,39	0,19	0,51

Посев овса проведен 24 мая, на глубину 4-6 см, сеялкой ССНП-16, в 4-кратной повторности, с рендомизированным расположением делянок. Уборку урожая проводили финским комбайном САМПО – 130. Площадь делянки 25 м<sup>2</sup>. Предшественник – чистый пар. Обработка растений овса по вегетации проведена с использованием ранцевого опрыскивателя.

### Объект исследования

1. Гуминовый препарат - Гуминатрин с вариантами обработки:

- контроль 1 (без обработки);
- контроль 2 (обработка семян водой);
- обработка семян перед посевом (раствор 1:9);
- обработка растений по вегетации (фаза кущения).

2. Яровой овес (*Avena sativa* L.), сорта Креол, Спринт3, Фобос (норма высева 4,5 млн всхожих семян).

В период вегетации проводили следующие учеты и наблюдения с использованием общепринятых методик:

- фенологические наблюдения, элементы зерновой продуктивности, высоту растений, устойчивость к полеганию по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (М., 1985);
- масса 1000 зерен по ГОСТ 12042-80;
- определение плёнчатости по ГОСТ 10843-76;
- содержание белка по ГОСТ10846-91в ФБГУ ЦАС «Кемеровский»;
- статистическая обработка методом дисперсионного анализа, при котором рассчитывают: ошибку (точность) опыта (Р, %), ошибку средней по опыту (Е, ц/га), наименьшую существенную разность - НСР (критерий оценки – Y).

Барачатский Государственный сортоучасток расположен в лесостепной зоне Кемеровской области и относится к теплomu умеренно-увлажненному агроклиматическому району. В 2016 году агроклиматические условия благоприятно повлияли на рост и развитие растений сортов овса. Гидротермический коэффициент по району колеблется в пределах 1,0-1,3.

### Результаты исследований

Результаты исследований показали, что обработка семян перед посевом Гуминатрином повлияла на полевую всхожесть и сохранность к уборке.

Полевая всхожесть изучаемых сортов на данном варианте варьировала от 98,8% (Спринт-3) до 99,5% (Креол). Полевая всхожесть на контроле 1 была ниже на 2,3% у сорта Креол и на 9,1% у сорта Фобос (табл.2).

Таблица 2 - Полевая всхожесть и сохранность сортов овса к уборке

Вариант, сорт	Количество взошедших растений, шт./м <sup>2</sup>	Количество сохранившихся растений, шт./м <sup>2</sup>	Полевая всхожесть, %	Сохранность к уборке, %
<b>Креол</b>				
Контроль 1	407	390	90,4	86,7
Контроль 2	438	427	97,3	94,9
Обраб.семян	448	441	99,5	98,0
Обраб. растений по вегет.	413	410	91,7	91,1
<b>Спринт-3</b>				
Контроль 1	426	416	94,6	92,4
Контроль 2	439	440	97,5	95,7
Обраб.семян	445	440	99,8	97,7
Обраб. растений по вегет.	430	426	95,5	94,7
<b>Фобос</b>				
Контроль 1	436	431	96,8	95,8
Контроль 2	440	442	97,7	96,7
Обраб.семян	446	442	99,1	98,2
Обраб. растений по вегет.	438	430	97,3	95,6

Важным признаком при районировании сорта является устойчивость к полеганию. При определении высоты растений в фазу выметывания было выявлено, что обработка препаратом влияет на ростовые показатели на варианте обработка растений по вегетации. Максимальная высота растений отмечена у сорта Фобос – 90 см, что выше, чем на контроле2 на 10 см, высота других сортов на этом варианте была ниже. На этом же варианте отмечено и увеличение количества зерен в метелке у сортов Креол и Фобос (табл.3).

Таблица 3 – Биологические и хозяйственные признаки сортов овса

Сорт, вариант	Высота растений, см	Длина метелки, см	Кол-во зерен в метелке, шт.	Полегание, балл	Урожайность, ц/га
<b>Креол</b>					
Контроль 1	78	15	36	4	32,3
Контроль 2	79	17	38	4	34,0
Обраб. семян	77	18	40	4	38,7
Обраб. по вегетации	80	20	43	5	39,6

Продолжение таблицы 3

<b>Спринт-3</b>					
Контроль 1	84	15	28	4	32,3
Контроль 2	84	15	28	4	33,6
Обраб. семян	85	17	29	4	37,9
Обраб. по вегетации	88	19	32	5	40,0
<b>Фобос</b>					
Контроль 1	81	19	41	4	33,3
Контроль 2	80	21	42	4	35,5
Обраб. семян	87	22	45	4	38,5
Обраб. по вегетации	90	23	48	5	40,1

Ранее в исследовании [5] было отмечено влияние гуминовых препаратов на качественные показатели зерна овса. В наших исследованиях отмечена сортовая реакция по показателям качества: пленчатости, натуре зерна, содержанию белка. Только сорт Креол при обработке препаратом Гуминатрином семян и растений формировал крупное высококачественное зерно. На этом же варианте отмечено стабильное содержание белка в зерне (табл.4). Ожидаемого снижения пленчатости зерна у сортов овса не отмечено. Анализ элементов продуктивности овса показал, что достоверно максимальную урожайность сформировал на варианте (обработка по вегетации) сорт Фобос - 40,1 ц/га (табл.5).

Таблица 4 - Влияние Гуминатрина на качество зерна сортов овса

Сорт, вариант	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Пленчатость, %	Содержание белка, %
<b>Креол</b>				
Контроль 1	410	39,76	31,15	11,06
Контроль 2	400	36,12	30,75	13,17
Обраб. семян.	430	38,88	30,00	12,08
Обраб. по вегетации	450	41,72	29,13	12,31
<b>Спринт -3</b>				
Контроль 1	400	39,56	26,99	10,94
Контроль 2	380	39,16	29,95	11,63
Обраб. семян.	450	37,08	39,32	13,40
Обраб. по вегетации	430	39,60	27,54	11,63
<b>Фобос</b>				

Продолжение таблицы 4

Контроль 1	450	39,90	30,16	11,17
Контроль 2	400	39,78	28,61	10,66
Обраб. семян.	420	35,20	31,20	11,57
Обраб. по вегетации	400	39,78	25,29	13,28

Таблица 5 – Результаты статистической обработки опыта

Сорт	Урожайность по повторениям, ц/га				Влажность, %	Урожайность, ц/га	Результаты обработки*
	I	II	III	IV			
<b>Контроль 1</b>							
Креол	32,0	32,8	32,0	32,4	14,0	32,3	P=0,6 E=0,2 Y=0,7
Спринт3	32,8	32,0	32,4	32,0	14,0	32,3	
Фобос	33,2	32,8	33,6	33,6	14,0	33,3	
<b>Контроль 2</b>							
Креол	33,6	34,0	33,6	34,8	14,0	34,0	P=1,3 E=0,45 Y= 1,5
Спринт3	32,8	33,6	34,4	33,6	14,0	33,6	
Фобос	35,6	35,2	35,2	36,0	14,0	35,5	
<b>Обработка семян</b>							
Креол	38,4	40,0	38,0	38,4	14,0	38,7	P=0,8 E=0,3 Y=1,02
Спринт3	37,6	38,4	38,0	37,6	14,0	37,9	
Фобос	38,0	38,4	38,0	39,6	14,0	38,5	
<b>Обработка по вегетации (фаза кушения)</b>							
Креол	39,6	38,8	40,4	39,6	14,0	39,6	P=1,0 E=0,4 Y=1,4
Спринт3	39,6	40,0	39,6	40,8	14,0	40,0	
Фобос	41,2	39,6	39,6	40,0	14,0	40,1	
*ошибка (точность) опыта (P, %), *ошибка средней по опыту (E, ц/га), *НСР (Y- критерий оценки)							

**Выводы**

1. Обработка препаратом Гуминатрином по вегетации положительно влияет на ростовые процессы растений овса сорта Фобос.
2. При обработке по вегетации наблюдается увеличение урожайных свойств - количество зерен в метелке и крупность зерна у сортов Креол и Фобос.
3. Максимальную урожайность в опыте формировал сорт Фобос – 40,1 ц/га.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комарова Г.Н. Влияние регулятора роста и развития растений гуминовой природы Гумостим на овес / Г.Н. Комарова, А.В. Сорокина // Достижения науки и техники АПК. – 2012. - №5. – С.27-29.
2. Лоскутов И.Г., Блинова Е.В. Источники для селекции овса на повышение качества и функциональности конечной продукции / И.Г. Лоскутов, Е.В. Блинова // Селекция, семеноводство и производство зернофуражных культур для обеспечения импорт замещения. - Тюмень: ФГБНУ «НИИСХ Северного Зауралья», 2015. –С.71-75.
3. Мирзова О.В. Влияние микроудобрений и регуляторов роста на дерново- подзолистой легкосуглинистой почве. // Вестник Белорусской ГСХА. - 2015. - №2. – С.64-63.
4. Статистический ежегодник. Сельское и лесное хозяйство [Электронный ресурс]. <http://kemerovostat.gks.ru/wps> (дата обращения 27.02.2016)
5. Чуманова Н.Н., Анохина О.В. Оценка влияния гуминовых препаратов на рост, развитие и продуктивность овса и картофеля в лесостепи Кемеровской области / Н.Н. Чуманова, О.В. Анохина // Вестник Кемеровского ГУ. – 2015.- №1. – Т.2. – С 49-52.

УДК 636.082.265

*А.П. Гришкова,<sup>1</sup> Н.А. Чалова,<sup>1</sup> А.А. Аришин,<sup>2</sup>*

### **ВЛИЯНИЕ ГЕНОТИПА ТЕРМИНАЛЬНЫХ ХРЯКОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ФИНАЛЬНОГО ГИБРИДА**

<sup>1</sup>*ФГБОУ ВО Кемеровский ГСХИ, Россия, г. Кемерово*

<sup>2</sup>*ООО СПК «Чистогорский», Россия, Кемеровская область*

Успешная реализация достижений научно-технического прогресса в свиноводстве в значительной степени зависит от продуктивного потенциала животных. Современные технологии базируются на использовании высокопродуктивных особей, объединенных селекционерами в линии, семейства, внутривидовые типы, породы. Племенная работа стала неотъемлемой частью технологии, поскольку без нее невозможно дальнейшее совершенствование племенных и продуктивных качеств животных, а значит, и большее производство свинины лучшего качества.

Среди эффективных приемов, позволяющих добиться высокой продуктивности свиней, особое место принадлежит внедрению метода гибридизации. Гибридизация в свиноводстве - это высшая форма промышленного скрещивания животных специализированных пород, типов и линий, положительно сочетающихся по воспроизводительным, откормочным и мясным качествам. Использование гибридизации дает возможность получить



значительную прибавку в продуктивности свиней за счет реализации эффекта гетерозиса.

В большинстве стран с развитым свиноводством производство товарной свинины основано на применении межпородного промышленного скрещивания, позволяющего автоматически избежать стихийного инбридинга с его вредными последствиями и использовать фактор гетерозиса в широких масштабах. Доля помесей от общего количества откормочных свиней, к примеру, в Англии составляет около 90%, США-85%, Венгрии-80%.

В США в гибридизации широко используются свиньи цветных пород – дюрок, гемпшир. В Англии для получения тяжелых мясных свиней применяют трехпородное скрещивание по типу йоркшир х уэссекссэдлбекская х ландрас. Во Франции, Бельгии и Ирландии применяют двухпородное скрещивание пород мясного направления продуктивности – пьетренов, ландрасов, йоркширов. В Голландии гибридов получают на основе равноправного скрещивания четырех синтетических линий разных пород, а также помесей на двухпородной основе голландских ландрасов и йоркширов. В Скандинавских странах скрещивание применяют в ограниченных размерах, вместе с тем используют помесных маток ландрас х йоркшир [1]. Для получения товарного молодняка, имеющего выход мяса в туше 60-62 %, в Украине сейчас используют породы свиней украинской селекции, такие, как полтавская и украинская мясная, внутривидовые типы в крупной белой породе, специализированную линию мясных свиней в сочетании с генотипами зарубежной селекции – ландрас, дюрок, крупная белая английской, датской, французской, эстонской селекции. Но производство гибридного молодняка характерно только для крупных свиноводческих комплексов, которых на Украине единицы [2]. В Беларуси удельный вес помесного и гибридного молодняка от всего получаемого приплода в 2004 г. составил 78 % [3].

Согласно данным ВНИИплем об объемах гибридизации в свиноводстве России, доля гибридного молодняка в настоящее время не превышает 54,8%, в то время как за рубежом практически все откормочное поголовье получают руководствуясь принятыми схемами разведения.

В практике свиноводства важной деталью является правильный выбор исходных особей как материнской, так и отцовской породы. В России, как и в странах с развитым свиноводством, на промышленных комплексах широко используется в качестве материнской основы двухпородная свинка, обеспечивающая создание более жизнеспособного потомства. На заключительном этапе скрещивания используются хряки специализированных мясных пород, таких как дюрок, пьетрен и др. Так как эти специализированные мясные породы созданы в климатических и кормовых условиях, отличающихся от резко континентального климата Сибири, животные проходят сложные процессы акклиматизации. Однако именно они оказывают наиболее существенное влияние на мясные качества помесного потомства [4].

В Российской Федерации получение финального гибрида в большинстве своем основывается на использовании генетического материала зарубежной селекции. В то же время производство свинины на промышленном комплексе

«Чистогорский» Кемеровской области изначально было ориентировано на использование полукровной свинки, получаемой на маточной основе отечественных пород свиней, таких как крупная белая и кемеровская. Первой отцовской породой в системе скрещивания используются хряки породы ландрас. В результате получают свинку F1 с хорошей скороспелостью, оплатой корма и большим, чем у чистопородных животных, содержанием мяса в туше.

В дальнейшей схеме получения товарного гибрида на заключительном этапе используются хряки пород дюрок и пьетрен, у которых генетическое превосходство трехпородных помесей над двухпородными является базовой основой в системах гибридизации. В то же время особое значение приобретают вопросы наиболее эффективного использования узкоспециализированных мясных пород свиней разного экогенеза (дюрок, пьетрен) с целью получения туш с тонким хребтовым шпиком и высоким содержанием мяса.

Исходя из вышеизложенного, проведены исследования по оценке влияния генотипа помесных хряков (дюрок х пьетрен) и (пьетрен х дюрок) на продуктивные качества полукровных свиноматок и четырехпородных помесей в условиях промышленного комплекса «Чистогорский».

### Условия, материал и методы

Опыт проводили в 2015–2016 годах. В качестве исходного материала использованы полукровные ( $\frac{1}{2}$  крупная белая +  $\frac{1}{2}$  ландрас) свиноматки по первому опоросу. Отцовские породы представлены помесными хряками от сочетаний дюрок х пьетрен и пьетрен х дюрок (табл. 1).

Все животные находились в одинаковых условиях кормления и содержания согласно принятой технологии комплекса.

Таблица 1 - Схема опыта

Группа	Кол-во маток, гол.	Породная принадлежность		Условное обозначение
		свиноматка	хряк	
1-я	10	$\frac{1}{2}$ крупная белая + $\frac{1}{2}$ ландрас	$\frac{1}{2}$ дюрок + $\frac{1}{2}$ пьетрен	(КБ х Л) х (Д х П)
2-я	10	$\frac{1}{2}$ крупная белая + $\frac{1}{2}$ ландрас	$\frac{1}{2}$ пьетрен + $\frac{1}{2}$ дюрок	(КБ х Л) х (П х Д)

Для оценки откормочных и мясных качеств полученного помесного молодняка был проведен контрольный откорм до живой массы 100 кг. В конце откорма из каждой группы отобрали по 10 голов подсвинков для контрольного убоя. По фактическим результатам средняя живая масса одной головы при снятии с откорма составила у гибридов первой группы 104,5 кг, второй группы – 102,3 кг.

### Результаты исследований

В равных условиях кормления и содержания у подопытных свиноматок разного генотипа отмечена различная изменчивость продуктивности. Абсолютные показатели многоплодия свиноматок и живой массы приплода разных сочетаний характеризуют их продуктивность. Сравнительная оценка

воспроизводительных качеств показала, что достоверных различий по многоплодию и количеству поросят при отъеме от свиноматок с разным генотипом не получено (табл. 2). В среднем при сочетании свиноматок (крупная белая х ландрас) с хряками (дюрок х пьетрен) получено при рождении 11,0 поросят, из них живых – 10,7 головы. Установлена высокая изменчивость по рождению живых поросят – 28,6% (лимит – 8–14 голов). В возрасте 21 дня количество поросят в гнезде составило в среднем 10,0 голов, коэффициент изменчивости – 14,1% (лимит – 9–11 голов).

Сохранность поросят в помете зависит от жизнеспособности приплода, молочности свиноматок и их материнских качеств. Исследования показали, что к отъему процент сохранности поросят в первой группе приемлемый для крупного комплекса – в среднем 93,7%.

Таблица 2 - Количество поросят в гнезде в подсосный период

Группа	Родилось поросят, гол.				Поросят в возрасте 21 день, гол.	
	всего		в т.ч. живые			
	$\bar{X} \pm m_{\bar{x}}$	<i>Cv</i>	$\bar{X} \pm m_{\bar{x}}$	<i>Cv</i>	$\bar{X} \pm m_{\bar{x}}$	<i>Cv</i>
1-я	11,00±0,94	24,05	10,67±1,08	28,64	10,00±0,50	14,14
2-я	11,67±0,52	14,00	10,50±0,66	19,75	10,50±0,41	12,30

При скрещивании свиноматок вышеуказанного сочетания с помесными хряками пьетрен х дюрок в среднем получено 11,67 поросенка на опорос, из них живых – 10,5 головы. Следует подчеркнуть, что при этом к трехнедельному возрасту отмечена тенденция к сохранению 100%-ного поголовья приплода и к отъему во второй группе в расчете на один опорос получено больше на 0,5 поросенка в сравнении с первой группой. Коэффициенты изменчивости по указанным параметрам составили в среднем 15,4% (лимит – 8–14 поросят).

Данные по массе гнезда в возрасте 21 дня и при отъеме показали, что при использовании полукровных свиноматок  $\frac{1}{2}$  крупная белая +  $\frac{1}{2}$  ландрас с хряками  $\frac{1}{2}$  дюрок +  $\frac{1}{2}$  пьетрен получено преимущество в сравнении с вариантом, где в качестве отцовской породы использовались хряки сочетания пьетрен х дюрок: в результате повышается масса гнезда в возрасте 21 дня – 63,5 кг, что на 6,0 кг выше в сравнении с аналогичным показателем второй группы (табл. 3). Эта закономерность сохраняется до отъема в 30 дней, где разница с подобным показателем составила 8,9 кг, а масса гнезда оказалась в среднем 93,4 кг. Коэффициенты изменчивости по данному показателю в первой группе составили 23,39 % (лимит – 78–109 кг), во второй группе – 19,96% (лимит – 60–98 кг).

Общеизвестно, что откорм свиней является заключительным этапом в процессе производства свинины. Успех этого этапа зависит от генетических особенностей, условий кормления и содержания свиней, качества кормов, технологии производства свинины.

Об эффективности проведенного откорма судят по таким показателям, как возраст животных при достижении убойной живой массы, среднесуточный прирост за период откорма и расход кормов на 1 кг прироста.

Таблица 3 - Масса гнезда при четырехпородном скрещивании

Группа	Масса гнезда, кг					
	в возрасте 21 день			при отъеме в 30 дней		
	<i>lim</i>	$\bar{X} \pm m_{\bar{X}}$	<i>Cv</i>	<i>lim</i>	$\bar{X} \pm m_{\bar{X}}$	<i>Cv</i>
1-я	53–74	63,5 $\pm$ 5,25	23,39	78–109	93,4 $\pm$ 7,72	23,39
2-я	41–67	57,5 $\pm$ 3,63	19,96	60–98	84,5 $\pm$ 5,33	19,96

Откорм животных проводился до достижения подсвинками живой массы в среднем 100 $\pm$ 5 кг. При пересчете на живую массу 100 кг скороспелость у помесей с генотипом отца  $\frac{1}{2}$  дюрок +  $\frac{1}{2}$  пьетрен составила 174,5 дня и 176,0 дней – с генотипом отца  $\frac{1}{2}$  пьетрен +  $\frac{1}{2}$  дюрок (табл. 4). Длина туловища и затраты корма у потомков из первой группы составили 121,5 см и 3,06 кг, из второй группы – 119,0 см и 2,93 кг соответственно. Полученные результаты указывают на то, что полукровные хряки с генотипом дюрок х пьетрен и пьетрен х дюрок при скрещивании с двухпородными свиноматками варианта крупная белая х ландрас оказывают равнозначное влияние на формирование откормочной продуктивности.

Прижизненные измерения толщины шпика в двух точках (на уровне шестого-седьмого и 10–11-го грудных позвонков) указывают на возможность получения четырехпородных гибридов с тонким слоем подкожного сала – в среднем 21,6 мм и 16,0 мм соответственно. При этом различий между группами не установлено.

Изучение убойных и мясо-сальных качеств помесей, полученных при четырехпородном скрещивании, являлось одной из основных задач наших исследований.

Таблица 4 - Прижизненная продуктивность молодняка на откорме

Группа	Пол	Кол-во поросят гол.	При достижении массы 100 кг				
			толщина шпика на уровне 6-7-го грудных позвонков, мм	толщина шпика на уровне 10-11-го грудных позвонков, мм	скороспелость, дн.	Длина туловища см	затраты корма, кг
1-я	свинки	4	20,3	14,3	178,0	118,0	2,80
	кастраты	2	22,5	18,0	171,0	125,0	3,30
	в среднем	6	21,4	16,2	174,5	121,5	3,06
2-я	свинки	4	20,0	14,0	180,0	120,0	2,80
	кастраты	2	23,5	17,5	172,0	118,0	3,00
	в среднем	6	21,8	15,8	176,0	119,0	2,93

Результаты скрещивания показывают, что по массе парной туши, длине туши, толщине шпика над шестым-седьмым грудными позвонками, массе задней трети полутуши и площади «мышечного глазка» преимущества одного сочетания над другим не наблюдается (табл. 5). Средние значения этих параметров находятся на уровне 72,0 кг, 92,6 см, 25,9 мм, 11,7 кг, 37,3 см<sup>2</sup> соответственно. В то же время у потомства второй группы отмечается

увеличение массы парной туши (73,2 кг против 70,8 кг) при меньшей живой массе при убое (102,3 кг против 104,5 кг) , а также большей массе окорока и площади «мышечного глазка» – на 0,6 кг и на 2,3 см<sup>2</sup> соответственно. По таким показателям, характеризующим мясные качества, как длина туши и толщина шпика над шестым-седьмым грудными позвонками, полученные помеси имеют близкие значения.

Таблица 5 – Мясная продуктивность четырехпородного молодняка (в пересчете на массу тела 100 кг)

Группа	Пол	Масса парной туши, кг	Длина туши, см	Толщина шпика над 6-7-м грудными позвонками, мм	Масса окорока, кг	Площадь «мышечного глазка», см <sup>2</sup>
1-я	свинки	71,4	93,1	22,9	12,2	38,9
	кастраты	70,1	94,1	29,9	10,6	33,2
	в среднем	70,8	93,6	26,4	11,4	36,1
2-я	свинки	72,4	93,2	23,1	11,7	39,7
	кастраты	74,0	89,7	27,6	12,4	37,1
	в среднем	73,2	91,5	25,3	12,0	38,4

### Заключение

Таким образом, результаты проведенного опыта по влиянию генотипа хряков в системе четырехпородного скрещивания на воспроизводительную способность полукровных свиноматок (крупная белая х ландрас) показали, что использование помесных хряков узкоспециализированных мясных пород (дюрок, пьетрен) обеспечивает высокую сохранность приплода (90–91%) и большую массу гнезда к отъему (в среднем 89 кг). Прослеживается тенденция к получению большей массы гнезда в возрасте 21 и 30 дней у гибридов с генотипом терминальных хряков  $\frac{1}{2}$  дюрок +  $\frac{1}{2}$  пьетрен в сравнении с аналогами от обратного скрещивания –  $\frac{1}{2}$  пьетрен +  $\frac{1}{2}$  дюрок.

Результаты откормочных качеств гибридного молодняка от помесных хряков различных сочетаний пород дюрок и пьетрен равнозначны. В то же время следует указать на повышение мясных качеств у потомства при использовании помесных хряков  $\frac{1}{2}$  пьетрен +  $\frac{1}{2}$  дюрок.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барановский Д. Мировой генофонд свиней в чистопородном разведении, скрещивании и гибридизации / Д. Барановский, В. Герасимов, Е. Пронь // Свиноводство. - 2008. - № 1. - С. 2-5.
2. Войтенко С. Особенности селекции с малочисленными породами свиней (миргородская, украинская степная рябая и украинская степная белая породы свиней) на Украине // Свиноводство. - 2007. - № 1. - С. 2-4.
3. Шейко И.П. Свиноводство Республики Беларусь // Зоотехния. – 2004. - № 1. – С. 23-26.

4. Гришкова А.П. Продуктивность свиней зарубежной селекции в условиях Сибири/А.П. Гришкова, А.А. Аришин, Н.А. Чалова. // Свиноводство. - 2016. - №3. - С. 9–11.

УДК 631.6.02

*В.М. Самаров*

## **ПОЧВОЗАЩИТНАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ В КУЗНЕЦКОЙ КОТЛОВИНЕ**

*ФГБОУ ВО Кемеровский государственный сельскохозяйственный  
институт, г. Кемерово*

В условиях современного земледелия в лесостепи и остепененной зоне Кузнецкой котловины защитная обработка почвы позволяет более эффективно использовать почвенно-климатические ресурсы, сохранять плодородие почв, снижать энергетические и трудовые затраты при возделывании культур.

Забота об экономии почвенной влаги, защита почвы от ветровой и водной эрозии являются актуальными проблемами современного земледелия, что особенно важно для промышленных регионов, каким является Кузбасс, где площадь сельскохозяйственных земель интенсивно сокращается.

Установлено, что на обработку почвы приходится до 40% энергетических и 25% трудовых затрат от всего объема работ по возделыванию и уборке культур. В этих условиях разработка систем научно обоснованных мероприятий по рациональному использованию земель приобретает особо важное значение, главным образом, при решении проблемы по охране почв от разрушения, сноса и улучшению экологических условий. [1; 3; 4]

В практике отечественного и мирового сельского хозяйства выделяют следующие 4 системы основной обработки почвы: [1; 2]

- вспашка с предварительным лушением;
- послойная плоскорезная;
- чизельная;
- нулевая.

Применяемые системы обработки почвы обладают определенными недостатками: вспашка по В.Р.Вильямсу (1949) - повышенной энерго- и затратноемкостью, обработка по Т.С.Мальцеву (1955) и Л.И. Бараеву (1967, 1975) - дифференциацией пахотного слоя по плодородию и увеличением засоренности посевов и почвы. Существующая обработка нуждается в дальнейшем совершенствовании в направлении экологической адаптации и сокращения затрат по возделыванию культур.

Минимальные обработки, они же ресурсосберегающие и, в основном, почвозащитные. [6; 7] Существенными признаками ресурсосберегающих обработок является экономия горючего, максимальное накопление и экономное расходование почвенной влаги, снижение до минимума деградации почвы.

Сельскому хозяйству Кемеровской области ветровая и водная эрозия причиняет ущерб в перерасчете на зерно до 0,3 миллионов тонн. В настоящее время 43% от всей пашни подвержены той или иной эрозии. Потеря минеральной части почв только в период снеготаяния составляют от 1 до 3 тонн с каждого гектара в год. Примерно 20% твердого стока поступает в водоемы и реки, что приводит как к их обмелению, так и заилению.

Следует отметить, что даже при минимальных снегозапасах, свойственных засушливым годам, величина поверхностного стока в среднем равна 13 мм, закономерно увеличиваясь с ростом снегозапасов до 109-120 мм во влажные годы (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика стока талых вод и смыва почв

Годы	Запасы воды в снеге, мм	Сток, мм	Масса смытой почвы, т/га
Засушливые	53,0	5,0	0,8
Средние	105,0	77,0	2,8
Влажные	181,0	109,0	5,6

Эрозионные процессы сказались и на сокращении численности микроорганизмов в почве, что в свою очередь, приводит к ухудшению ее плодородия. Исследования показали, что если в неэрозированных черноземах общее количество микроорганизмов в слое 0-30 см в среднем составляет 5-6 тыс. на 1 грамм почвы, то в среднеэрозированных, соответственно, 2,0-2,5 тыс. на грамм, т. е. примерно в 2 раза ниже.

Гумус - ведущий показатель почвенного плодородия. Его содержание качественный состав во многом определяют агрохимические свойства почвы ее водный, воздушный и тепловой режимы, строение и сложение почвы. Однако, как отмечают многие ученые, при сельскохозяйственном использовании почв содержание гумуса со временем существенно снижается. По данным В.Калугина (1988) большинство хозяйств области имеют отрицательный баланс гумуса:

- минерализовалось гумуса на 1 урожай	-0,82
- эрозийные потери гумуса	-1,20
- накоплено за счет растительных остатков	+0,34
- образовалось гумуса за счет внесения органических удобрений	+0,13
- баланс гумуса	-1,56

Исследования проводились в юго – западной части Промышленновского района Кемеровской области. На территории хозяйства преобладает чернозем выщелоченный солонцеватый средне-гумусный, средне-мощный. По механическому составу почвы можно отнести к средним суглинкам. Толщина слоя гумуса 25-27 см. Содержание гумуса от 9,2 до 9,6%, РН — водной вытяжки от 5,8 до 6,2, т.е. близки нейтральной. Содержание доступного фосфора - 165-180 мг на кг почвы легкодоступного калия - 320-360 мг на кг почвы. В таблице 2 приведены показатели продуктивности зерновых культур за последние три года по различным вариантам основной обработки почвы. Использование плоскорезной обработки вместо вспашки способствуют

увеличению нитратов в пахотном слое выщелоченных черноземов. Минимально-нулевая обработка в сравнении со вспашкой снижает содержание нитратов в пахотном слое на 20-22%. Это, видимо, вызвано снижением влажности почвы и повышением засоренности посевов. На безотвальной обработке в сравнении с другими приемами в опытах отмечается тенденция к увеличению содержания гумуса почв на 4-10%. Это способствует более рациональному использованию органического вещества почвы. Мелкие обработки почвы в сравнении с обработками на глубину 23-25 см и 25-27 см не снижали содержания почвенной влаги, а в отдельных случаях способствовали ее оптимизации.

Таблица 2 – Продуктивность зерновых по способам основной обработки почвы

Вариант	Урожайность т/га	Прибавка	
		т/га	%
Ячмень			
Вспашка 23 – 25 см	1,15	-	-
Плоскорезная 23 – 25 см	1,32	0,17	14,8
Плоскорезная 25 – 27 см	1,85	0,70	60,9
Без обработки	1,51	0,36	31,3
Яровая пшеницы			
Вспашка 23 – 25 см	1,30	-	-
Плоскорезная 23 – 25 см	1,74	0,44	33,8
Кукуруза			
	Зеленая масса	Выход кормовых единиц, г/га	
Вспашка 23 – 25 см	23,8	3,8	
Плоскорезная 23 – 25 см	31,2	4,9	
Плоскорезная 25 – 27 см	41,8	7,1	

Стерня после плоскорезной обработки и почвозащитный микрорельеф способствует значительному (45-60 мм) увеличению запасов влаги в снежном покрове и почве. В таблице 3 приведена почвозащитная технологическая схема обработки черного пара под озимую рожь, яровые колосовые.

Таблица 3 – Технологическая схема подготовки пара под озимую рожь, яровые колосовые

Элементы технологических операций	Параметры операций	Время проведения операций	Агрегат
Мульчирование измельченной соломой или в расстил		При обмолоте предшественника	ЛДГ-10 по соломе расстил
Плоскорезная обработка по стерне и соломе	Глубина 12 – 14 см	После уборки	КПШ-5, КПШ-9
Снегозадержание	Проходы через 5 – 6 метров (2 – 3 раза за зиму)	Ноябрь – февраль	СВУ-2, 6 УВС-9



*Продолжение таблицы 3*

Ранне – весеннее боронование (прикатывание сильно иссушенного верхнего слоя)	Глубина 4 – 5 см	Апрель – май	БИГ-3, БМШ
Культивация с боронованием	Глубина: 1-ая 10 – 12 см, 2-ая 12 – 14 см	Май – июль (по мере отрастания сорняков)	КТС-10, КПШ-5
Вспашка (лесостепная зона) Плоскорезная (остепененное ядро)	Глубина 20 – 23 см	Июль	ПН-8-35, КПГ-25
Культивация с боронованием	Глубина 8 – 10 см, 12 – 14 см при наличии корнеотпрысковых сорняков	Август - Сентябрь	КПС-4 с, БЗСС-1

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Александров Л. Эффективность почвозащитных мероприятий может быть повышена // Земледелие. - 1975. - № 8. – С. 17 – 19.
2. Бараев. А.И. Система обработки почвы // Земледелие. - 1966. - № 4. – С. 16 – 22.
3. Бараев. А.И. Комплекс почвозащитных мер // Земледелие. - 1970. - № 1. – С. 3 – 5.
4. Бараев. А.И. Почвозащитное земледелие. - М.: Колос, 1975. – 292 с.
5. Брылев В.К. Почвы Кузбасса и пути повышения их плодородия. – Кемерово, 1967. – 108 с.
6. Чуманова Н.Н., Гребенникова В.В. Влияние систем обработки на элементы плодородия почвы и урожайность пшеницы в условиях центральной лесостепи Кемеровской области // Аграрный вестник Урала. – 2008. - № 4. – С. 56 – 58.
7. Чуманова Н.Н. Влияние минимально – нулевых систем обработки почвы на засоренность зерновых агрофитоценозов // Вестник Алтайского ГАУ. – 2013. - № 9. – С. 14 – 17.

УДК 636.4.084

***С.Н. Рассолов, С.Н. Витязь***

**ПЕРЕВАРИМОСТЬ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ РЕМОНТНЫХ СВИНОК ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИММУНОНУТРИЕНТОВ В ИХ РАЦИОНЕ**

*ФГБОУ ВО Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт,  
г. Кемерово*

Недостаток в рационе животных жизненно важных микроэлементов приводит к нарушению процессов метаболизма, в т. ч. липидного обмена.

Важна роль нарушений обмена липидов в этиологии и патогенезе эндемических болезней и, особенно, гипозементозов селена и йода, при которых активизируется образование свободных радикалов, т. е. нарушаются процессы метаболизма. Главным действующим звеном в защите организма от свободных радикалов является антиоксидантная система, состоящая из ферментативных звеньев, которая подразделяется на три линии защиты и зависит в своей работе во многом от уровня ряда физиологически важных микроэлементов в рационе животных. Первая линия защиты направлена на детоксикацию опасных супероксид аниона и пероксида водорода с участием супероксиддисмутазы и каталазы. Супероксиддисмутаза занимает центральное место в ферментативной антиоксидантной системе. Она катализирует реакцию супероксид аниона с образованием молекулярного кислорода и перекиси водорода. Основной функцией каталазы является предотвращение накопления в клетках перекиси водорода. Вторая линия — обезвреживание липидных радикалов при встрече с природным фенольным антиоксидантом — витамином Е. Третья линия — глутатион — связана с ферментами, в которые входит селен [1].

Среди локальных и системных функций микробиоты кишечника животных важное место занимает улучшение всасывания различных соединений, включая микроэлементы. В экспериментах на животных и клинических исследованиях установлено, что нарушение формирования кишечной среды негативно сказывается на всасывании нутриентов и, особенно на усвоение минеральных веществ, витаминов, и в конечном итоге на состояние иммунитета [2].

Поэтому совместное использование микронутриентов селена и йода на фоне пробиотиков для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных является актуальной проблемой.

Цель настоящей работы – определить эффективность влияния препаратов йода и селена в комплексе с пробиотиком на переваримость питательных веществ в рационе ремонтных свинок.

### **Схема и методика исследований**

Экспериментальные исследования проводили в ООО СХО «Заречье» отделении Новостройка Кемеровского района Кемеровской области на ремонтных свинках типа КМ-1. Предварительно произвели подбор групп – аналогов по происхождению, возрасту и живой массе [3]. С началом основного периода опыта (с 4-х месячного возраста), условия содержания и кормления для групп были одинаковые, но животным II опытной группы дополнительно к основному рациону (ОР) вводили внутримышечно однократно препарат седимин и перорально пробиотик Сиб-Мос ПРО в дозе 1 г на 1 кг комбикорма, животным I опытной группы ОР + внутримышечно препарат Е-селен + пробиотик Сиб-Мос ПРО в дозе 1 г на 1 кг комбикорма. Схема опыта представлена в таблице 1.

Седимин – комплексный препарат, который содержит в 1 мл следующие действующие вещества: 16-20 мг/мл железа, 5,5-7,5 мг/мл йода, 0,07-0,09 мг/мл стабилизированного селена (соответствует 0,16-0,20 мг/мл селенита натрия). Е-

селен – препарат в 1 мл инъекционного раствора которого содержится витамина Е 50 мг и 0,5 селена в виде селенита натрия.

Таблица 1 - Схема научно-хозяйственного опыта

Группа	Количество, голов	Схема и доза введения препаратов
Контрольная	8	Основной рацион, принятый в хозяйстве (ОР)
Опытная I	8	(ОР) + препарат Е-селен в дозе 0,2 мл на 10 кг массы тела + пробиотик Сиб-Мос ПРО в дозе 1 г на 1 кг комбикорма
Опытная II	8	(ОР) + препарат седимин в дозе 5 мл на голову + пробиотик Сиб-Мос ПРО в дозе 1 г на 1 кг комбикорма

Препарат Сиб-Мос ПРО является экологически чистым маннанолигосахаридным препаратом из клеточных стенок дрожжей в сочетании с бактериями *Bacillus subtilis*.

### Результаты исследований

Одним из важных показателей, определяющих питательность и продуктивное действие биологически активных добавок, является переваримость питательных веществ рационов. Для достижения поставленной цели в ходе научно-хозяйственного эксперимента был проведен балансовый опыт. Переваримость питательных веществ исследовали по общепринятым методикам.

На основании полученных данных по количеству потребленных и выделенных с калом питательных веществ рационов нами определены коэффициенты переваримости (табл. 2).

Таблица 2 - Переваримость питательных веществ ремонтными свинками

Показатель	Коэффициенты переваримости, %		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	76,00 ± 0,37	77,12 ± 0,92	78,13 ± 0,77
Орг. вещество	78,80 ± 0,31	78,88 ± 1,05	80,20 ± 0,32
Протеин	70,02 ± 1,02	70,87 ± 0,27	71,15 ± 0,49
Жир	62,16 ± 1,03	63,03 ± 0,28	63,33 ± 1,80
Клетчатка	38,18 ± 1,55	38,29 ± 1,58	39,44 ± 1,90
БЭВ	89,80 ± 0,88	90,57 ± 0,75	90,89 ± 1,13

Так, коэффициенты переваримости сухого вещества были выше в I опытной группе на 1,47%, во II опытной на 2,80%, коэффициенты переваримости органического вещества повысились на 0,1% и 1,77% соответственно, коэффициенты переваримости сырого протеина были выше в I опытной группе на 1,21%, во II опытной на 1,61%, коэффициенты переваримости сырого жира на 1,39% и 1,88% соответственно, сырой клетчатки повысились на 0,28% и 3,30%, Б.Э.В. на 0,85 % и 1,21% соответственно.

## **Заключение**

Таким образом, препараты селена и йода на фоне пробиотика в рационах незначительно повысили коэффициенты переваримости питательных веществ рациона у опытных групп по сравнению с животными контрольной группы, на этом фоне преобладала II опытная группа. Полученные данные говорят о том, что при поступлении микронутриентов селена и йода в виде препарата седимин на фоне пробиотика Сиб Мос ПРО в организм ремонтных свинок, более выражено повышается переваримость питательных веществ что, по-видимому, связано с активным формированием пищеварительной системы, обеспечивающей расщепление сложных питательных веществ рациона и всасывание. Повышение переваримости всех питательных веществ рациона в физиологических опытах, это показатель оптимального уровня обмена веществ.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Воробьев Д.В. Влияние препаратов селена, йода и меди на процессы метаболизма растущих свиней при гипозементозах // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 12-1 (91). – С. 16-18.
2. Гольцман А.А. Влияние добавок селена на переваримость основных питательных веществ рационов, баланс азота, кальция, фосфора в рационах лактирующих коров / А.А. Гольцман, С.С. Александрова, И.В. Сотников // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 10 (128). – С. 44-47.
3. Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве. - М.: Колос, 1976. - 304с.

УДК 635. 656 : 631.5

*С.И. Рудакова*

## **БИОЛОГИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРОХА И ЕЁ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА**

*ФГБОУ ВО Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт,  
г. Кемерово*

### **Введение**

Зернобобовые культуры в России в 2015 г. занимают площадь около 2,0 мл. га. Первое место принадлежит одной из наиболее урожайных бобовых культур – гороху. В Кузбассе площади разделяются следующим образом: 15 тыс. га под горохом, 0,8 – викой, 2 тыс. га – кормовыми бобами, при средней урожайности зернобобовых – 1,4-1,6 т/га. Все зернобобовые культуры имеют пищевую и кормовую ценность из-за высокого содержания белка в вегетативной массе и семенах [1]. Злостными вредителями гороха являются клубеньковые долгоносики жуки и личинки, которых могут полностью уничтожить урожай, и по этой причине технология возделывания культуры невозможна без учета подбора предшественников и сроков посева, что,

безусловно, не загрязняет окружающую среду. Задача заключается в том, чтобы найти рациональное соотношение между использованием агротехнических приемов и получением достаточно высокого урожая [2, 3].

### Объекты и методика исследований

Исследования проводились в северной лесостепи Кемеровской области. В качестве исследуемых объектов были использованы сорта гороха Ямальский (st), Саламанка, Русь, Ямал 2. Учет численности жуков клубенькового долгоносика проводят в фазу образования третьего листа путем осмотра пробных площадок. Для этого используют рамку площадью 0,25 м<sup>2</sup>, пробы располагают равномерно по диагонали поля. Площадки тщательно осматривают, выбирают всех жуков на поверхности почвы, при этом перебирают все растительные остатки. Затем определяют среднее количество жуков на 1 м<sup>2</sup>. Наиболее полно выявляются жуки в теплые часы, когда они активны и находятся на растениях [4, 5]. Статистическая обработка результатов исследований проводилась методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [6].

### Результаты исследований

Полученные многолетние данные (1995-2014 гг.) показали, что в Кузбассе клубеньковые долгоносики являются опасными вредителями гороха, которые на 50,0-80,0% повреждают всходы районированных сортов. Горох заселяют *Sitona lineatus* L. и *Sitona crinitus* Hbst., где зимующий запас в среднем по годам исследований составил 8-12 экз./м<sup>2</sup>. Особенно сильные повреждения жуки наносили в сухую, жаркую погоду (1998-1999 гг., в 2010-2013 гг.). Летние повреждения жуков были менее опасными по сравнению с весенними, так как растения уже окрепли. Данные по степени повреждения сортов гороха клубеньковыми долгоносиками в зависимости от предшественника приведены на рисунке 1.

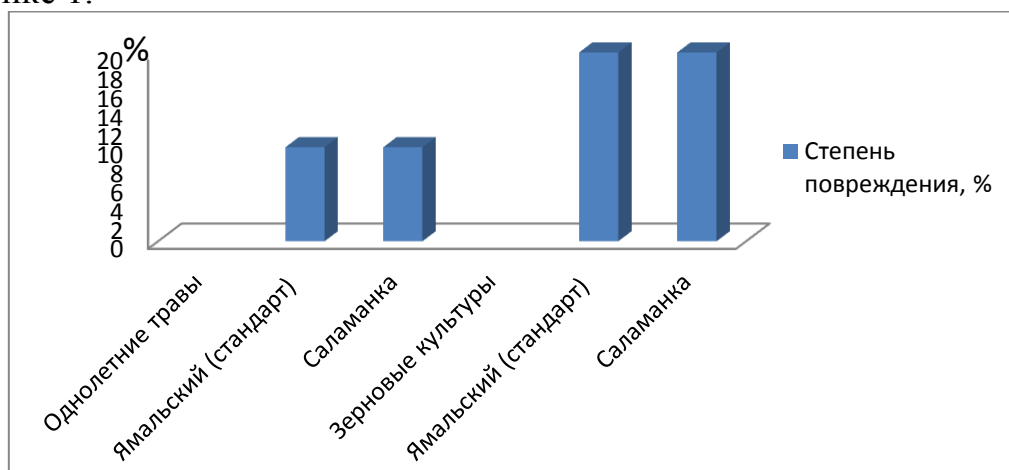


Рисунок -1. Степень повреждения сортов гороха клубеньковыми долгоносиками в зависимости от предшественника, Яшкинский район Кемеровская область, 2012-2014 гг.

Результаты исследований показали, что по зерновому предшественнику сорта гороха клубеньковыми долгоносиками повреждались в два раза больше, чем по однолетним травам. В течение вегетационных периодов долгоносики

питались на листьях, но из-за погодных условий, сложившихся в 2012-2014 гг., они вреда гороху не причинили.

Анализ основных элементов структуры урожая гороха показал, что максимальный урожай зерна получен у сорта Саламанка по предшественнику однолетние травы (рапс), который составил 2,2 т/га, что на 0,7 т/га больше районированного сорта Ямальский, принятого за стандарт.

Данные по экономической эффективности представлены в рисунке 2.

При расчете экономической эффективности возделывания ярового гороха по предшественнику однолетние травы выделился сорт Саламанка, с уровнем рентабельности 141,0 % и уровнем чистого дохода 11595 руб./га.

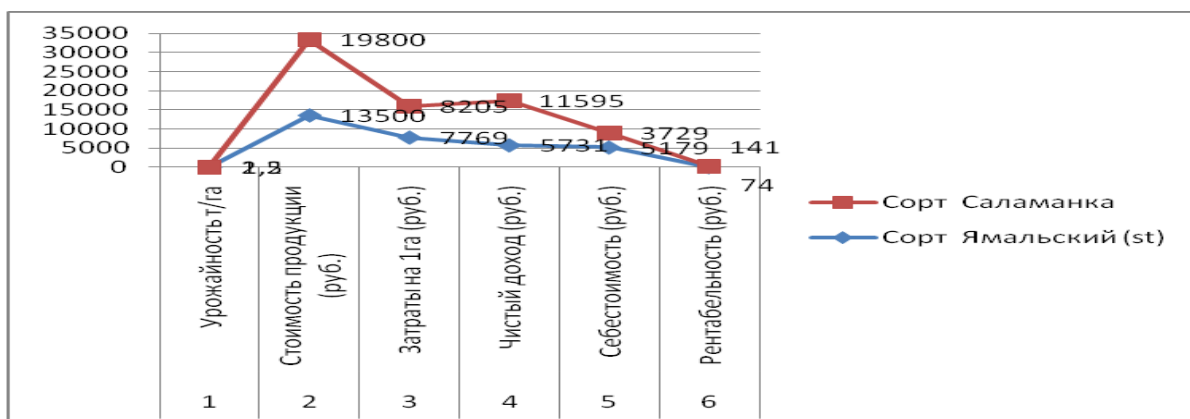


Рисунок - 2. Экономическая эффективность возделывания ярового гороха

Наблюдения за клубеньковыми долгоносиками в 2012-2013 гг. проводились в фазу всходов и формирования зерна в естественных условиях (рис. 3).

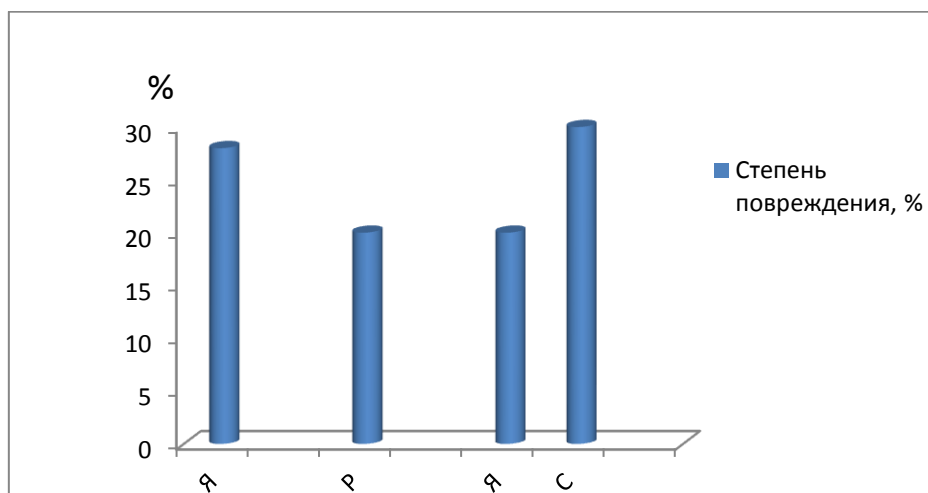


Рисунок - 3. Степень повреждения сортов гороха клубеньковыми долгоносиками, Яшкинский район Кемеровская область, 2012-2013 гг., %

Результаты исследований показали, что повреждение клубеньковыми долгоносиками растений гороха сорта Ямальский, принятого за стандарт, на естественном фоне выращивания характеризуется в основном среднеустойчивым показателем, где степень повреждения составила 28,0%. Сорта Русь, Ямал 2, и Саламанка повреждались долгоносиками в средней степени, на уровне 20,0 и 30,0% соответственно.

Наблюдения за сезонной динамикой численности популяций клубеньковых долгоносиков на разновозрастных посевах гороха (1999-2001 гг.) позволили подсчитать численность вредителя в целом за сезон. Численность жуков по срокам посева и годам исследований изменялась в среднем от 146,7 до 1021,7 экз. на популяцию. Минимальное значение зафиксировано на уровне 380,0 экз. на популяцию, максимальное – 1400,0, что в 3,68 раз больше.

В сезонном развитии наблюдалась закономерность в изменениях численности популяций клубеньковых долгоносиков по срокам посева. По результатам наших исследований, сезонная численность популяций долгоносиков минимальна на июньских посевах – 398,0 экз./популяцию и максимальна на посевах 10-15 мая – 1376,0 экз./популяцию, что в 3,46 раз больше.

Учитывая характер роста сезонной численности популяции клубеньковых долгоносиков, выделили основные этапы их формирования. По срокам посева популяции долгоносиков формировались при появлении первых листьев. При этом, на посевах 10-15 мая в среднем по годам исследований популяции развивались с 1 по 24 июня, а на июньских посевах с 19 июня по 3 июля, разрыв в сроках развития вредителя приблизительно равен разрыву в сроках посева гороха. Сроки формирования популяций долгоносиков по этапам пришлись в среднем на 10.06-28.06 для появления, подъёма, максимума, спада численности и окончания развития. Первые жуки на посевах 10-15 мая появлялись в начале третьей декады мая (с момента прорастания семян гороха), при этом пик их численности приходился на середину июня (формирование и рост стебля), после чего начинался спад. На посевах 20-25 мая и июньских посевах появление первых жуков отмечалось с момента прорастания семян гороха, а пик численности приходился на период формирования и роста стебля - цветение – ветвление (табл. 1).

Таблица 1 – Сроки формирования популяций клубеньковых долгоносиков на разновозрастных посевах гороха, Яшкинский район Кемеровская область, 1999-2001 гг., даты

Этапы развития	Сроки посева			Средняя
	10-15 мая	20-25 мая	5 июня	
Появление	1.06	10.06	19.06	10.06
Подъём численности	5.06	12.06	23.06	13.06
Максимум	13.06	20.06	27.06	20.06
Спад	26.06	29.06	29.06	25.06
Конец развития	24.06	28.06	3.07	28.06
Продолжительность, дней	23	18	14	18

В середине июня численность вредителя достигла максимальной величины на посевах 10-15 мая, которая составила в 1999-2001 гг. - 54,6 экз./м<sup>2</sup>, что на 72,5% больше экономических порогов вредоносности (15 экз./м<sup>2</sup>). По мере отмирания перезимовавших жуков численность долгоносиков снизилась, новое поколение было немногочисленным. На июньских посевах численность

жуков в среднем составила 16 экз./м<sup>2</sup>, что являлось минимальным показателем. Молодое поколение было немногочисленным, существенного вреда не наносило.

Источником воспроизводства для клубеньковых долгоносиков являлись растения гороха и многолетние бобовые травы, которые и служили местом естественного размножения. Факторами передачи, способствующими расселению и выживанию вредителя, являлся механизм адаптации насекомых - способность летать, который помог приспособиться к условиям окружающей среды во времени и в пространстве, что обеспечило непрерывность жизненного цикла. Восприимчивые растения гороха являлись трофическими нишами для долгоносиков, где они были обеспечены питательными веществами, необходимыми для их воспроизводства и жизнедеятельности.

### Выводы

1. Установлено, что клубеньковые долгоносики вредоносны в фазы всходы – формирование и рост стебля – ветвление, где степень повреждения на 1-ых сроках посева (10-15 мая) составила 66,7%, на 2-ых сроках (20-25 мая) - 33,3% и на 3-их сроках (5 июня) - 11,7%.

2. Установлено, что в отношении клубеньковых долгоносиков спад численности отмечается на 3-их сроках посева (5 июня), что в 3,5 раза меньше.

3. Установлено, что максимальный урожай зерна получен у сорта Саламанка по предшественнику однолетние травы (рапс), который составил 2,2 т/га, что на 0,7 т/га больше районированного сорта Ямальский, принятого за стандарт.

4. При расчете экономической эффективности возделывания ярового гороха по предшественнику однолетние травы выделился сорт Саламанка, с уровнем рентабельности 141,0 % и уровнем чистого дохода 11595 руб./га.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чуманова Н.Н. Основы агрономии : курс лекций / Н.Н. Чуманова, О.В. Анохина, Н.В. Берестова ; Кемеровский ГСХИ. – Кемерово : ИИО Кемеровского ГСХИ, 2015. – 211 с.

2. Рудакова С.И. Фитосанитарное обоснование защиты посевов гороха от комплекса вредных организмов в условиях Кузбасса // Монография - Кемеровский ГСХИ. - Кемерово : Изд-во КемГСХИ, 2015. - 144 с.

3. Рудакова С.И. Вредные организмы гороха и фитосанитарное обоснование защиты посевов в условиях Кемеровской области. Научно-методические рекомендации для студентов специальности 110201 «Агрономия» / С.И. Рудакова : науч.-метод. рекомендации / Кемеровский ГСХИ. – Кемерово : ГП КО «Кемеровский полиграфкомбинат», 2006. – 63 с.

4. Куликов Н.И. Учет населения стеблестоя сачком / Н.И. Куликов, Н.Л. Каплин // Защита и карантин растений. – 2000. – № 6. – С. 43.

5. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур / Н.И. Корсаков, О.П. Адамова, В.И. Буданова [и др.]. – Л., 1975. - 58 с.

6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М. : ИД Альянс, 2011. – 352 с.



УДК 614.2:371

ББК 51+74

*В.В. Захаренков, И.В. Виблая*

### **О ВНЕДРЕНИИ В Г. НОВОКУЗНЕЦКЕ КОМПЛЕКСНОЙ МУНИЦИПАЛЬНОЙ ЦЕЛЕВОЙ ПРОГРАММЫ «ОБРАЗОВАНИЕ И ЗДОРОВЬЕ»**

*ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены  
и профессиональных заболеваний», г. Новокузнецк*

В г. Новокузнецке проведено поэтапное внедрение мониторинга здоровья школьников в процессе получения ими общего образования.

В поддержку проводимых мероприятий муниципальная автоматизированная информационная система «Социально-гигиенический мониторинг» усилена подсистемой «Здоровье школьников и педагогических работников», опытное внедрение которой проводилось на базе 20 школ г. Новокузнецка в течение 2005-2006 гг., а оценка эффективности реализации осуществлялась по показателям заболеваемости.

В 2007 г. была разработана комплексная муниципальная целевая программа г. Новокузнецка «Образование и здоровье» (2007-2011 гг.). Её научным руководителем в г. Новокузнецке стал доктор медицинских наук, профессор, академик РАЕН, заслуженный врач РФ Захаренков Василий Васильевич – инициатор создания единого информационного пространства в системе здравоохранения, науки и образования. Координацию инновационного проекта обеспечивали 6 организаций:

- ✓ Комитет образования и науки администрации г. Новокузнецка;
- ✓ Управление здравоохранения администрации г. Новокузнецка;
- ✓ МОУ ДПО «Институт повышения квалификации»;
- ✓ НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний;
- ✓ ТО ТУ «Роспотребнадзор» в г. Новокузнецке;
- ✓ Кустовой медицинский информационно-аналитический центр.

В процессе реализации мероприятий этой программы уже в 2008 году мониторингом было охвачено 70% школ. Динамическая оценка значений показателей заболеваемости подростков (15-17 лет включительно), обучавшихся в общеобразовательных школах г. Новокузнецка, с акцентом на этапность внедрения мероприятий мониторинга показала общую тенденцию к росту значений показателей первичной и общей заболеваемости школьников-подростков при снижении коэффициента хронизации заболеваний, рассчитываемого как отношение общего числа заболеваний к числу заболеваний, установленных впервые в жизни. К 2009 году относительно данных за 2005 год значение показателя первичной заболеваемости выросло в 2,1 раза (с 941,4 случая до 2026,3 случая на 1000 подростков (‰)), а общая

заболеваемость за этот период увеличилась на 91,4% (с 1426,02‰ до 2730‰), что, на наш взгляд, является следствием более полного учета выявленных заболеваний. В динамическом ряду значений анализируемых показателей просматривались 2 (пересекающихся) периода (2005-2007 гг. и 2007-2009 гг.). Внутри каждого из периодов был установлен год подъёма значений показателей. Мы связываем данный факт с этапным внедрением мероприятий мониторинга. Следующий за ним год характеризовался снижением значений показателей заболеваемости и коэффициента хронизации заболеваний. На наш взгляд, это вызвано эффективностью проведения оздоровительных мероприятий. Так, по сравнению с 2005 годом, в 2006 году показатель первичной заболеваемости вырос на 39,5% (с 941,4‰ до 1314,1‰) и показатель общей заболеваемости увеличился на 38,1% (с 1426,02 до 1969,0 случая на 1000 подростков), что свидетельствует об адекватном медико-статистическом учете. Далее, в 2007 году мы наблюдали снижение значений показателей как первичной (на 5,8%, до 1238,4‰), так и общей (на 9,7%, до 1777,4‰) заболеваемости подростков. При этом как благоприятный момент считаем необходимым отразить снижение значения коэффициента хронизации заболеваний с 1,5 в 2005-2006 гг. до 1,4 в 2007 г. Следующий, уже более выраженный, рост значений показателей первичной (на 80,3%) и общей (на 64,1%) заболеваемости пришёлся на 2008 год, что обусловлено широким спектром внедрения мероприятий мониторинга. Далее, в 2009 г. значения показателей общей и первичной заболеваемости вновь снизились (на 6,4% и 9,3% соответственно).

К 2011 г. мониторингом были охвачены 100% общеобразовательных школ г. Новокузнецка. А с учетом постоянно устанавливаемой эффективности проводимых мероприятий социально-гигиенический мониторинг в образовательных учреждениях города был продлён на период 2012-2013 учебного года (Приказ: Новокузнецкий городской округ администрации г. Новокузнецка, комитет образования и науки (от 02.11.2012 г., №\_2580\_КОиИ), Управление здравоохранения (от 06.11.2012 г., №\_641\_УЗ)).

В настоящее время в поддержку реализации мероприятий мониторинга здоровья подрастающего поколения в рамках созданного единого информационного пространства между учреждениями здравоохранения, образования и науки в г. Новокузнецке на добровольных началах регулярно проводятся заседания координационных советов по сохранению и формированию здоровья участников образовательного процесса, а **эффективность проведения** оздоровительных мероприятий подчеркивают не только снижение значений показателей первичной и общей заболеваемости подрастающего поколения, следующее за предыдущим их ростом в результате более полного охвата мониторингом учреждений образования (сейчас уже и дошкольного), но и снижающиеся значения коэффициента хронизации заболеваний.

Наши мероприятия проводятся для снижения негативного влияния демографического спада в России на состояние экономического и социального благополучия общества [6, 7, 11] путем сохранения здоровья подрастающего

поколения [1, 2, 4, 10, 12] и улучшения состояния трудового потенциала населения [3, 5, 8, 9].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов А.А., Кучма В.Р., Сухарева Л.М. Медицинские и социальные аспекты адаптации современных подростков к условиям воспитания, обучения и трудовой деятельности. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 350 с.
2. Виблая И.В., Захаренков В.В., Бердикова Е.А. Оценка показателей заболеваемости детей в начальных классах общеобразовательных школ г. Новокузнецка // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2010. – № 4. – С. 161-163.
3. Виблая И.В., Захаренков В.В., Пестерева Д.В. Оптимизация потребности в лечебно-восстановительной помощи больным с профессиональными заболеваниями как путь к сохранению трудового потенциала // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2012. – № 5-2 (87). – С. 78-81.
4. Виблая И.В., Захаренков В.В., Россошанский А.Ю., Савиных В.И., Репин А.Л., Бурдейн А.В. Результаты внедрения мероприятий, направленных на профилактику миопии при интенсивной зрительной нагрузке // Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н.А. Семашко. – 2010. – № 3. – С. 31-33.
5. Виблая И.В., Захаренков В.В., Цай Л.В. К исследованию качества оказания медицинской помощи на основе интегрированных оценок // Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н.А. Семашко. – 2007. – № 2. – С. 44-46.
6. Захаренков В.В., Виблая И.В. Негативные связи показателей здоровья населения с уровнем безработицы в г. Новокузнецке // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2010. – № 4. – С. 169-172.
7. Захаренков В.В., Виблая И.В., Олещенко А.М. Проблемы общественного здоровья в Сибирском федеральном округе и пути их решения // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. – 2011. – № 13. – С. 39-40.
8. Захаренков В.В., Морозова О.А., Виблая И.В. Особенности развития силикотуберкулеза у рабочих предприятий черной металлургии // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2012. – № 5-2 (87). – С. 82-85.
9. Захаренков В.В., Виблая И.В., Олещенко А.М., Бурдейн А.В. Целевая установка программных мероприятий по сохранению здоровья и трудового потенциала населения Сибирского федерального округа // Инновационные технологии в медицине труда: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Новосибирск: Новосибирский государственный медицинский университет, 2011. – С. 93-95.

10. Захаренков В.В., Виблая И.В., Россошанский А.Ю., Репин А.Л., Бурдейн А.В. Миопия школьников как проблема адекватного выбора профессии. Пути решения // Сибирский педагогический журнал. – 2010. – № 6. – С. 130-140.

11. Здоровье населения региона и приоритеты здравоохранения / под ред. О.П. Щепина, В.А. Медика. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 384 с.

12. Россошанский А.Ю., Захаренков В.В., Виблая И.В., Савиных В.И. Состояние заболеваемости миопией среди детей в условиях организации внедрения цветотерапии: монография – Новокузнецк: ООО «Полиграфист», 2010. – 144 с.

УДК 577.4:614

*В.В. Захаренков, Р.А. Голиков, А.М. Олещенко, Д.В. Суржиков,  
В.В. Кислицына, Т.Г. Корсакова*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ ОЗОНА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ И СОДЕРЖАНИЕМ РЯДА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ПРИМЕСЕЙ**

*ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены  
и профессиональных заболеваний», г. Новокузнецк*

Озон является одним из фотохимических окислителей, в наибольшем количестве образуется в атмосферном воздухе. В крупных городах концентрация озона достигает 2-3 мг/м<sup>3</sup>, что в 100-200 раз больше, чем в чистом природном воздухе [5]. Скорость образования озона зависит от освещенности, поэтому его концентрация изменяется в течение суток и в течение года. Уменьшение концентрации озона ночью объясняется прекращением его фотохимического синтеза в отсутствие солнечного света, а также участием его в окислении оксида азота в диоксид азота. С увеличением солнечной освещенности концентрации озона возрастает. Годовые изменения образования озона складываются из суточных изменений и дают максимальное значение в периоды высокой солнечной активности [2]. В районах с умеренным климатом при характерной циклонной активности количество фотохимически образовавшегося озона в различные годы может значительно колебаться.

При концентрации озона около 0,2 мг/м<sup>3</sup> наблюдаются головная боль, резь в глазах и раздражение слизистых оболочек. Число приступов у больных астмой возрастает при концентрации озона 0,3-0,5 мг/м<sup>3</sup>. Кратковременные воздействия озона приводят к изменениям легочной функции, включающим повышение реактивности на внешнее воздействие и воспаление дыхательных путей, могут возникать респираторные симптомы – одышка, кашель. Длительное воздействие озона может приводить к морфологическим изменениям эпителиальной и соединительной тканей легких, включая фиброгенные процессы [4].

В г. Новокузнецке сосредоточено значительное количество источников поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Новокузнецк расположен в котловине, окруженной отрогами горных хребтов юга Западной Сибири. Город застраивался и развивался отдельными площадками. В результате селитебные зоны расположены между промышленными площадками предприятий [3]. Другим фактором, способствующим концентрации атмосферных примесей в воздушном бассейне города, являются климатические характеристики местности. Одной из особенностей климата является возникновение в центре города острова тепла, который характеризуется повышенными температурами воздуха, что объясняется большой теплоемкостью городских сооружений, которые быстро нагреваются днем и медленно остывают ночью. Остров тепла вызывает поток воздуха, направленный от окраин города к центру, и восходящие движения воздуха над ним. В этих условиях районы, расположенных близко к окраинам, характеризуются притоком чистого воздуха, а в центр поступает воздух, содержащий вредные примеси от промпредприятий. Также особенностью климата города является частая повторяемость антициклонных типов погоды, в течение значительной части года город находится под воздействием области высокого давления. Антициклон отгораживает территорию города от Атлантического океана, в летний период сюда проникают морские воздушные массы со стороны Атлантики, и то в трансформированном виде.

В результате в г. Новокузнецке высока повторяемость инверсий, т.е. холодный воздух располагается над теплым. Приземные инверсии возникают в зимний период в результате застаивания и выхолаживания воздуха над почвой. Приземные и приподнятые инверсии температуры являются задерживающими слоями, препятствующими распространению примесей в верхние слои атмосферы. При наличии в городе значительного числа невысоких дымовых труб при инверсиях формируются ситуации, при которых происходит накопление вредных веществ в атмосфере.

Загрязнение воздушного бассейна города обуславливается выбросами высоких источников предприятий металлургической и теплоэнергетической промышленности. Также в воздушный бассейн поступают выбросы из невысоких труб котельных, линейных источников, выбросы от автомобильных и железнодорожных источников. На металлургических заводах в производственном процессе накапливаются загрязняющие вещества, которые периодически выбрасываются в атмосферный воздух залповыми выбросами. Максимальные концентрации загрязнителей в селитебной зоне формируются при опасной скорости ветра, при которой выбросы опускаются к поверхности земли и создается эффект задымления [1]. Среднее значение валовых выбросов в воздушный бассейн за период 2001-2011 гг. составило 412,96 тыс. тонн/год, оксида углерода – 252,76 тыс. тонн/год; взвешенных частиц – 50,68 тыс. тонн/год; диоксида серы – 40,28 тыс. тонн/год; диоксида азота (NO<sub>2</sub>) – 20,35 тыс. тонн/год; сажи – 0,85 тыс. тонн/год.

## Материалы и методы

В исследовании использованы материалы по загрязнению атмосферного воздуха, предоставленные лабораторией экологического мониторинга Новокузнецкого института-филиала Кемеровского государственного университета. Лаборатория оснащена оборудованием по мониторингу воздушной среды, определяющим концентрации 8 примесей, в том числе и озона. Оборудование работает в режиме реального времени, данные поступают на регистрирующий прибор, который передает информацию на компьютер. Ежедневные 30-минутные концентрации атмосферных загрязнений по указанным ингредиентам статистически обрабатываются. В качестве среднесуточной концентрации принималась средняя арифметическая из числа разовых, выявленных в течение суток, а в качестве среднемесячной концентрации – средняя арифметическая из числа среднесуточных, выявленных в течение месяца. Также определялись взвешенные индексы сезонности, позволяющие оценить уровень загрязнения атмосферного воздуха отдельными примесями по сезонам года.

Особое внимание в данном исследовании уделялось озону, так как он, по данным Агентства по охране окружающей среды США, входит в тройку, наряду с взвешенными веществами и диоксидом серы, наиболее опасных атмосферных загрязнителей, повышение концентрации которых в воздушном бассейне приводит к увеличению не только заболеваемости, но и смертности населения; а также, в г. Новокузнецке, как и в большинстве городов РФ, уровень загрязнения атмосферного воздуха озоном не контролируется на стационарных постах Гидрометобсерватории Росгидромета. Взаимозависимость концентраций озона с концентрациями вышеперечисленных примесей воздушного бассейна в Центральном районе г. Новокузнецка представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Взаимозависимость концентраций озона с концентрациями других примесей атмосферного воздуха

Уравнение регрессии	Индекс корреляции	Индекс детерминации, %	F-критерий
$Y = -0,053 X_1 - 0,27 X_2 + 0,26 X_3 - 0,013 X_4 + 0,53 X_5 + 0,025$	0,58	33,6	5,5*
$Y = -0,051 X_1 - 0,0049 X_2 - 0,013 X_4 + 0,01$	0,375	14,1	3,06*
$Y = 0,22 X_3 - 0,014 X_4 + 0,47 X_5 + 0,017$	0,557	31,1	8,42*

Полученные индексы множественной корреляции показывают умеренную степень связи между рассматриваемыми факторами ( $R=0,375-0,58$ ). Оценка регрессионных соотношений с применением критерия Фишера показала их статистическую достоверность ( $F=3,06-8,42$ ;  $P < 0,05$ ). Установлено, что от 14,1% до 33,6% дисперсии загрязнения атмосферного воздуха озоном связано с содержанием других газообразных примесей.

По коэффициентам эластичности установлено, что с увеличением концентрации диоксида серы в атмосферном воздухе на 10% концентрация озона может возрасти на 1,2-1,4% (в зависимости от выбранной модели). При

аналогичном повышении концентрации сероводорода количество озона в воздушном бассейне увеличивается на 4,2-4,7%. Зависимость между количествами оксида углерода и озона обратная: при снижении в приземном слое атмосферы концентрации угарного газа на 10% количество озона растет на 7,8-8,4%.

Получены взвешенные индексы сезонности, а также коэффициенты сезонной колеблемости концентраций рассматриваемых загрязнителей атмосферного воздуха (табл. 2).

Таблица 2 – Взвешенные индексы сезонности и коэффициенты сезонной колеблемости (%) концентраций озона и других примесей в атмосферном воздухе Центрального района г. Новокузнецка

Примесь	Индексы сезонности по периодам года				Коэффициент сезонной колеблемости
	Зимний	Весенний	Летний	Осенний	
Взвешенные вещества	0,864	0,496	1,177	0,903	38,12
Оксид азота	1,677	0,862	1,161	0,926	38,74
Диоксид азота	1,099	0,982	1,198	0,712	19,01
Диоксид серы	0,989	1,022	1,241	0,909	13,75
Озон	1,251	1,603	0,936	0,507	43,86
Оксид углерода	1,257	0,846	0,925	1,061	16,81
Аммиак	1,244	0,913	1,008	0,871	15,37

Установлено, что максимальный уровень концентрации озона достигается весной, что связано с высоким притоком солнечной радиации, в том числе и ультрафиолетовой, а также с наиболее интенсивным переносом озона из стратосферы в это время года. Взвешенные индексы сезонности, установленные по средним концентрациям озона для каждого периода года, составили в зимний период 125,1%, в весенний – 160,3%, в летний – 93,6%, в осенний – 50,7%. Коэффициент сезонной колеблемости по средним концентрациям озона составил 43,86 % (> 20%), что говорит о высокой степени сезонной колеблемости.

Максимальная запыленность атмосферного воздуха центральной части города достигается в летний сезон года (индекс сезонности – 117,7%), в этот же период в приземном слое атмосферы максимально содержание диоксида серы и диоксида азота (индексы сезонности – 124,1% и 119,8%, соответственно). В зимний период достигают максимума уровни загрязнения воздушного бассейна оксидом азота (индекс сезонности – 167,7%), оксидом углерода (125,7%) и аммиаком (124,4%), хотя и взвешенный индекс сезонности диоксида азота также весьма высок (109,9%). Следует отметить, что значения взвешенных индексов сезонности оксида азота и аммиака в летний период года также превышают 100%, то есть уровень загрязнения воздушного бассейна данными загрязнителями в это время весьма высок. Аналогичные превышения отмечаются по диоксиду азота – в зимний период года, диоксиду серы – весной, оксиду углерода – осенью. Таким образом, тенденции увеличения уровня загрязнения воздушного бассейна по сезонам года различными ингредиентами

проявляют весьма существенное разнообразие. Наиболее характерно увеличение концентраций ряда атмосферных примесей в зимний период, что связано с дополнительной нагрузкой на отопительную систему, и в летний период, что объясняется преобладанием погодных условий, характеризующихся штилем и слабым ветром. Высокой сезонной колеблемостью отличается загрязнение атмосферного воздуха взвешенными веществами (коэффициент сезонной колеблемости  $38,12\% > 20\%$ ) и оксидом азота ( $38,74\% > 20\%$ ). Устойчивостью к сезонной колеблемости характеризуется загрязнение воздушного бассейна диоксидом серы ( $13,75\% < 20\%$ ), оксидом углерода ( $16,81\% < 20\%$ ) и аммиаком ( $15,37\% < 20\%$ ).

### Заключение

Взаимозависимость между концентрацией озона и концентрациями оксидов азота не обнаруживает твердо установленных закономерностей. Установленные регрессионные соотношения объясняются тем, что реакции с участием диоксида серы, оксида углерода и сероводорода протекают необратимо. В то же время количество атомарного кислорода, образующегося при этом и играющего решающую роль в образовании молекул озона в атмосферном воздухе, относительно невелико. При реакциях, в которых участвует диоксид азота, поглощение ультрафиолетового излучения приводит к разрыву одной связи между атомами азота и кислорода и образованию молекулярного кислорода и оксида азота. Последующие реакции приводят к образованию молекулярного кислорода и озона и регенерации диоксида азота. Регенерированный диоксид азота может вновь вступать в реакцию, и этот процесс может многократно повторяться до тех пор, пока диоксид азота не превратится в азотную кислоту. Именно этим можно объяснить то, что линейную регрессионную зависимость между уровнями содержания озона и оксидов азота в воздушном бассейне установить не удается.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большаков В.В., Голиков Р.А., Суржиков Д.В., Панайотти Е.А. Анализ ущерба для здоровья населения промышленного центра от загрязнения атмосферного воздуха // Безопасность жизнедеятельности. 2014. № 4. С. 9-13.
2. Голдовская Л.Ф. Химия окружающей среды. М.: БИНОМ, 2008.
3. Захаренков В.В., Олещенко А.М., Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Корсакова Т.Г., Голиков Р.А. Оценка экологического риска, связанного с загрязнением воздуха селитебных зон промышленного города // Академический журнал Западной Сибири. 2015. № 5. Т. 11. С. 52-53.
4. Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А., Авалиани С.Л., Буштуева К.А. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002.
5. Розанов Л.Л. Геоэкология. М.: Вентана-Граф, 2006.



*Ю.А. Григорьев, О.И. Баран*

## **ОПЫТ МНОГОМЕРНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

*ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», г. Новокузнецк*

Для современного этапа развития социологии, экономики, демографии, биологии и медицины характерна потребность в глубоком и точном раскрытии сущности изучаемых явлений и процессов. Исследователей все чаще не удовлетворяют приблизительные оценки тех или иных одномерных характеристик и гипотетические суждения о глубинных процессах. Один из путей преодоления «описательного» уровня в общественных науках, биологии и медицине связан с использованием многомерных математических методов.

В последние десятилетия выявилась тенденция резкого роста числа исследований, в которых обработку данных проводили на основе методов многомерного статистического анализа (МСА). Эта тенденция четко прослеживается в науках, связанных с анализом эмпирических данных [1, 20, 22]. Считается, что современная теория многомерного статистического анализа выросла из задач классификации. Многомерный статистический анализ включает набор различных математико-статистических методов, ориентированных на исследование статистических совокупностей, в которых объекты характеризуются множеством признаков (такие объекты принято называть многомерными). Существуют разные мнения о перечне методов МСА. Наиболее часто в него включают методы многомерной классификации и распознавания образов, многомерного факторного анализа, множественной регрессии, многомерного шкалирования, а иногда – и дисперсионный анализ. В основном перечисленные методы возникли в последние десятилетия как реакция на потребности науки, где многомерность описания изучаемых объектов является характерной чертой большинства исследований.

### **Использование многомерного статистического анализа для оценки влияния факторов окружающей среды на смертность населения**

Для исследования медико-демографических процессов могут использоваться два типа регрессионных моделей: статические и динамические. Статические модели используют так называемые «срезовые данные», имеющие ограниченные возможности по выявлению динамических свойств медико-демографических процессов, где очень часто эффекты (изменение показателей здоровья населения) проявляются не сразу, а спустя некоторое время. В отличие от статических, в динамических моделях используются средства, позволяющие выявить наличие эффектов запаздывания. Для этого приходится рассматривать уже не «срезовые» данные, а изменения интересующих

исследователя показателей во времени. Такие модели в исследовательской практике встречаются очень редко. Это связано с тем, что методы учета эффекта запаздывания, разработанные вначале применительно к техническим, а затем и к экономическим системам, являются весьма сложными для использования в медико-демографическом моделировании, они не всегда применимы без определенной модификации соответствующих алгоритмов [13, 16].

Для решения задач медико-демографического моделирования (например, для оценки влияния множества вредных факторов окружающей среды на смертность населения) нами еще в 80-е годы были использованы следующие процедуры: 1) выделение «факторов выхода» процесса с помощью *P*-техники метода главных компонент; 2) построение регрессионных моделей зависимости выходных переменных от «факторов выхода»; 3) выделение факторов «лаговых воздействий» с помощью использования *O*-техники главных компонент, применяемой для факторизации матрицы корреляций между парами интервалов времени и рассчитанной по массиву входных переменных; 4) построение регрессионных моделей для прогноза влияния факторов «лаговых воздействий» на «факторы выхода»; 5) пересчет уравнений регрессии на главных компонентах в искомые уравнения регрессии, характеризующие динамические зависимости характеристик выхода от входных переменных; 6) расчет и интерпретация коэффициентов эластичности полученных зависимостей [13, 16].

Можно считать целесообразным применение указанных подходов для построения количественных моделей медико-демографических процессов в тех случаях, когда удовлетворительные теоретические модели отсутствуют либо являются достаточно сложными для аналитического исследования.

### **Логлинейный анализ в проверке гипотез влияния отдельных факторов на смертность населения**

В исследовании использовалась подробная информация о каждом случае смерти, т.е. информация качественная, представленная свидетельствами о смерти отдельных индивидов. Совокупность первичных документов интерпретировалась как некоторая выборка из гипотетической генеральной совокупности умерших среди населения трудоспособного возраста. Конечно, неизменность условий жизни и деятельности населения не исключает случайности каждого отдельного случая смерти индивида, а роль современных статистических методов сводится к поиску устойчивых статистических закономерностей формирования фактической совокупности умерших по полу, возрасту, образованию и причинам смерти.

Одним из наиболее адекватных методов, позволяющих статистически строго проверить различные гипотезы о структуре таких закономерностей в выборочных совокупностях, является логлинейный анализ. Этот метод представляет собой многомерный случай техники вычисления существенности взаимосвязей между парами признаков. Метод логлинейного анализа свободен от ограничения на наполненность клеток рассматриваемой таблицы

сопряженности, а также предоставляет исследователю возможности наглядного описания и эффективной проверки взаимодействий признаков порядков более высоких, чем парные.

С использованием данных врачебных свидетельств о смерти создавалось несколько моделей логлинейного анализа, отличающихся различными градациями признаков «образование» и «причина смерти». В модели было включено шесть классов причин смерти: инфекционные и паразитарные болезни, новообразования, болезни системы кровообращения, болезни органов дыхания, болезни органов пищеварения, травмы и отравления. Установлено, что для данной совокупности умерших наиболее устойчивыми статистически значимыми являются следующие взаимодействия: причина смерти и образование; причина смерти и возраст; образование, пол и возраст. В то же время не удалось установить статистическую значимость следующих взаимодействий: причина смерти, образование и возраст; причина смерти, образование и пол. Полученные результаты свидетельствуют о том, что рассматриваемое явление (смертность населения) весьма сложно зависит от изучаемых факторов [17, 18].

Именно поэтому на следующем этапе исследования рассчитывались логлинейные модели для отдельных возрастных групп. Оказалось, что взаимодействие признаков «причина смерти» и «образование» для возрастов 15-29 лет оказалось всюду незначимым, для возрастов 30-39 лет – значимым в 75% рассчитанных моделей и лишь для возрастов 40-49 лет и 50-59 лет (54 года для женщин) оно оказалось значимым во всех случаях. Полученный результат является косвенным подтверждением гипотезы о том, что уровень образования индивидуума аккумулирует другие социально-экономические факторы, действующие на него в процессе жизни.

В дальнейшем основное внимание было обращено на поиск методов количественной оценки взаимосвязей уровня образования и смертности от отдельных причин. Одним из перспективных в этом направлении оказался подход, ориентированный на построение регрессионных моделей с качественными (номинальными) переменными. Значение зависимой переменной в таких моделях можно интерпретировать как условную вероятность смерти от данного заболевания для объекта выборки, имеющего фиксированный набор значений независимых переменных (пол, возраст, уровень образования) [17, 18].

### **Многомерная типология элиминационных резервов продолжительности жизни населения**

Особенности социально-экономического и демографического развития территорий Российской Федерации и современного состояния региональной политики закономерно свидетельствуют, что существенное продвижение вперед в области сохранения и развития общественного здоровья возможно лишь на добротной научно-аналитической основе, в том числе с использованием медико-демографических критериев. Это особенно актуально сейчас для увеличения продолжительности жизни, которая в России имеет

низкое значение по сравнению с экономически развитыми странами [4, 23]. В Сибири положение с продолжительностью жизни еще хуже, чем по РФ в целом [5, 7, 11, 12, 14].

Для построения типологии смертности и продолжительности жизни населения были использованы показатели элиминационных резервов при последовательном исключении основных классов причин смерти [6, 9, 15, 19]. В анализе был использован математический аппарат агломеративной классификации, реализующей «метод центров» [21]. Это позволило провести более корректную группировку административных территорий Российской Федерации в признаковом пространстве элиминационных резервов пяти основных классов причин смерти. Для этого был использован алгоритм расчета коэффициентов связи и другие современные приемы [2, 3, 9, 10].

В результате проведенной типологии определилось семь неравновеликих типов. Группы образовали компактные агломераты территорий, не всегда совпадающие с границами экономико-административных районов. Это, по-видимому, свидетельствует о том, что медико-демографические особенности населения формируют районирование, несколько отличное от экономико-административного, хотя сравнение результатов проведенной типологии с распределением территорий по экономико-административным районам показало их сильную зависимость. Большинство территорий Сибири вошли в два типа: шестой (с центром – Кемеровская область) и седьмой (с центром – Томская область). Распределение территорий и конфигурация типов позволяют сделать вывод о значительном влиянии экономических, климатических и географических факторов на структуру причин смерти.

Методологические приемы территориальной типологии продолжительности жизни в трудоспособном возрасте были использованы для создания концепции выравнивания условий жизни и воспроизводства населения Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера. Предполагалось, что для более полного и надежного обоснования территориального регулирования заработной платы необходимо учитывать не только различия в потребительских бюджетах, но и различия в потерях здоровья населения разных регионов, которые обусловлены совокупностью условий жизни. Нами была проведена многомерная типология территорий Сибири по потерям продолжительности жизни населения трудоспособного возраста от ведущих классов болезней. Был использован уже проверенный в работе математический аппарат агломеративной классификации, реализующий «метод центров». В результате проведенной типологии территории Сибири образовали два типа: 1) Кемеровская, Тюменская, Иркутская, Читинская области, Республика Бурятия (центр типа – Кемеровская область); 2) Томская, Новосибирская, Омская области, Алтайский и Красноярский края (центр типа – Томская область). Результаты данного исследования были использованы для обоснования более высокого, существующего и теперь в Кемеровской области районного коэффициента к заработной плате (1,3) [8, 9].

## Заключение

В настоящее время разработаны многие десятки различных алгоритмов, которые реализуют многомерную классификацию. Они основаны на разных гипотезах о характере распределения объектов в многомерном пространстве признаков, на различных математических процедурах. Построенную с помощью этих методов многомерную группировку объектов можно рассматривать в типологическом аспекте, если содержательный анализ полученных результатов позволяет указать качественные и количественные особенности выделенных групп. Рассматривая многомерные задачи типологии, следует подчеркнуть плодотворность совместного использования методов кластерного и факторного анализа. Существует несколько подходов к последовательному использованию этих методов для обработки одних и тех же данных. Наиболее органично методы автоматической классификации и факторного анализа сочетаются в новом синтетическом подходе, имеющем название лингвистического подхода к обработке данных. Для реализации МСА используются стандартные вычислительные процедуры в пакетах прикладных программ (STATISTICA, SAS, SPSS и другие), которые ежегодно обновляются и совершенствуются.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айвазян С.А., Бежаева З.И., Староверов О.В. Классификация многомерных наблюдений. – М.: Статистика, 1974. – 240 с.
2. Баран О.И., Григорьев Ю.А., Жилина Н.М. Алгоритмы и критерии качества кластеризации // Общественное здоровье и здравоохранение: Матер. XLV науч.-практ. конф. – Кемерово: Примула, 2010. – С. 21-26.
3. Баран О.И., Григорьев Ю.А., Мингазов И.Ф. Кластерный анализ и его приложения (методы, меры сходства и свойства кластеров) // Общественное здоровье и здравоохранение: Матер. XLV науч.-практ. конф. – Кемерово: Примула, 2010. – С. 26-30.
4. Вишневский А.Г. Смертность в России: несостоявшаяся вторая эпидемиологическая революция // Демографическое обозрение. – 2014. – Т.1, № 4. – С. 5-40.
5. Григорьев Ю.А. Демографический переход и современное состояние продолжительности жизни населения Сибири // Комплексные гигиенические исследования на пороге XXI века: Сб. науч. труд. – Новокузнецк, 1999. – С. 37-46.
6. Григорьев Ю.А. Использование метода компонент в анализе продолжительности жизни // Комплексная программа охраны здоровья населения Сибири. – Новосибирск, 1985. – С. 53-73.
7. Григорьев Ю.А. Медико-демографические процессы и охрана здоровья населения Сибири и Дальнего Востока // Теория и практика комплексных гигиенических исследований. – Новосибирск, 1987. – С. 44-63.
8. Григорьев Ю.А. Медико-демографические процессы на востоке РСФСР. К стратегии развития охраны здоровья населения // Бюллетень Сибирского отделения Академии медицинских наук СССР. – 1991. – Т.11, № 4.

– С. 8-14.

9. Григорьев Ю.А. Многомерная территориальная типология продолжительности жизни населения (методические и прикладные задачи): Учеб.-метод. пособие. – Новокузнецк: ГОУ ДПО «НГИУВ» Росздрава, 2011. – 87 с.

10. Григорьев Ю.А. От предикторов к построению территориальной типологии продолжительности жизни населения // Вестник Кузбасского научного центра. – 2014. – № 19. – С. 24-26.

11. Григорьев Ю.А. Продолжительность жизни населения Сибирского федерального округа // Развитие человеческого потенциала Сибири: проблемы социального воспроизводства регионального сообщества. – Иркутск: Изд-во Оттиск, 2013. – С. 52-96.

12. Григорьев Ю.А., Баран О.И. Продолжительность жизни населения Сибирского федерального округа: динамика в период восстановления (2003-2013) // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 7-5 (51). – С. 52-60.

13. Григорьев Ю.А., Ермаков С.П. Элементы многомерного статистического анализа в медико-демографических исследованиях // Демографическое развитие Сибири: Сб. науч. труд. – Новосибирск, 1987. – С. 41-55.

14. Григорьев Ю.А., Соболева С.В. Экзогенная и эндогенная детерминация смертности в Сибирском федеральном округе // Регион: экономика и социология. – 2012. – № 2. – С. 86-103.

15. Григорьев Ю.А., Дмитриев В.И., Коверный И.И. Особенности смертности и продолжительности жизни городского населения трудоспособного возраста в типичных регионах РСФСР // Демографические проблемы здоровья в Сибири. – Новосибирск, 1988. – С. 30-63.

16. Григорьев Ю.А., Ермаков С.П., Комаров Ю.М. Регрессионные модели влияния атмосферных загрязнений на смертность населения // Бюллетень Сибирского отделения Академии медицинских наук СССР. – 1983. – № 1. – С. 24-30.

17. Григорьев Ю.А., Ермаков С.П., Мирзоев А.А. Количественное определение взаимосвязи между уровнем образования и смертности трудоспособного населения // Здоровье населения в системе мер демографической политики: Сб. науч. работ. – М., 1984. – С. 137-140.

18. Григорьев Ю.А., Ермаков С.П., Мирзоев А.А. Опыт комплексного применения методов многомерного анализа в социально-гигиенических и медико-демографических исследованиях // Комплексное применение математических методов в социологическом исследовании: Сб. науч. работ. – М., 1983. – С. 18-27.

19. Дмитриев В.И., Ермаков С.П., Коверный И.И., Григорьев Ю.А. Методические проблемы территориальной типологии продолжительности жизни населения // Бюллетень Сибирского отделения Академии медицинских наук СССР. – 1991. – №4. – С.25-28.

20. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные

статистические методы. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 350 с.

21. Миркин Б.Г. Группировка в социально-экономических исследованиях: методы построения и анализа. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 223 с.

22. Мостеллер Ф., Тьюки Дж. Анализ данных и статистика: Пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1982. – Вып. 1. – 224 с. ; Вып. 2. – 240 с.

23. Школьников В., Андреев Е., Макки М., Леон Д.А. Рост продолжительности жизни в России 2000-х годов // Демографическое обозрение. – 2014. – Т. 1, № 2. – С. 5-37.

УДК 614.2:364.422

*Ю.А. Григорьев, О.И. Баран*

## **СЕМЕЙНАЯ ПОЛИТИКА И МАТЕРИНСКИЙ КАПИТАЛ КАК МЕРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РОЖДАЕМОСТЬ В РОССИИ**

*ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», г. Новокузнецк*

В последние десятилетия нарастает актуальность исследований, связанных с семейной политикой. В зависимости от особенностей подходов к изучаемой проблеме само понятие «семейная политика» может определяться по-разному. Чаще используется самая широкая трактовка этого термина – деятельность государственных и других социальных институтов, направленная на помощь семье в реализации ее функций: в рождении и воспитании детей, в заботе об уязвимых (слабых) ее членах (лица с ограниченными физическими или психическими возможностями, недееспособные, пожилые). В данной работе также будем придерживаться такого понимания семейной политики. Государство или иные социальные институты могут оказывать влияние на семью с помощью экономических, правовых и идеологических (пропагандистских) мер. Экономические меры включают механизмы, которые влияют на материальное обеспечение семей (различные денежные выплаты, налоговые льготы, кредиты по низкой ставке и другие преференции). Правовые меры – коррекция законодательства для поддержки брака и семьи. Идеологические – формирование ценностных установок в обществе для помощи по реализации политики. По нашему мнению, есть четвертый аспект влияния – цивилизационный (культурологический), имеющий глубокую духовно-нравственную основу, – возможно, самый важный и долговременный [1, 4, 5].

### **Семейная политика в СССР и России**

Необходимо отметить, что демографическая политика в СССР проводилась главным образом как семейная политика, называемая охраной материнства и детства. Законодательной основой этой деятельности были конституционные гарантии, обеспечивающие как материальную и моральную

поддержку материнства и детства, так и предоставление оплачиваемых отпусков, других льгот, постепенное сокращение рабочего времени женщинам, имеющим малолетних детей. Конституционные гарантии конкретизировались в постановлениях правительства и других законодательных актах. Особенно активизировалась такая деятельность в 80-е годы. В 1981 году было принято постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по усилению государственной помощи семьям, имеющим детей». Постановлением предусматривалось введение для работающих матерей, а также для женщин, обучающихся с отрывом от производства, частично оплачиваемого отпуска по уходу за ребенком до достижения им одного года. Ежемесячный размер выплачиваемого при этом пособия составлял 35 рублей, а в районах с неблагоприятным климатом – 50 рублей.

В условиях острого социально-экономического кризиса 1990-х годов в России демографическая политика практически не проводилась. Правительство России в 1993 году при ответе на вопрос Секретариата ООН о политике в отношении темпов роста населения России обозначило свою позицию так: «не вмешиваться». В 1999 году ситуация изменилась, в качестве цели было названо повышение уровня рождаемости и темпов роста населения. В 2000 году президент РФ в Послании к Федеральному собранию отметил, что численность населения страны уже несколько лет ежегодно сокращается на 750 тысяч человек. Среднесрочный демографический прогноз также был неутешителен – численность населения может сократиться за 15 лет на 22 миллиона человек. Правительством РФ 24 сентября 2001 г. была одобрена Концепция демографического развития Российской Федерации на период до 2015 года, разработанная на основе Указа президента РФ от 10 января 2000 г. № 24 «О концепции национальной безопасности Российской Федерации». Концепция демографического развития представляет собой систему взглядов, принципов и приоритетов в сфере регулирования демографических процессов. Основные цели Концепции – увеличение ожидаемой продолжительности жизни, улучшение репродуктивного здоровья населения, рост рождаемости, всестороннее укрепление института семьи.

### **О причинах и факторах деформации функции семьи**

В России налицо признаки глубокой деформации функций семьи [2, 4]. Данные социологических исследований в России уже давно показывали снижение ценности семейного образа жизни, ослабление потребности в двух и более детях, благоприятное отношение к одноплодности и явное повышение ценности бездетной семьи. У молодежи происходит снижение желаемого количества детей по сравнению с более старшими поколениями. Результаты переписи населения 2010 года свидетельствуют о все большем распространении внебрачных сожительств, что не способствует высокой рождаемости, так как брачное состояние является важнейшим ее фактором. Другая проблема заключается в том, что все больше людей не только не хотят, но и не могут иметь детей по причине плохого здоровья, в том числе бесплодия [3, 9, 11]. Частота бесплодных браков в России достигла уровня 15-20%. По



данным ВОЗ, показатель 15% является критическим, при котором бесплодие может рассматриваться как фактор, значительно влияющий на демографические показатели в стране и представляющий собой серьезную государственную проблему [7, 8]. Важнейшими причинами вторичного бесплодия являются заболевания, передающиеся половым путем, и осложнения аборт. Аборты не только существенно снижают текущую рождаемость, но и сокращают рождаемость в будущем через рост заболеваемости репродуктивной сферы, ослабляют здоровье будущих матерей [6, 10, 11, 16]. Несмотря на уменьшение числа аборт, их количество в России все еще остается очень большим, а это важнейший интегральный показатель социального неблагополучия [16].

В соответствии с планом мероприятий по реализации в 2011-2015 гг. второго этапа Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года в сентябре-октябре 2012 г. Росстатом было проведено выборочное обследование репродуктивных планов населения в 30 субъектах Федерации, в том числе и на территории Сибирского федерального округа (СФО). Для выявления репродуктивных ориентаций определялось желаемое и ожидаемое число детей. Эти показатели традиционно используются в отечественных исследованиях репродуктивного поведения. Среди причин, мешающих рождению ребенка, при наличии желания иметь еще детей, доминируют материальные трудности, неуверенность в завтрашнем дне и жилищные проблемы. Затем стоят проблемы, связанные с устройством ребенка в дошкольные учреждения. Наименьшее влияние оказывают стремление интереснее проводить досуг и нежелание родственников иметь еще детей в данной семье.

### **Федеральный и региональный материнский капита**

Материнский (семейный) капитал как мера поощрения к рождению (или усыновлению) второго ребенка начал предоставляться в России с января 2007 года со вступлением в силу Федерального закона от 29 декабря 2006 года № 256-ФЗ «О дополнительных мерах государственной поддержки семей, имеющих детей». Первоначальный размер субсидии составлял 250 тыс. рублей и точно совпадал с величиной, названной Президентом России в ежегодном послании Федеральному Собранию в 2006 году. В дальнейшем выплаты индексировались каждый год, кроме 2016 года. Размер материнского капитала, который будет выплачиваться в 2017 и 2018 годах, проиндексируют. В 2017 году семья, в которой появился второй ребенок, может рассчитывать на получение материнского капитала в размере 480 тысяч рублей. Такую же возможность имеют и родители (усыновители) третьего и последующих детей при условии, что они ранее не воспользовались правом на получение материнского капитала. То есть по Закону № 256-ФЗ материнский капитал может быть получен только один раз.

В 2009 году Смоленская область стала инициатором важного начинания, введя региональный материнский капитал за рождение третьего (или последующего) ребенка. Примеру последовали многие субъекты Российской

Федерации. В Послании Президента РФ Федеральному Собранию в 2012 году было сделано напоминание всем региональным руководителям о необходимости разработки и осуществления собственных программ демографического развития. В настоящее время региональный материнский капитал введен в большинстве субъектов РФ. В Сибирском федеральном округе все территории имеют соответствующие решения о региональном материнском капитале. Размер материнского капитала различен на территориях СФО, как и условия его предоставления. Сумма субсидии изменяется от 50 тыс. рублей в Республиках Алтай, Бурятия, Тыва до 200 тыс. в сельской местности Республики Хакасия. Самая распространенная сумма выплат составляет 100 тыс. рублей (Иркутская, Кемеровская, Новосибирская, Омская, Томская области).

Рождение или усыновление третьего ребенка – самое распространенное основание для выдачи материнского капитала на региональном уровне. Существуют и исключения. В Республике Алтай семье предоставляется сертификат на материнский капитал после рождения (или усыновления) четвертого ребенка, в Республике Тыва – только после рождения пятого. В первоначальной редакции Закона в Республике Тыва субсидия предусматривалась при рождении седьмого ребенка, но в дальнейшем было внесено исправление в уже принятый документ. Региональный материнский капитал выплачивается в СФО только один раз. Законодательство субъектов СФО отличается разнообразием направлений расходования средств регионального материнского капитала, воплотив многие местные инициативы [12, 13].

Чаще всего встречается вариант, включающий: 1) улучшение жилищных условий; 2) получение образования ребенком (детьми); 3) увеличение накопительной части трудовой пенсии матери. Фактически это повторение направлений расходования материнского капитала, предусмотренных Законом № 256-ФЗ. Но есть и своеобразные исключения. В Забайкальском крае потратить субсидию можно на любые цели, а в Кемеровской области существует только одно направление – улучшение жилищных условий (приобретение, строительство, реконструкция жилья) и только на данной территории. Такое территориальное ограничение действует во всех субъектах СФО. Имелся и барьер во времени – ребенок должен был родиться до конца 2016 года, но теперь срок продлен еще на два года. Подобные условия выдачи материнского капитала еще больше сближают факт рождения ребенка с выполнением работы к установленному сроку в условиях рыночных отношений по закону: товар – деньги – товар. Такая перестройка рождаемости – небезопасное явление. Возможны тяжелые осложнения, в том числе за счет морального отчуждения «товаропроизводителя» от «товара» (то есть родителей от ребенка).

Но необходимо признать, что финансовая помощь семьям как мера поощрения к рождению ребенка сама по себе является правильным решением в нашей стране. Для расширения границ использования материнского капитала можно назвать следующие направления: 1) отмена возможности получения

субсидии только один раз, она должна быть получена на каждого ребенка начиная со второго; 2) средства сертификата могут быть использованы до достижения ребенком трехлетнего возраста; 3) возможность для мужчин (единственных усыновителей) на всех территориях РФ при возникновении права распоряжаться субсидией направлять ее на формирование накопительной части своей пенсии; 4) применение при расчете субсидий районных коэффициентов к заработной плате в Сибири, на Дальнем Востоке и Крайнем Севере (в размерах, предусмотренных для конкретных территорий).

С момента введения в России меры поощрения рождаемость при расчете показателя на условное поколение увеличилась, выросла доля вторых и третьих рождений. Является ли это истинным увеличением рождаемости в когортах или мы наблюдаем эффект сдвига рождений во времени – так называемый тайминг? Сказать это на основании оценки показателей для условного (гипотетического) поколения практически невозможно [17]. Во всех когортах российских женщин в XX веке наблюдалось неукоснительное снижение итогового числа рождений. Найденное явление – фундаментальная закономерность, обнаруженная в новое время в странах Европы и Северной Америки. Увеличить рождаемость в когортах за короткое время и только за счет незначительных денежных субсидий на указанных территориях еще никому не удавалось [14, 15].

### **Заключение**

Если коренным образом не изменить отношения к семье, то рассчитывать на долгосрочное демографическое развитие России невозможно. Основные усилия должны быть направлены на преодоление взгляда на семью лишь как на отрасль народного хозяйства, производящую работников и солдат. Необходимо восстановить высокий социальный статус семьи как неперемное условие формирования гармоничного, а значит здорового, человека, признать самоценность семейной жизни. В основе всех переживаемых семьей перемен лежит изменение ее основополагающих функций – экономических, репродуктивных, социально-психологических и социально-культурных, а также их соотношения, пропорций. В настоящее время меняются условия функционирования семьи, характер ее взаимодействия с другими общественными институтами. И происходит это не всегда в позитивном направлении. Семейная политика не может ограничиваться при этом относительно узким кругом вопросов помощи семье в патерналистском ключе. Демографические вызовы, на которые придется отвечать в ближайшее время в России, необыкновенно остры. Концепция демографической политики Российской Федерации в таком контексте выглядит неадекватной стоящим сегодня задачам возрождения семьи. Эта Концепция не свободна от недостатков. Но ее разработка и утверждение свидетельствуют, что появляется осознание опасности последствий демографической катастрофы для страны и каждого гражданина России. Концепция должна стать импульсом, который приведет в движение силы, заинтересованные в сохранении населения, русской цивилизации, русского языка на территории России.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов А.И. Семейная политика // Социология семьи. – М.: ИНФРА-М, 2007. – С. 608-640.
2. Антонов А.И. Теория институционального кризиса семьи // Социология семьи. – М.: ИНФРА-М, 2007. – С. 533-574.
3. Баран О.И., Григорьев Ю.А., Жилина Н.М. Об основных доминантах репродуктивного здоровья // Вестник Кузбасского научного центра. – 2010. – № 11. – С. 27-28.
4. Борисов В.А. Демографическая дезорганизация России: 1897-2007. Избранные демографические труды. – М.: NOTA VENE, 2007. – 752 с.
5. Григорьев Ю.А. Демографическая и семейная политика // Развитие человеческого потенциала Сибири: проблемы социального воспроизводства регионального сообщества. – Иркутск: Изд-во Оттиск, 2013. – С. 416-485.
6. Григорьев Ю.А. Современные тенденции воспроизводства населения в Сибирском федеральном округе // Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н.А. Семашко. – 2010. – № 3. – С. 43-45.
7. Григорьев Ю.А., Баран О.И. Глобальные и российские демографические перспективы. Введение в проблему // Общественное здоровье: мониторинг, организация медицинской помощи: Матер. XL Межрегион. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Новокузнецк, 2005. – С. 48-53.
8. Григорьев Ю.А., Баран О.И. Демографическое прогнозирование, или как избежать депопуляции в России // Актуальные проблемы медицины: Матер. науч.-практ. конф. – Абакан: Изд-во ГОУ ВПО «Хакасский гос. ун-т им. Н.Ф. Катанова», 2010. – С. 82-95.
9. Григорьев Ю.А., Баран О.И. Закономерности демографических процессов и семейная политика // Социально-гигиенические подходы в решении фундаментальных и прикладных проблем современной медицины: Матер. 49-й науч.-практ. конф. с международным участием. – Новокузнецк: ООО «Полиграфист», 2014. – С. 31-37.
10. Григорьев Ю.А., Захаренков В.В. Репродуктивное здоровье как важнейшая качественная составляющая воспроизводства населения // Перспективы и риски развития человеческого потенциала в Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. – С.192-226.
11. Григорьев Ю.А., Соболева С.В. Репродуктивное здоровье как качественная характеристика популяции // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра. – 2013. – № 3-2. – С. 157-161.
12. Григорьев Ю.А., Соболева С.В., Баран О.И. Региональный материнский капитал в Сибирском федеральном округе // Социально-гигиенические подходы в решении фундаментальных и прикладных проблем современной медицины: Матер. 49-й науч.-практ. конф. с международным участием. – Новокузнецк: ООО «Полиграфист», 2014. – С. 37-42.

13. Григорьев Ю.А., Соболева С.В., Баран О.И. Региональный материнский капитал и направления его использования в Сибирском федеральном округе // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2015. – Т. 23, № 3. – С. 17-20.

14. Захаров С.В. Демографический анализ эффекта мер семейной политики в России в 1980-х гг. // SPERO. Социальная политика: экспертиза, рекомендации, обзоры. – 2006. – № 5. – С. 33.-69.

15. Захаров С. Скромные результаты пронаталистской политики на фоне долговременной эволюции рождаемости в России. Часть 1 // Демографическое обозрение. – 2016. – Т. 3, № 3. – С. 3-38.

16. Стародубов В.И., Суханова Л.П. Репродуктивные проблемы демографического развития России. – М.: Менеджер здравоохранения, 2012. – 320 с.

17. Фрейка Т., Захаров С. Эволюция рождаемости в России за полвека: оптика условных и реальных поколений // Демографическое обозрение. – 2014. – Т. 1, № 1. – С. 106-142.

УДК 614.2:364.422

*Ю.А. Григорьев, О.И. Баран*

## **НОВЫЕ МЕРЫ ПОДДЕРЖКИ СЕМЕЙ С ДЕТЬМИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ**

*ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», г. Новокузнецк*

Низкий уровень рождаемости и высокая смертность создали в Российской Федерации условия для депопуляции. Численность населения России после 1993 года ежегодно сокращалась за счет естественного движения на весьма значительную величину (в 2000 г. – на 949 тыс. человек, в 2001 г. – на 933 тыс. человек). В этих условиях были необходимы энергичные меры демографической политики как на федеральном, так и на региональном уровнях. С запозданием, но реальное движение в этом направлении все же началось [18, 19].

Материнский (семейный) капитал как мера поощрения к рождению (или усыновлению) второго ребенка начал предоставляться в России с января 2007 года со вступлением в силу Федерального закона от 29 декабря 2006 года № 256-ФЗ «О дополнительных мерах государственной поддержки семей, имеющих детей». Первоначальный размер субсидии составлял 250 тыс. рублей и точно совпадал с величиной, названной Президентом России в ежегодном послании Федеральному Собранию в 2006 году. В дальнейшем выплаты индексировались каждый год. В 2016 году семья, в которой появился второй ребенок, может рассчитывать на получение материнского капитала в размере 453026 рублей (эта сумма установлена в 2015 году и пока не индексировалась).

Такую же возможность имеют и родители (усыновители) третьего и последующих детей при условии, что они ранее не воспользовались правом на получение материнского капитала. То есть по Закону № 256-ФЗ материнский капитал может быть получен только один раз. В настоящее время федеральная поддержка семей с детьми в виде материнского капитала дополняется региональными мерами. Цель исследования: показать границы воздействия на рождаемость различных социальных мер поддержки семей с детьми.

### **Материал и методы**

Исследование проводилось посредством анализа публикаций интернет-сайтов региональных администраций Сибирского федерального округа, а также портала «Все о материнском капитале» (<http://www.materinskiy-semeyniy-kapital.ru>). Использованы данные Росстата о рождаемости в регионах РФ и численности населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума в целом по России и по субъектам РФ.

### **Результаты исследования и обсуждение**

#### **Материнский капитал на региональном уровне, его особенности в СФО**

В 2009 году Смоленская область стала инициатором важного начинания, введя региональный материнский капитал за рождение третьего (или последующего) ребенка. Примеру последовали многие субъекты Российской Федерации. В Послании Президента РФ Федеральному Собранию в 2012 году было сделано напоминание всем региональным руководителям о необходимости разработки и осуществления собственных программ демографического развития. В настоящее время региональный материнский капитал введен в большинстве субъектов РФ. В Сибирском федеральном округе (СФО) все территории имеют соответствующие решения о региональном материнском капитале.

Размер материнского капитала различен на территориях СФО, как и условия его предоставления. Сумма субсидии изменяется от 50 тыс. рублей в Республиках Алтай, Бурятия, Тыва до 200 тыс. в сельской местности Республики Хакасия. Самая распространенная сумма выплат составляет 100 тыс. рублей (Иркутская, Кемеровская, Новосибирская, Омская, Томская области).

Рождение или усыновление третьего ребенка – наиболее частое основание для выдачи материнского капитала на региональном уровне. Существуют и исключения. В Республике Алтай семье предоставляется сертификат на материнский капитал после рождения (или усыновления) четвертого ребенка, в Республике Тыва – только после рождения пятого. В первоначальной редакции Закона в Республике Тыва субсидия предусматривалась при рождении седьмого ребенка, но в дальнейшем было внесено исправление в уже принятый документ. Региональный материнский капитал выплачивается в СФО только один раз. Законодательство субъектов СФО отличается разнообразием направлений расходования средств регионального материнского капитала, воплотив многие местные инициативы

[14].

Чаще всего встречается вариант, включающий: 1) улучшение жилищных условий; 2) получение образования ребенком (детьми); 3) увеличение накопительной части трудовой пенсии матери. Фактически это повторение направлений расходования материнского капитала, предусмотренного Законом № 256-ФЗ. Но есть и своеобразные исключения. В Забайкальском крае потратить субсидию можно на любые цели, а в Кемеровской области существует только одно направление – улучшение жилищных условий (приобретение, строительство, реконструкция жилья) и только на данной территории. Такое территориальное ограничение действует во всех субъектах СФО. Имеется пока и барьер во времени – ребенок должен родиться до конца 2018 года. Подобные условия выдачи регионального материнского капитала еще больше сближают факт рождения ребенка с выполнением работы в условиях рыночных отношений по закону: товар – деньги – товар. Такая перестройка рождаемости – небезопасное явление. Возможны тяжелые осложнения, в том числе за счет отчуждения «товаропроизводителя» от «товара» [15].

#### **Единовременные (губернаторские) выплаты при рождении ребенка**

Региональные единовременные вознаграждения при рождении ребенка в дополнение к федеральному пособию иногда называют «губернаторские выплаты». В Новосибирской области круг получателей таких выплат ограничен по возрасту и по времени. Дополнительное пособие выплачивается при обращении за ним не позднее шести месяцев со дня рождения ребенка. Другое условие – возраст одного из супругов (или единственного родителя в неполной семье) на момент рождения ребенка должен быть меньше тридцати лет. При выполнении этих двух условий на основании Закона Новосибирской области от 12.07.2004 №207-ОЗ «Единовременное дополнительное пособие при рождении ребенка в молодой семье» пособие на первого ребенка составляет 6 тыс. рублей, на второго – 12 тыс. рублей, на третьего и последующих детей – 18 тыс. рублей. В Томской области такое единовременное пособие полагается только на третьего ребенка. В Иркутской области единовременную выплату (5 тыс. рублей на каждого родившего ребенка) получают только малообеспеченные семьи.

Здесь необходимо особо отметить высокий уровень доли населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума по субъектам Сибирского федерального округа. В 2015 году самая высокая доля такого бедного населения проживала в Республике Тыва (38,8), Республике Алтай (24,3), Забайкальском крае (20,4) и Иркутской области (20,5%). Более благоприятная ситуация наблюдается в Омской (13,9) и Кемеровской (16,2%) областях. Величина доли населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума в СФО нарастает за последнее время гораздо быстрее, чем в европейской части России. За последние три года она увеличилась почти на 40% в Республике Тыва, на 31% в Республике Алтай. К особенностям последнего периода (2014-2015 годы) можно отнести ее значительный рост в

Новосибирской области (на 24%) и в Республике Алтай (на 17%). Такая же закономерность – заметное увеличение доли бедного населения за последний год – характерна и в целом для Российской Федерации (на 19%). Известно, что бедность является социальным фактором, отрицательно влияющим на здоровье родителей и их детей [4, 7]. Таким образом, наличие значительной доли бедного населения в СФО уже в ближайшее время негативно скажется на уровне рождаемости [9, 10].

### **Ежемесячные пособия при рождении третьего и последующего ребенка в регионах с «неблагополучной демографической ситуацией»**

В первоначальном предложении Минтруда были выделены 27 субъектов РФ с «отрицательными демографическими показателями» (письмо Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 26 марта 2014 года N 12-6/10/П-1444 «О комплексе мер по улучшению демографической ситуации»). В СФО такими были названы два – Республика Алтай и Кемеровская область. В дальнейшем в специально утвержденном Правительством РФ списке неблагополучных регионов числилось уже 49 (в СФО – Алтайский край, Кемеровская и Омская области). В указанных субъектах РФ предполагалось создание при высшем исполнительном органе государственной власти постоянно действующей комиссии по демографической политике. Основная цель ее деятельности – проведение мониторинга демографических процессов в регионе и оценка результативности принятых мер, направленных на повышение рождаемости и сокращение смертности. Местные администрации обязаны ежемесячно выплачивать семьям (с доходами ниже или равными средним по региону), в которых родился ребенок каждой следующей очередности рождения, начиная с третьей, пособия в размере прожиточного минимума. В СФО список регионов, где производятся такие выплаты, требуется расширить и включить Забайкальский и Красноярский края, Иркутскую, Новосибирскую и Томскую области, Республику Хакасия. Необходимо кроме выплат бедным многодетным семьям принимать срочные меры по минимизации вредного воздействия факторов окружающей среды на репродуктивное здоровье женщин и мужчин [6, 8]. Наибольшее негативное влияние таких факторов отмечается в крупных промышленных центрах Сибири (Кемерово, Новосибирск, Новокузнецк, Норильск, Красноярск, Иркутск, Омск, Братск, Ангарск) [17]. При этом нужно особо учитывать, что риски для репродуктивного здоровья значительно возрастают при нездоровом образе жизни [2, 3, 12].

### **Заключение**

С момента введения материнского капитала на федеральном и региональном уровнях, а также других мер поддержки семей с детьми рождаемость в СФО при расчете показателя на условное поколение увеличилась, выросла доля вторых и третьих рождений. Рост рождаемости в 2007-2015 гг. и снижение смертности улучшили динамику естественного воспроизводства населения по всем федеральным округам. Наиболее



значительно рождаемость увеличилась в Сибирском федеральном округе. Выше среднего уровня по Российской Федерации рост рождаемости произошел в Центральном и Уральском федеральных округах. Такое соотношение роста рождаемости и сокращения смертности привело к позитивным изменениям естественного прироста. В СФО значительный рост населения за счет естественного движения наблюдался в республиках Алтай, Тыва, Бурятия, Хакасия. В Республике Тыва достигнуты особенно заметные положительные показатели в динамике рождаемости и воспроизводства населения. Среди краев и областей СФО ситуация с естественным воспроизводством населения за 2007-2015 годы значительно улучшилась в Новосибирской, Иркутской, Кемеровской областях и Забайкальском крае, здесь показатель увеличился больше, чем в целом по федеральному округу. Однако анализ данных за 2015-2016 гг. свидетельствует, что прирост показателей рождаемости значительно замедлился, а по некоторым территориям даже стал отрицательным.

Неоднородность населения в отношении возраста, дохода, количества уже имеющихся детей, репродуктивных намерений приводит к тому, что фиксированные и зависящие от дохода семьи пособия, в том числе в виде материнского капитала и других мер поддержки семьи с детьми, воздействуют на рождаемость позитивно, но сила такого влияния невелика [1, 5, 11, 13, 16]. Для кардинального увеличения рождаемости необходим поиск фундаментальных социально-психологических механизмов, от которых зависит рост потребности семей в детях. Только на такой основе в будущем можно будет поддерживать расширенное воспроизводство населения в нашей стране.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов А.И. Современные особенности репродуктивного поведения: снижение репродуктивных установок и ориентаций // Мониторинг демографической ситуации в Российской Федерации и тенденций ее изменения. – М.: КДУ, 2008. – С. 113-157.

2. Баран О.И., Григорьев Ю.А. Потребление табака и репродуктивное здоровье женщин // Вестник Кузбасского научного центра. – 2013. – № 17. – С. 8-10.

3. Баран О.И., Григорьев Ю.А., Москвитин П.Н. Современные тенденции потребления табака и репродуктивные потери у женщин // Многопрофильная больница: проблемы и решения. – Кемерово: Примула, 2013. – С. 177-178.

4. Беглова Е.И. Бедность как социально-экономическое явление и возможности ее сокращения в современной России // Социальное здоровье: проблемы и решения. – 2014. – № 2. – С. 8-36.

5. Вишневский А.Г., Захаров С.В., Исупов О.Г. Рождаемость // Население России 2013. – М.: ИД Высшей школы экономики, 2015. – С. 81-181.

6. Григорьев Ю.А. Вредные факторы окружающей среды и репродуктивная система человека (социально-гигиенические аспекты). – Новокузнецк: ГОУ ДПО «НГИУВ» Росздрави, 2011. – 71 с.

7. Григорьев Ю.А. Демографическая и семейная политика // Развитие человеческого потенциала Сибири: проблемы социального воспроизводства регионального сообщества. – Иркутск: Оттиск, 2013. – С. 416-485.
8. Григорьев Ю.А. Репродуктивная система мужчин и антропогенные факторы окружающей среды // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. – 2011. – № 13. – С.11-21.
9. Григорьев Ю.А., Баран О.И. Закономерности демографических процессов и семейная политика // Социально-гигиенические подходы в решении фундаментальных и прикладных проблем современной медицины. – Новокузнецк: Полиграфист, 2014. – С. 31-37.
10. Григорьев Ю.А., Баран О.И. Социальное неравенство и общественное здоровье в современных условиях // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. – 2015.– № 17. – С. 134-138.
11. Григорьев Ю.А., Баран О.И. Тенденции воспроизводства населения в Сибирском федеральном округе за последние десятилетия // Фундаментальные и прикладные исследования в профилактической медицине. – Новокузнецк, 2015. – С. 27-32.
12. Григорьев Ю.А., Баран О.И., Москвитин П.Н. Риски интоксикации, связанные с особенностями образа жизни женщин, и репродуктивные потери // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. – 2012. – № 14. – С.196-208.
13. Григорьев Ю.А., Репин Е.Н., Баран О.И. Демографический переход и границы вмешательства государства в охрану здоровья населения // Общественное здоровье. Гигиена труда. Экология. – Новокузнецк, 2004. – С. 16-21.
14. Григорьев Ю.А., Соболева С.В., Баран О.И. Региональный материнский капитал в Сибирском федеральном округе // Социально-гигиенические подходы в решении фундаментальных и прикладных проблем современной медицины. – Новокузнецк: Полиграфист, 2014. – С. 37-42.
15. Григорьев Ю.А., Соболева С.В., Баран О.И. Региональный материнский капитал и направления его использования в Сибирском федеральном округе // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2015. – Т. 23, № 3. – С. 17-20.
16. Захаров С.В., Исупов О.Г., Сакевич В.И. Рождаемость и воспроизводство населения // Население России 2010-2011. – М.: ИД Высшей школы экономики, 2013 – С. 276-384.
17. Лещенко Я.А., Боева А.В., Дорогова В.Б., Голубев В.Ю. Социально-экологические аспекты жизнедеятельности и здоровья населения промышленного города Сибири. – Новосибирск: Наука, 2014. – 280 с.
18. Перспективы и риски развития человеческого потенциала в Сибири / Т.Ю. Богомолова, З.И. Калугина, Н.Е. Смирнова, С.В. Соболева и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. – 269 с.
19. Развитие человеческого потенциала Сибири: проблемы социального воспроизводства регионального сообщества / Я.А. Лещенко, А.В. Боева, Е.В. Гольцова, Ю.А. Григорьев и др. – Иркутск: Оттиск, 2013. – 514 с.

*А. А. Короткевич<sup>1</sup>, Е. И. Рыбалко<sup>1</sup>, М. Г. Жестикова<sup>2</sup>, В.Е. Хомичева<sup>3</sup>*

## **КЛИНИКО-СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ЦЕРЕБРОВАСКУЛЯРНОЙ БОЛЕЗНЬЮ В УСЛОВИЯХ ПЕРВИЧНОГО СОСУДИСТОГО ОТДЕЛЕНИЯ**

<sup>1</sup> *Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Кемеровской области «Новокузнецкая городская клиническая больница №29», г. Новокузнецк*

<sup>2</sup> *Новокузнецкий институт усовершенствования врачей – филиал Государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская академия медицинского непрерывного последипломного образования» Минздрава России, г. Новокузнецк*

<sup>3</sup> *ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк*

Настоящая государственная политика направлена на создание таких условий жизни и деятельности, для людей с ограниченными возможностями, которые бы обеспечивали наиболее полную социальную адаптацию. Инвалиды остаются одной из самых социально уязвимых категорий граждан.

Государственная программа повышения качества медицинской помощи при сосудистых заболеваниях головного мозга привела не только к снижению смертности, но и поставила во главу угла проблемы обеспечения дальнейшего сохранения здоровья, профилактики и социальной занятости больных, перенесших острое нарушение мозгового кровообращения с неполным восстановлением физических и когнитивных функций. Задачами реабилитации пациентов после перенесенного ишемического инсульта (ИИ) являются восстановление функций самостоятельного передвижения, самообслуживания, взаимодействия с окружающими, а также возвращение к прерванной трудовой деятельности или освоение новой профессии с дальнейшим трудоустройством и разработкой оптимального рабочего графика. При взаимодействии с пациентом необходимо постоянное общение последнего с близкими родственниками и друзьями, помощь психолога для скорейшего осознания возникшей проблемы и избегания возможных тревожно - депрессивных расстройств, что негативно сказывается на процессе восстановления. Основной проблемой остается оценка реабилитационного потенциала пациента для возвращения к социально-бытовой и трудовой деятельности с целью дальнейшего определения объема и места проведения дальнейших реабилитационных мероприятий.

Целью работы явилась способности к самообслуживанию и передвижению в динамике восстановления больных за время госпитализации в ПСО для определения возможностей и планирования объема дальнейшей реабилитации.

## Материалы и методы

Сплошное когортное исследование 126 человек за 9 месяцев 2016 г., находившихся на лечении в ПСО № 3 МБУЗ КО «ГКБ № 29» г. Новокузнецка с диагнозом: острое нарушение мозгового кровообращения, ишемический инсульт. Во время пребывания в отделении состояние больных оценивали с использованием следующих шкал: шкалы Рэнкина, шкалы Бартела, индекса мобильности Ривермид и шкалы функциональной независимости FIM.

Гендерно-социальный статус: мужчины - 62 человека из них 19 работающих; женщины - 64 человека, включая 14, занятых в различных сферах производства.

Образовательный ценз у работающего населения имел следующие градации: высшее образование: у 5 мужчины и 5 женщины; среднеспециальное образование имели 11 мужчин и 5 женщин; без образования было пролечено 4 мужчины и 3 женщины.

Возрастные группы распределены следующим образом: мужчин всего 62 человека, в т.ч. до 50 лет – 7 из них 5 работающих; возрастная группа 51 - 60 лет - составила 14 среди них 9 работающих; в группу пациентов старше 61 года вошло 41 вошло из ни 5 работающих. Женщин всего было 64 человека, в т. ч. до 50 лет - 4 (3 работающих); 51 - 55 лет – 3, при этом 2 работающих; старше 55 лет – 57 человек, при этом 9 продолжали трудиться. Средний возраст составил у мужчин -  $63 \pm 0,4$  лет, у женщин -  $69 \pm 0,2$  лет.

Статистическая обработка выполнена с использованием пакета прикладных статистических программ

## Результаты

Оценка тяжести состояния по наличию сопутствующих заболеваний на момент госпитализации представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Структура и частота сопутствующих соматических заболеваний.

Сопутствующие заболевания	Мужчины до 60 лет n=21		Мужчины старше 61 года n=41		Женщины до 55 лет n=7		Женщины старше 56 лет n=57		Всего n=126	
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
Гипертоническая болезнь	9	7,14	30	23,81	4	3,17	51	40,47	94	74,59
Ишемическая болезнь сердца	6	4,76	23	18,25	4	3,17	30	23,81	63	49,99
Фибрилляция предсердий	1	0,79	9	7,14	1	0,79	19	15,08	30	23,8
Сахарный диабет	1	0,79	8	6,35	1	0,79	12	9,52	22	17,45
Алкогольная интоксикация	3	2,38	8	6,35	2	1,59	5	3,97	18	14,29
Хронические заболевания почек	2	1,59	4	3,17	1	0,79	3	2,38	10	7,93
Атеросклероз	0	0	11	8,73	0	0	14	11,11	25	19,84
Итого	22	17,45	93	73,8	13	10,3	134	106,34	262	207,89

Имеются достоверные различия в частоте сопутствующих заболеваний в разных возрастных группах ( ANOVA Chi Sqr. (N = 7, df = 3) = 18,67164 p < 0,00032)

Из таблицы № 1 следует, что наиболее часто течение ишемического инсульта осложняется сопутствующей патологией у людей пенсионного возраста. Однако, лица более молодого возраста имеют минимум одно сопутствующее заболевание, что в значительной мере усугубляет течение основного заболевания. В наблюдении кардиолога нуждаются 74,59% пациентов, в наблюдении эндокринолога - 17,45% пациентов, в наблюдении нефролога 7,93% пациентов, в наблюдении ангиохирурга - 19,84% пациентов и в консультации нарколога - 14,29% пациентов. Таким образом, пациенты с ишемическим инсультом нуждаются в мультидисциплинарном подходе для наиболее полного восстановления в условиях стационара. Создание мультидисциплинарной бригады, с учетом врачей вышеперечисленных медицинских специальностей, разработки индивидуального плана ведения с первого этапа реабилитации позволит повысить оказание медицинской помощи.

Результаты оценки состояния пациентов по шкале Рэнкина представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Оценка состояния пациентов по шкале Рэнкина при госпитализации

N= 126	5 степень		4 степень		3 степень		2 степень		1 степень	
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
Мужчины до 60 лет	2	1,59	7	5,55	8	6,34	4	3,17	0	-
Мужчины старше 61 года	4	3,17	22	17,46	11	8,73	4	3,17	0	-
Женщины до 55 лет	1	0,79	2	1,59	3	2,38	1	0,79	0	-
Женщины старше 56 лет	8	6,34	20	15,87	17	13,49	9	7,14	3	2,38
итого	15	11,89	51	40,47	39	30,94	18	14,27	3	2,38
p	Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance (Spreadsheet1) ANOVA Chi Sqr. (N = 4, df = 4) = 14,97436 p < 0,00476 Coeff. of Concordance = ,93590 Aver. rank r =0 ,91453									

Из таблицы № 2 можно выявить, что имеются достоверные различия в распределении пациентов в зависимости от пола и возраста: более 50% пациентов поступают в тяжелом состоянии и нуждаются в постоянном наблюдении и помощи обслуживающего персонала. Только 30 % госпитализированных могут себя обслуживать самых простых физиологических потребностях, но вынуждены прибегать к посторонней помощи в более сложных бытовых вопросах. И только 20% могут полностью себя обслуживать.

Таблица 3 - Оценка состояния пациентов по шкале Рэнкина при выписке из стационара.

N= 126	5 степень		4 степень		3 степень		2 степень		1 степень	
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
Мужчины до 60 лет	0		1	0,79	1	0,79	5	5,55	14	11,11
Мужчины старше 61 года	1	0,79	4	3,17	8	6,34	15	11,9	13	10,32
Женщины до 55 лет	0		1	0,79	0		1	0,79	5	3,97
Женщины старше 56 лет	3	2,38	3	2,38	7	5,55	22	17,46	22	17,46
итого	4	3,17	9	7,13	16	12,68	43	35,7	54	42,86
p	Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance (Spreadsheet1) ANOVA Chi Sqr. (N = 4, df = 4) = 13,49333 p < ,00910 Coeff. of Concordance = ,84333 Aver. rank r = ,79111									

По данным таблицы № 3 отмечены достоверные различия в распределении пациентов в зависимости от независимости в повседневной жизни: при выписке из стационара независимы в повседневной жизни 42 % пациентов, при этом могут жить самостоятельно 35% пациентов; нуждаются в помощи в повседневной жизни, но могут на несколько часов быть оставленными в одиночестве 12% пациентов. И 10% нуждаются в постоянном постороннем уходе и лечении.

Таблица 4 – Оценка состояния пациентов по шкале Бартела при госпитализации

N= 126	Менее 20 баллов		21-40 баллов		41-60 баллов		61-80 баллов		Более 81 балла	
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
Мужчины до 60 лет	1	0,79	5	3,97	4	3,17	6	4,76	5	3,97
Мужчины старше 61 года	6	4,76	6	4,76	16	12,7	8	6,35	5	3,97
Женщины до 55 лет	1	0,79	1	0,79	0		1	0,79	4	3,17
Женщины старше 56 лет	9	7,14	6	4,76	11	8,73	13	10,31	18	14,28
итого	17	13,48	18	14,28	31	24,6	28	22,21	32	25,39
p	Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance (Spreadsheet1) ANOVA Chi Sqr. (N = 4, df = 4) = 4,270270 p < ,37066 Coeff. of Concordance = ,26689 Aver. rank r = ,02252									

Достоверных различий не выявлено

По данным таблицы № 4 28% пациентов поступают в тяжелом состоянии и нуждаются в постоянном наблюдении и помощи обслуживающего персонала. При этом 47% могут себя обслуживать в простых физиологических потребностях, но вынуждены прибегать к посторонней помощи в ряде бытовых вопросах. И 25% пациентов могут полностью себя обслуживать.

Таблица 5 - Оценка состояния пациентов по шкале Бартела при выписке

N= 126	Менее 20 баллов		21-40 баллов		41-60 баллов		61-80 баллов		Более 81 балла	
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
Мужчины до 60 лет	0	-	1	0,79	0	-	1	0,79	19	15,08
Мужчины старше 61 года	2	1,59	3	2,38	3	2,38	7	5,55	26	20,63
Женщины до 55 лет	0	-	0	-	1	0,79	0	-	6	4,76
Женщины старше 56 лет	2	1,59	4	3,17	3	2,38	5	3,97	43	34,12
итого	4	3,18	8	6,34	7	5,55	13	10,31	94	74,59
p	Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance (Spreadsheet1) ANOVA Chi Sqr. (N = 4, df = 4) = 12,43836 p < ,01437 Coeff. of Concordance = ,77740 Aver. rank r = ,70320									

При анализе данных таблицы № 5 выявлены достоверные различия в распределении пациентов по шкале Бартела: при выписке из стационара независимы в повседневной жизни 74% пациентов, могут жить самостоятельно 10% пациентов, нуждаются в помощи в повседневной жизни, но могут на несколько часов быть оставленными в одиночестве 5,5% пациентов. И только 9,5% нуждаются в постоянном постороннем уходе и лечении.

Таблица 6 – Оценка состояния пациентов по индексу мобильности Ривермид при госпитализации

N= 126	Менее 3 баллов		4-6 баллов		7-9баллов		10-12 баллов		Более 13 баллов	
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
Мужчины до 60 лет	9	7,14	0	-	6	4,76	5	3,97	1	0,79
Мужчины старше 61 года	20	15,87	7	5,55	4	3,17	7	5,55	3	2,38
Женщины до 55 лет	3	2,38	0	-	0	-	4	3,17	0	-
Женщины старше 56 лет	27	21,43	7	5,55	6	4,76	9	7,14	8	6,35
итого	59	46,82	14	11,11	16	12,7	25	19,84	12	9,52
p	Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance (Spreadsheet1) ANOVA Chi Sqr. (N = 4, df = 4) = 10,50667 p < ,03271 Coeff. of Concordance = ,65667 Aver. rank r = ,54222									

Из анализа данных таблицы № 6 следует, что есть достоверные различия в распределении пациентов в зависимости от мобильности: 58% пациентов поступают в тяжелом состоянии и нуждаются в постоянном наблюдении и помощи обслуживающего персонала, 31% могут частично себя обслуживать, но вынуждены прибегать к посторонней помощи в более сложных бытовых вопросах. И только 9% могут полностью себя обслуживать.

Таблица 7 - Оценка состояния пациентов по индексу мобильности Ривермид при выписке

N= 126	Менее 3 баллов		4-6 баллов		7-9баллов		10-12 баллов		Более 13 баллов	
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
Мужчины до 60 лет	1	0,79	0	-	2	1,59	3	2,38	15	11,9
Мужчины старше 61 года	4	3,17	4	3,17	4	3,17	10	7,94	19	15,1
Женщины до 55 лет	0	-	1	0,79	0	-	0	-	6	4,76
Женщины старше 56 лет	5	3,97	3	2,38	5	3,97	13	10,32	31	24,6
итого	10	7,94	8	6,35	11	8,73	26	20,63	71	56,35
p	Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance (Spreadsheet1) ANOVA Chi Sqr. (N = 4, df = 4) = 11,54930 p < ,02104 Coeff. of Concordance = ,72183 Aver. rank r = ,62911									

По данным таблицы № 7 при выписке из стационара независимы в повседневной жизни 56% пациентов, могут жить самостоятельно 20% пациентов, нуждаются в помощи в повседневной жизни, но могут на несколько часов быть оставленными в одиночестве 8,7% пациентов. И 14% нуждаются в постоянном постороннем уходе и лечении.

Результаты оценки состояния пациентов по шкале функциональной независимости FIM представлены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – Оценка состояния пациентов по шкале функциональной независимости FIM при госпитализации

N= 126	18-39 баллов		40-60 баллов		61-81 баллов		82-102 баллов		Более 102 баллов	
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
Мужчины до 60 лет	3	2,38	3	2,38	6	4,76	6	4,76	3	2,38
Мужчины старше 61 года	9	7,14	11	8,73	12	9,52	8	6,35	1	0,79
Женщины до 55 лет	1	0,79	0	-	3	2,38	3	2,38	0	-
Женщины старше 56 лет	18	14,28	8	6,35	14	11,11	9	7,14	8	6,35
итого	31	24,6	22	17,46	35	27,78	26	20,63	12	9,52
p	Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance (Spreadsheet1) ANOVA Chi Sqr. (N = 4, df = 4) = 9,555556 p < ,04862 Coeff. of Concordance = ,59722 Aver. rank r = ,46296									

По данным таблицы № 8, из всех госпитализированных больных 69 % пациентов поступают в тяжелом состоянии и нуждаются в постоянном наблюдении и помощи обслуживающего персонала. Только 20% могут себя обслуживать в минимальных физиологических отправлениях, но вынуждены прибегать к посторонней помощи в более сложных вопросах. И 9% пациентов могут полностью себя обслуживать.



Таблица 9 – Оценка состояния пациентов по шкале функциональной независимости FIM при выписке

N= 126	18-39 баллов		40-60 баллов		61-81 баллов		82-102 баллов		Более 102 баллов	
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
Мужчины до 60 лет	0	-	1	0,79	1	0,79	4	3,17	15	11,9
Мужчины старше 61 года	2	1,59	4	3,17	3	2,38	9	7,14	23	18,25
Женщины до 55 лет	0	-	0	-	1	0,79	0	-	6	4,76
Женщины старше 56 лет	5	3,97	3	2,38	4	3,17	10	7,94	35	27,78
итого	7	5,55	8	6,35	9	7,14	23	18,25	79	62,7
p	Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance (Spreadsheet1) ANOVA Chi Sqr. (N = 4, df = 4) = 11,46667 p < ,02179 Coeff. of Concordance = ,71667 Aver. rank r = ,62222									

При анализе данных, приведенных в таблице № 9, при выписке из стационара независимы в повседневной жизни являются 63% пациентов и могут жить самостоятельно; 18% пациентов, нуждаются в помощи в повседневной жизни, при этом могут на несколько часов быть оставленными в одиночестве 8,7% пациентов. А 19 % больных нуждаются в постоянном постороннем уходе.

### Выводы

При сравнении результатов, полученных при обработке данных о состоянии больных при госпитализации и при выписке из стационара с использованием шкал Рэнкина, Бартела, функциональной независимости FIM и индекса мобильности Ривермид, можно заметить, что показатели существенно различаются. Эти различия вытекают как из наличия человеческого фактора (оценка состояния проводится врачом, а иногда и разными), так и разной информационной направленности самих методов. В шкале Рэнкина и индексе мобильности Ривермид даётся оценка двигательной активности при поступлении выписки из ПСО № 3 МБУЗ КО «ГКБ № 29» г. Новокузнецка. По шкале Бартела определена двигательную активность и возможность самообслуживания, а в шкале функциональной независимости FIM оцениваются и мобильность пациента и интеллектуальные возможности и степень социально-бытовой интеграции. Таким образом, для врача, возглавляющего мультидисциплинарную бригаду важна максимальная корректность заполнения шкал. Реабилитационные мероприятия должны начинаться как можно раньше у пациентов перенесших ИИ и включать в себя как лечебные мероприятия, так и социальную адаптацию. Для коррекции основных симптомов заболевания мешающих достаточной социальной адаптации необходимы занятия с логопедом (речевые нарушения выявлены у 88 пациентов), психологом (различные расстройства интеллекта выявлены у 43 пациентов) и инструктором ЛФК (нарушение двигательной функции выявлено у 90 пациентов, вестибулярные расстройства у 28 пациентов). В связи с

наличием сопутствующей патологии в виде: ГБ (94 пациента), ФП (30 пациентов), СД (22 пациента), атеросклероза (25 пациентов), хронического злоупотребления алкоголем (18 пациентов), хронических заболеваний почек (10 пациентов) в мультидисциплинарную бригаду для медицинской реабилитации пациентов необходимо включать специалистов: кардиолога, эндокринолога, нефролога, сосудистого хирурга, нарколога. При завершении стационарного этапа реабилитации в 66% случаев возможно продолжение восстановления функций на амбулаторном этапе реабилитации. Так же для эффективной реабилитации необходима информированность пациентов о маршрутах дальнейшего обращения в медицинские и социальные центры.

УДК 004.9+902.1+930.1+303.05

*Ю.П.Холюшкин*

**СИСТЕМНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПОНЯТИЯ  
«ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ЦИТИРОВАНИЕ»**

*Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН,  
г. Новосибирск*

*«...если я цитирую других, то лишь для того,  
чтобы лучше выразить собственную мысль»*

*Мишель де Монтень*

В статье автор попытался обсудить проблему использования некоторых наукометрических подходов для оценки результатов научной деятельности. Среди них следует упомянуть анализ цитирования. Анализ цитирования представляет собой один из библиометрических методов в исследовании науки, который использует ссылки, представленные в научных работах, которые позволяют выявить порождение структуры нового в сетях цитирования.

Специалистами по наукометрии выделяются два основных недостатка подобного подхода, которые поддерживают многие специалисты по наукометрии [1].

1. Велик риск неадекватного использования цитат-индексов в качестве единственного критерия оценки многогранной научно-исследовательской деятельности ученого.

2. Использование наукометрических показателей в качестве критериев оценки научной деятельности провоцирует ученых к «накрутке» этих показателей различными способами.

Согласно Е.Д.Гражданникову следует различать потоковый и дифференцированный показатель цитирования. При потоковом показателе подсчитывается общее число цитирований, независимо от их типа [2].

Например, Л.С.Клейн попытался выявить верхушку действующих представителей новой археологии, чтобы показать в ней неформальную иерархию авторитетности и популярности личности учёных в своей среде (таблица 1) [3: 2009: 75-76].

Основой выявленных градаций явился список приводимых, в конце опубликованных семи сборников, авторских указателей [4; 5; 6, 7, 8; 9; 10; 11; 12]. В результате проведенного Л.С.Клейном анализа, две трети всех ссылок на Д.Кларка оказываются в составленном им самим сборнике «Models in Archaeology». Эти ссылки отражают подбор близких ему авторов, и их внимание к составителю, и его тематике.

Таблица 1 - Ранжированные списки «новых археологов» по показателям цитированности [3: с. 75 ]

Места	Авторы	Цитаты
1	Л.Бинфорд	183
2	Д.Кларк	127
3	Дитц	78
4	Флэннери	75
5	Хилл	57
6	С.Бинфорд	55
7	Лонгакр	47
8	Дж.Фриц	32
9	Ренфру	30
10	П.Уотсон	30
11	Плог	25
12	Редмэн	19
13	Сэкет	29
14	Айзек	17
15	ЛеБланк	17
16	Доран	16
17	Лион	13
18	Мартин	12
19	Стрювер	13
20	Уоллон	11

Л. Бинфорда же почитают во всех сборниках [3: 75-76]. Как видно из приведенной таблицы, потоковый показатель цитирования применим к работам достаточно высокого уровня, когда на одну работу приходится десять и более цитирований [2: 38].

В случае дифференцированного показателя каждое цитирование учитывается с весомым коэффициентом соответствующим типу цитирования [2: 38]. Дифференцированный показатель цитирования, опирается на различные оценочные качественные показатели и существенно расширяет возможности наукометрического анализа.

Оценочная функция при цитировании или ссылке состоит в выражении отношения автора к заимствуемому тексту. Высказывание своего суждения об упомянутых фрагментах уже опубликованных научных произведений других авторов и есть та форма научного полемического диалога, которая формирует направление развития данной области науки. Данная функция представлена двумя разновидностями – критической (преимущественно отрицательная оценка) и положительной.

Приведем определение качественных понятий, представленных на рис.1.

Положительное (позитивное) цитирование, свидетельствует о подтверждении данных референтной публикации и возможности их использования в дальнейших исследованиях.

В зависимости от радиуса действия ссылки на работы делятся: на внутренние и внешние. Внутренние ссылки обеспечивают взаимодействие различных проблемных предметных областей внутри одной научной дисциплины, а внешние ссылки носят междисциплинарный характер [13].

Положительное цитирование					
Внутренние ссылки			Внешние ссылки		
Апеллятивное цитирование		Эмпатическое цитирование		Этикетное цитирование	
ВАЦ	ВнАЦ	ВЭЦ	ВнЭЦ	ВЭтЦ	ВнЭЦ
Типы положительного цитирования					
Справочное цитирование	Обзорное цитирование	Конструктивное цитирование	Авторитетное цитирование	Классическое цитирование	

Рисунок - 1. Классификационный фрагмент « Положительное цитирование»

**Триадная группа построена на основе разработок Е.В. Михайловой [14]**

В качестве первого триадного понятия приведена «Апеллятивная функция цитирования», которая заключается в том, чтобы опереться на авторитетное мнение как отправной момент для проведения собственных исследований и формулировки собственных выводов. Второе качество апеллятивной ссылки проявляется в том, что отсылки к каким-либо текстам в составе данного текста могут быть ориентированы на совершенно конкретного адресата – того, кто в состоянии опознать интертекстуальную ссылку. Именно поэтому это понятие наиболее тесно связано со справочным и обзорным цитированием

В эмоциональных теориях эмпатия рассматривается как идентификация, заражение и проникновение в теоретические построения других авторов. Как чисто когнитивный феномен, говорящий об умении автора последующей публикации видеть научный мир, глазами предшествующего автора с его позиции, когда автор публикации пытается стать на позицию того, чей текст упоминается.

Этикетное цитирование реализуется в качестве выражения уважения к той или иной научной школе, её авторитетным лидерам и текстам, созданным этими лидерами. Оно позволяет отнести автора научной работы к конкретной научной школе или направлению, так как, ссылаясь на одних авторов, и избегая ссылок на других, создатель научного текста недвусмысленно указывает на свою принадлежность к цитируемой школе.

Диадно-триадные группы демонстрируют системные связи двойных и тройных групп.

Приведем характеристики показателей пентадной группы положительного цитирования [2: 39]:

Справочное цитирование – цитирование, свидетельствующее об использовании данных, которые считаются известными, не новыми для науки.

Обзорное цитирование – цитирование работ авторов, работающих по данной теме.

Конструктивное цитирование – цитирование работ, свидетельствующее о

том, что какая-либо идея референтной публикации развивается в источниковой публикации. К конструктивному цитированию относятся приоритетное цитирование, замещающее цитирование (отсылка к работам, содержащим сведения).

Авторитетное цитирование – это цитирование с демонстрацией признания важности идей референтной публикации для источниковой публикации. К авторитетному цитированию относится преемственное цитирование, подтверждающее цитирование и др.

Классическое цитирование – это цитирование работ ученых-классиков науки или цитирование для демонстрации новых больших достижений в науке. Признаком классического цитирования является известность имён или эпитеты «открытие», «научный подвиг», «большое достижение» и т.д., которые сопровождают изложение материала.

Приведём классификационный фрагмент «Отрицательное цитирование» (рис.2)

Отрицательное цитирование					
Внутренние ссылки			Внешние ссылки		
Дебатирующее цитирование		Полемическое цитирование		Обличающее цитирование	
ВДЦ	ВнДЦ	ВПЦ	ВнПЦ	ВОЦ	ВнОЦ
Типы отрицательного цитирования					
Поправочное	Дискуссионное	Критическое	Отвергающее	Обвиняющее	

Рисунок -2. Классификационный фрагмент «Отрицательное цитирование»

Отрицательное (негативное цитирование) свидетельствует о том, что данные референтной публикации ставятся под сомнение или даже доказываются её ошибочность или вредность. При этом возникает одно недоразумение – боязнь завышения показателей цитируемости за счет критических или негативных ссылок. Однако это происходит редко. Ученые не склонны отвлекаться на опровержение нестоящих работ. И публикация, получившая много критических ссылок, с полным основанием может рассматриваться как достаточно значительная для того, чтобы тратить время на полемику с ней. Более того, немало теорий в момент своего появления вызывают критику, причем не приходится полагать, что критики всегда правы. Так что вообще-то столь редкие отрицательные ссылки вполне могут указывать не на отрицательное, а на положительное значение работы [15]. Приведем характеристики показателей отрицательного цитирования [2: с. 39-42]:

Здесь также, как и в случае с положительным цитированием, в зависимости от радиуса действия ссылки на работы делятся на внутренние и внешние. Внутренние ссылки обеспечивают взаимодействие различных проблемных предметных областей внутри одной научной дисциплины, а внешние ссылки носят междисциплинарный характер.

Дебатирующее цитирование представляет собой – чётко структурированную и специально организованную спорную оценку работы

оппонента. Эта разновидность научной дискуссии направлена на то, чтобы убедить в своей правоте оппонента. Поэтому вербальные и невербальные средства, которые используются участниками дебатов, имеют целью формирование у научного сообщества определённого мнения по поставленной проблеме.

Полемическое цитирование Излюбленный приём в полемике — это объявить положения оппонента бесполезными. Бесполезными объявляются часто новые теории (так как у новой теории обычно ещё нет практического применения).

Обличающее цитирование или инкриминирующее цитирование. Известно, что неотъемлемой чертой советской школы как марксистской была жесточайшая критика буржуазной науки — и дореволюционной российской, и современной мировой [3: с.451].

Диадно-триадные группы демонстрируют системные связи двойных и тройных групп.

Приведем характеристики показателей пентадной группы положительного цитирования [2: 39]:

Поправочное цитирование – цитирование работы с целью указать на неточности, не играющие особой роли для обоснования выводов референтной публикации.

Дискуссионное цитирование – цитирование работы с целью противопоставления конкурирующей точки зрения, но когда при этом нет твердых аргументов или фактов, подтверждающих последнюю.

Конструктивное критическое цитирование – цитирование работы с целью указать на недостатки концепции, предложенной в референтной публикации с указанием более обоснованной точки зрения. Эта критика в научном познании указывает на необходимость преобразования старой теории, обогащение ее новейшими достижениями науки, и превращение концепции критикуемого автора в качественно новую. Она указывает направление преобразования старой теории, выступает одним из компонентов в доказательстве правомерности новых идей, вскрывает и отбрасывает неверные, ошибочные знания, выступая тем самым в роли механизма, переводящего научные знания из «актуальных знаний науки» в «историю науки». В развитии научного знания критика выступает также в качестве средства переубеждения членов научного общества.

Отвергающее цитирование – цитирование, указывающее на грубую, играющую принципиальную роль ошибку в фактических данных или в теоретических построениях референтной публикации. У автора такой критики только одна позиция, одна точка зрения, он заранее присвоил себе право быть правым.

Обвиняющее цитирование – цитирование работ для демонстрации их псевдонаучного [лженаучного] характера.

Итак, нами приведены основные понятия для самостоятельных видов цитирования, которые можно применять для оценки качества научных работ, используя, предложенный Е.Д. Гражданниковым, показатель качества

цитирования [2: с.41].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цыганов А. В. Краткое описание наукометрических показателей, основанных на цитируемости // Управление большими системами. 2013. № 44. – С. 248-261.
2. Гражданников Е.Д. Проблема критериальной оценки научных результатов // Проблемы развития научно-образовательного потенциала. – Новосибирск, 1987. – С. 24-46.
3. Клейн Л.С. Новая археология. – Донецк, 2009. – С. 75-76.
4. Binford S. R., Binford L. R. Archaeological theory and method // New perspectives in archaeology / Eds. S. R. Binford, L. R. Binford. – Chicago, 1968. – pp. 5-32.
5. Meggers B.J. (ed). Anthropological archeology in the Americas. – Washington: Anthropological Society, 1968. – pp. 67-87.
6. Lee R.B.& DeVore I. Man the Hunter.– Chicago, Aldine, 1968.–p.30-48.
7. Clarke D. L. Analytical archaeology. – L.: Methuen, 1968. – 684 p.
8. Clarke D. L. (ed). Models in archaeology. – L.: Methuen, 1972. –1055 p.
9. Leone M.P. (ed) Contemporary archaeology. A guide to theory and contributions. Carbondale and Edwardsville: Southern Illinois Press, 1972. – 460 p.
10. Renfrew C. (ed). The explanation of culture change models in prehistory. – L.: Duckworth, 1973. – P. 691-710.
11. Research and theory in current archaeology // Ed. Ch. L. Redman. – N.Y.; L.; Sydney; Toronto, 1973. – С. 5-20.
12. Hill J. N., Evans R. K. A model archaeology. – L., 1972. P. 231–273.
13. Ивахненко Г.А. Анализ цитирования в журналах «Социологические исследования» и «Научный коммунизм» в 1974-1975 гг. – С. 17-19. 1216/017\_Ivahnenco. pdf // escocman.hse.ru/data/117/919/.
14. Михайлова Е.В. Интертекстуальность в научном дискурсе (на материале статей). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата филологических наук. – Волгоград, 1999. – 18 с.
15. Гарфилд Ю. Можно ли выявлять и оценивать научные достижения и научную продуктивность? // Вестник АН СССР. 1982. № 7. – С. 42-50.



УДК 327

*В. А. Эпштейн, А.А. Гаспарян*

## **15 ЛЕТ ДЕНОНСАЦИИ ДОГОВОРА ПРО И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РОССИЙСКО-АМЕРИКАНСКОГО РАКЕТНО-ЯДЕРНОГО ПРОТИВОСТОЯНИЯ**

*Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Москва*

2017 г. ознаменовал пятнадцатилетие выхода США из Договора по ограничению систем противоракетной обороны (ДПРО) [1]. С момента расторжения Соединёнными Штатами одного из основополагающих соглашений в ракетно-ядерной сфере в 2002 г. началась новая эпоха характеризующаяся интенсивным распространением систем ПРО США, которое в настоящее время приобрело глобальный характер, охватывая новые регионы мира. В связи с этим, современная проблема ПРО затрагивает интересы не только России и США, как это было прежде, но и влияет на политику и военные программы других стран современного мира, например, КНР, КНДР, Южной Кореи, Японии, Чехии, Польши и др.

Создание глобального щита противоракетной обороны путём развёртывания систем ПРО в третьих странах не является трендом американской внешней политики последних десятилетий. Данная концепция получила широкое распространение среди политического истеблишмента США еще в 1970-х гг., свидетельство тому – «Стратегическая оборонная инициатива» Р. У. Рейгана (1983 г.) [2], «Глобальная защита от ограниченного удара» Дж. Г-У. Буша-старшего (1991 г.) [3] и, наконец, «Национальная противоракетная оборона» У. Дж. Клинтона (1999 г.) [4].

Преградой на пути реализации заявленных программ являлись не только высокотехнологические проблемы, не позволявшие осуществить многое из задуманного американскими военными стратегами, но и, в особенности, Договор об ограничении систем ПРО 1972 г. Согласно поправке к ДПРО 1974 г., каждая сторона имела право располагать лишь одним районом размещения объектов системы ПРО (СССР закрепил эту функцию за территорией вокруг Москвы, а США – за районом Гранд-Форкс в штате Северная Дакота) [5].

Таким образом, Договор 1972 г. ограничивал развёртывание систем ПРО на общенациональном уровне, а тем более, не позволял осуществить создание глобальной системы противоракетной обороны. Трагические события 11 сентября 2001 г. стали поводом для выхода США из ДПРО и постепенного разрушения сложившейся системы двусторонних договоров, заключённых между СССР и США, позволив последним активизировать создание глобальной системы ПРО.

Многочисленные заявления политических лидеров Соединенных Штатов о том, что их системы НПРО направлены исключительно против так называемых стран-изгоев<sup>1</sup> (данный термин используется для обозначения правящих режимов, рассматривающихся американским руководством как враждебные и/или представляющие угрозу миру [6]) не сняли беспокойства российского политического и военного руководства по поводу того, что в случае начала глобального конфликта системы НПРО будут применяться против российских межконтинентальных баллистических ракет (МБР). Мнение российской военной элиты отражает высказывание первого заместителя начальника главного оперативного управления Генерального штаба генерал-лейтенанта В. В. Познихира, сделанное им в октябре 2016 г.: «Под предлогом противодействия северокорейской и иранской «ракетным угрозам» развёртывается система, предназначенная, в первую очередь, для борьбы с российскими ракетами» [7].

В настоящее время можно говорить о формировании глобальной системы ПРО, так как элементная база противоракетной обороны расположена не только на территории США, но и 17 других странах мира, среди которых Румыния [8], Чехия, Польша [9], Израиль [10], Южная Корея [11] и др.

Объекты системы противоракетной обороны, развёрнутые в рамках сотрудничества Североатлантического альянса, юридически должны рассматриваться как часть НПРО США, а ее глобальность обеспечена техническим и географическим факторами.

Необходимо отметить, что в настоящее время системы ПРО размещаются во всех геополитических сферах: на суше, на воде, в воздухе и в космическом пространстве. Наибольшее распространение получили системы ПРО на суше, обладающие наибольшими возможностями по перехвату МБР, а также ракеты морского базирования Aegis, размещенные на крейсерах и эсминцах ВМС НАТО, оснащенных боевой информационно-управляющей системой. Эти установки способны перехватить не только МБР, но и ракеты средней дальности.

С географической точки зрения, системы НПРО США размещены в трёх позиционных районах. С прекращением действия Договора по ПРО были сняты ограничения относительно развёртывания систем противоракетной обороны лишь в одном районе, в связи с этим американское руководство приняло решение вместо Гранд-Форкс оснастить два других позиционных района – в Калифорнии (с целью защиты, в первую очередь, от ракет, запускаемых с кораблей) и на Аляске (в 2004 г. американские военные эксперты сослались на возросшие тактико-технические характеристики (ТТХ) баллистических ракет средней дальности КНДР, которые получили возможность достичь целей на территории Аляски [12]).

Третий позиционный район (европейский) в настоящее время вызывает наибольшие разногласия в российско-американских и российско-европейских

---

<sup>1</sup> В разное время термин использовался применительно к КНДР, Ирану, Ираку, Сирии, Афганистану, Венесуэле и т.д.

отношениях, так как угроза со стороны стран-изгоев Ближнего Востока называлась в качестве главной причины для начала работ по воплощению концепции Европейской ПРО (ЕвроПРО). Переговоры США с Польшей и Чехией начались в 2008 г., однако документальное оформление концепция ЕвроПРО получила годом позже, когда президент Б. Обама провозгласил программу «Европейского поэтапного адаптивного подхода» (ЕПАП) [13]. Реализация ЕПАП не ограничилась размещением элементов и систем НПРО США в Польше и Чехии, в результате чего на сегодняшний день в Европе в «боевой готовности» находятся системы противоракетной обороны или их элементы на территории Великобритании, Германии, Италии, Нидерландов, Норвегии и Румынии. Однако, после заключения 15 июля 2015 г. соглашения шестерки (Россия, США, Франция, Великобритания, Германия, Китай) по иранской ядерной программе декларируемая (реальная или потенциальная) угроза со стороны Исламской Республики Иран (ИРИ) утратила свою актуальность.

Несомненно, концентрация средств НПРО США вблизи российских границ после исчезновения официально называемой угрозы не может не вызывать опасения со стороны Москвы. В американском докладе 2012 г., в результате исследования технических характеристик и параметров систем, развернутых в Европе, был сделан вывод о том, что используемый тип противоракет при запуске с территории Европейского континента не способен перехватывать российские МБР как наземного, так и морского базирования [14, с. 31]. Однако, опасения российской стороны вызывает не только факт размещения систем ПРО вблизи государственных границ, но и новые технические характеристики используемых установок. По словам В. В. Путина, в них могут быть легко «погружены ударные комплексы и ракеты»; и такую подмену никто заметить не сможет» [15].

Как отметил министр иностранных дел РФ С. В. Лавров, «тот факт, что США вышли из Договора об ограничении систем противоракетной обороны, стало дестабилизирующим фактором глобального значения, поскольку провоцирует наращивание вооружения и возвращает нас к логике взаимного гарантированного уничтожения» [16].

Российское руководство, опасаясь размещения американских объектов системы ПРО в Восточной Европе, высказало вариант совместного использования радиолокационной станции (РЛС) дальнего обнаружения в азербайджанской Габале. Предложение было сделано В. В. Путиным Дж. У. Бушу-младшему в ходе саммита «Большой восьмерки» в 2007 г. [17]. Главным аргументом являлась близость расположения Габалинской РЛС к странам-изгоям, от которых США пытались защититься с помощью систем ПРО, размещенных в странах Восточной Европы. Данное предложение было отвергнуто Вашингтоном, который назвал его неравноценной альтернативой базе ПРО в Польше, сославшись на то, что технические и технологические стандарты НАТО не соответствуют стандартам, принятым в России [18].

Еще на начальном этапе реализации ЕПАП МИД России крайне негативно отреагировал на информацию о размещении НПРО США в

Великобритании: «Американская сторона заверяет нас в том, что создаваемая ПРО США вместе с её зарубежными базами не направлена против России. Однако мы до сих пор не получили ответ на наш вопрос, каким образом будет обеспечена и гарантирована такая «ненаправленность». Пока такого ответа нет, российская сторона не может не принимать во внимание возможную угрозу безопасности России» [19].

Подобное масштабное распространение систем противоракетной обороны в мире, по словам В. В. Познихира, «стимулирует гонку вооружений, прежде всего, стратегических, вынуждает принимать ответные военные и военно-технические меры» [20].

В попытках предостеречь США от развертывания систем противоракетной обороны в Восточной Европе, российское руководство не раз заявляло, что ответ России будет асимметричным, но в высшей степени эффективным [21]. В связи с тем, что проблема ПРО исторически и технически связана с ядерным оружием, а в настоящее время и с возможностью нанесения неядерного «быстрого глобального удара», концепция которого была разработана США<sup>2</sup>, в вполне справедливо предполагать, что асимметричный ответ будет заключаться как в модернизации, так и в наращивании ядерной мощи.

В декабре 2014 г. заместитель командующего Ракетными войсками стратегического назначения (РВСН) по работе с личным составом А. М. Филатов заявил, что в ближайшее время возобновится создание боевого железнодорожного ракетного комплекса (БЖРК) [22].

Советские БЖРК были сняты с вооружения в 2005 г. в связи с положениями Договора о сокращении стратегических наступательных вооружений (СНВ-2), подписанного в январе 1993 г. президентами США Дж. У. Бушем-старшим и Б. Н. Ельциным.

Преимуществом БЖРК является способность быстро менять позиции и маневрировать в пределах железнодорожной сети страны, что несомненно затрудняет обнаружение и уничтожение комплекса при нанесении внезапного массированного ядерного удара. Создание БЖРК должно быть завершено в 2019 г., в составе одного поезда предполагается разместить 6 МБР с разделяющейся головной частью РС-24 «Ярс». Что важно воссоздаваемая платформа для размещения МБР не попадает под запрет договора СНВ-3, так как данное соглашение ограничивает районы базирования грунтовых комплексов, а БЖРК является железнодорожным составом.

Говоря о ракетно-ядерном вооружении Российской Федерации необходимо отметить, что в ближайшем будущем планируется ввести в эксплуатацию новую твердотопливную ракету РС-26 (новый вид ракет в линейке модели «Ярс»), которая должна заменить ракеты «Ярс» и «Тополь-М». Если верить заявленным ТТХ, новые ракеты будут способны преодолеть любую противоракетную оборону, по этой причине их часто называют

---

<sup>2</sup> «Быстрый (молниеносный) глобальный удар» ('Prompt Global Strike') – концепция вооруженных сил США, реализация которой позволила бы нанести массированный разоружающий удар обычным (неядерным) вооружением по любой точке мира в течение 60 минут.

«убийцами ПРО». Будучи более легкими, по сравнению с прежним поколением ракет, они могут быть запущены по целям на средней дальности (2000–6000 км.) [23], по этой причине, по утверждению представителей Соединенных Штатов, новые разработки российского ВПК нарушают положения Договора о ликвидации ракет средней и меньшей дальности (РСМД, подписан США и СССР в 1987 г. [24]). В ответ на выход США из договора ДПРО Российская сторона с начала XXI в. заявляет о возможном выходе из данного соглашения. И хотя договор о РСМД является бессрочным, его расторжение является возможным в случае обоснования подобной необходимости. Согласно заявлениям Генштаба, такие причины у российской стороны есть, так как «многие страны разрабатывают и совершенствуют ракеты средней дальности, а Россия, выполнив Договор о РСМД, потеряла многие системы этого оружия» [25]. Будучи министром обороны, С. Б. Иванов назвал данное соглашение «реликтом холодной войны» [26], так как только два государства не имеют права обладать этим типом вооружений, в то время как ими располагают Индия, Пакистан, Иран, Израиль, КНР и др. Более того, Договор 1987 г. предусматривал ликвидацию не только данных типов ракет, но и пусковых установок вместе со вспомогательной техникой. США, выйдя из ДПРО, смогли не только разместить элементы НПРО на Европейском континенте, но и воссоздали тем самым пусковые установки, которые могут быть модифицированы для запуска ракет средней и меньшей дальности [27].

Возможен и иной ответ России на размещение элементов НПРО США – в середине 2016 г. началась переброска ракетных комплексов «Искандер-М» и зенитно-ракетных комплексов С-400 «Триумф» в Калининградскую область. Данные действия РФ вызвали негодование как в НАТО, так и в американском правительстве, в частности, генеральный секретарь НАТО Й. Столтенберг неоднократно заявлял о том, что развертывание Россией в Калининградской области ракетных комплексов «Искандер» угрожает странам-членам Альянса [28]. А Президент Литвы Д. Грибаускайте охарактеризовала эти действия «агрессивной демонстрацией мощи» [29].

Если прежде проблема противоракетной обороны касалась исключительно двух держав – США и СССР (а затем – Российской Федерации), то в настоящее время стремление НПРО США к глобальному уровню вызывает опасения третьих государств – в частности, Китая.

За два президентских срока Дж. Буша-младшего Соединенные Штаты продвинулись в совершенствовании многослойной системы ПРО в Азиатско-тихоокеанском регионе (АТР) – в результате чего американские противоракеты, расположенные в АТР, способны ликвидировать все виды баллистических ракет любой дальности и на всех стадиях полета (на этапе ускорения, на срединной, и заключительной фазах).

В последние годы все большую озабоченность США вызывает ускоряющаяся ядерная программа КНДР, в рамках которой северокорейским руководством производятся ядерные испытания и запуски баллистических ракет. Согласно данным Института стратегии национальной безопасности при Национальном агентстве разведки Южной Кореи, МБР Северной Кореи будут

обладать необходимым оснащением для достижения территории США к 2020 г. [30]. В связи с этим в 2016 г. было объявлено о развертывании противоракетного комплекса наземного базирования ТНААД на территории Южной Кореи с целью защиты Североатлантического альянса от ракетной угрозы. Старт работам по установке системы был дан в апреле 2017 г. [31].

Руководство Китая рассматривает развертывание системы НПРО США на Корейском полуострове как попытку нарушить стратегическое равновесие в регионе, с одной стороны, и угрозу национальной безопасности КНР, с другой. Представители китайского МИДа неоднократно осуждали возможность размещения противоракетной обороны США вблизи границ их государства, заявляя, что подобные действия обострят и без того напряженную ситуацию в регионе [32].

Немаловажным фактором являются недавно состоявшиеся президентские выборы в Южной Корее, от непредсказуемого исхода которых США обезопасили вопрос размещения системы ТНААД. Американское руководство исходило из того, что если по итогам выборов главой государства станет кандидат, выступающий против размещения ПРО, он сможет приостановить этот процесс лишь ценой колоссальных экономических потерь, а также обострения отношений с США, что, несомненно, скажется отрицательно на ситуации в стране. Президентом Южной Кореи стал кандидат от демократов Мун Чжэ Ин, который в ходе своей предвыборной кампании не раз заявлял о готовности пересмотреть вопрос о размещении элементов НПРО США [33].

На этом фоне все более вероятным представляется усиление военного сотрудничества России и Китая в сфере противоракетной обороны и возможное создание и эксплуатация РЛС в ответ на базу в Южной Корее. Еще в августе 2016 г. в Москве состоялись консультации оборонных ведомств России и Китая, в ходе которых, кроме всего прочего, обсуждалось взаимодействие в области ПРО [34]. Очевидно, что реализация подобных планов займет немало времени, так как предстоит не только оценить сопоставимость национальных систем ПРО России и Китая, но и решить вопросы взаимной ответственности и доступа к информационным данным. Однако готовность и инициатива обеих сторон уже говорят о многом.

Ситуация с противоракетной обороной в АТР может усугубиться, так как все более вероятным выглядит размещение элементов системы НПРО США на территории Японии. Министр обороны Т. Инада в конце 2016 г. посетил тихоокеанский о. Гуам (США), чтобы лично ознакомиться с принципами действия и возможностями комплекса ТНААД [35].

Таким образом, современный мир находится на грани новой гонки вооружений, так как противоракетная оборона, призванная обезопасить страны от возможно ядерного удара, стала фактором глобальной и региональной дестабилизации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. U.S. Withdraws from IBM Treaty; Global Response Muted – Arms Control Association. [Электронный ресурс]. URL://armscontrol.org/act/2002\_07-

08/abmjul\_aug02 [Дата обращения: 20.04.2017].

2. 'President Reagan's SDI Speech'. [Электронный ресурс]. URL://atomicarchive.com/Docs/Missile/Starwars.shtml [Дата обращения: 20.04.2017].

3. 'Profile: Global Protection Against Limited Strikes (GPALS). [Электронный ресурс] URL://historycommons.org/entity.jsp?entity=global\_protection\_against\_limited\_strikes\_1 [Дата обращения: 05.05.2017].

4. A study on National Missile Defense: Policy Issues and Technological Capabilities. [Электронный ресурс]. URL://ifra.org/pdf/NMD2000\_full.pdf [Дата обращения: 28.04.2017].

5. Протокол к Договору между Союзом Советских Социалистических Республик и Соединенными Штатами Америки об ограничении систем противоракетной обороны, 3 июня 1974 г. [Электронный ресурс]. URL://armscontrol.ru/start/rus/docs/protocol.htm [Дата обращения: 20.04.2017].

6. National Security Strategy of the United States of America, September 2002. [Электронный ресурс]. URL://state.gov/documents/organization/63562.pdf p.14/32 [Дата обращения: 21.04.2017].

7. «Опасность ПРО США для ядерных потенциалов РФ и Китая оказалась недооцененной». – Интерфакс, 11 октября 2016 г. [Электронный ресурс]. URL://interfax.ru/world/531967 [Дата обращения: 23.04.2017].

8. U.S.-Romania Ballistic Missile Defense Agreement – Ministry of Foreign Affairs. [Электронный ресурс]. URL://mae.ro/en/node/11648 [Дата обращения: 18.04.2017].

9. 'U.S. launches long-awaited European missile defense shield' – CNN Politics. [Электронный ресурс]. URL://edition.cnn.com/2016/05/11/politics/nato-missile-defense-romania-poland [Дата обращения: 18.04.2017]

10. Fact Sheets: Israel's Missile Defense System – Jewish Virtual Library. [Электронный ресурс]. URL://jewishvirtuallibrary.org/israel-missile-defense-systems [Дата обращения: 18.04.2017]

11. U.S., South Korea Launch Annual Foal Eagle Exercise – U.S. Department of Defense. [Электронный ресурс]. URL://defense.gov/News/Article/Article/1102331/us-south-korea-launch-annual-foal-eagle-exercise/ [Дата обращения: 21.04.2017].

12. Michael A. Levi – 'Alaska Missile Defense'. [Электронный ресурс]. URL://brookings.edu/articles/alaska-missile-defense/ [Дата обращения: 21.04.2017]

13. J. Sankaran – 'the United States' European Phased Adaptive Approach Missile Defense System' [Электронный ресурс]. URL://rand.org/content/dam/rand/pubs/research\_reports/RR900/RR957/RAND\_RR957.pdf [Дата обращения: 18.04.2017]

14. Wilkening D. A. – Does Missile Defense in Europe Threaten Russia? //Survival – Vol.54, Iss.1, 2012, 51 с.

15. «Путин пообещал ответить на размещение элементов ПРО в Румынии» // Ведомости, 28 мая 2016.

16. «Лавров: выход США из договора по ПРО принес миру дестабилизацию»

[Электронный ресурс]. URL:// <https://ria.ru/world/20150805/1163409835.html>  
[Дата обращения: 1.05.2017]

17. П. Сухов – «Путин предложил Бушу компромисс по ПРО» // «Независимая газета» [Электронный ресурс]. URL://[www.ng.ru/politics/2007-06-08/100\\_rls.html](http://www.ng.ru/politics/2007-06-08/100_rls.html) [Дата обращения: 21.04.2017]

18. 'Russia Gives Up Ukraine Missile Radars, US Says Azerbaijan No Substitute For Poland'. [Электронный ресурс]. URL://[spacewar.com/reports/Russia\\_Gives\\_Up\\_Ukraine\\_Missile\\_Radars\\_US\\_Says\\_Azerbaijan\\_No\\_Substitute\\_For\\_Poland\\_999.html](http://spacewar.com/reports/Russia_Gives_Up_Ukraine_Missile_Radars_US_Says_Azerbaijan_No_Substitute_For_Poland_999.html) [Дата обращения: 07.05.2017]

19. Крамник И. – «ПРО: опасные последствия слабости» // Военно-промышленный курьер. – 2011, 13 апреля - №14 (380).

20. В Генштабе рассказали об угрозе ПРО США для спутников // РИА Новости, 28.03.2017. [Электронный ресурс]. URL://[ria.ru/defense\\_safety/20170328/1490963104.html](http://ria.ru/defense_safety/20170328/1490963104.html) [Дата обращения: 28.04.2017].

21. «Военно-технический ответ на глобальную ПРО США будет эффективным и асимметричным - Путин» // МИГ «Интерфакс» [Электронный ресурс]. URL://[interfax.ru/russia/231703](http://interfax.ru/russia/231703) [Дата обращения: 07.05.2017].

22. Филатов: производство «ракетных поездов» БЖРК скоро возобновится // РИА Новости, 13.12.2014. [Электронный ресурс]. URL://[ria.ru/defense\\_safety/20141213/1038053182.html](http://ria.ru/defense_safety/20141213/1038053182.html) [Дата обращения: 07.05.2017].

23. «Стратегические вооружения: тяжелее – не значит целее». [Электронный ресурс]. URL://[belrynok.by/2017/03/15/strategicheskie-vooruzheniya-tyazhelee-ne-znachit-tselee/](http://belrynok.by/2017/03/15/strategicheskie-vooruzheniya-tyazhelee-ne-znachit-tselee/) [Дата обращения: 05.05.2017].

24. Договор между Союзом Советских Социалистических Республик и Соединенными Штатами Америки о ликвидации их ракет средней и меньшей дальности. [Электронный ресурс]. URL://[un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/pdf/treaty.pdf](http://un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/treaty.pdf) [Дата обращения: 05.05.2017].

25. «Ракета средней дальности: от спорного решения к разумному» // Информационное агентство России ТАСС // [Электронный ресурс]. URL://[tass.ru/arhiv/659897](http://tass.ru/arhiv/659897) [Дата обращения: 08.05.2017].

26. «Генштаб РФ: Москва может выйти из договора о ликвидации ракет средней и малой дальности». [Электронный ресурс]. URL://[newsru.com/russia/15feb2007/balu2.html](http://newsru.com/russia/15feb2007/balu2.html) [Дата обращения: 05.05.2017].

27. «Договор о РСМД: 3 варианта ответа России на нарушения США». [Электронный ресурс]. URL://[politruussia.com/vooruzhennye-sily/plyaski-vokrug-dogovora-232/](http://politruussia.com/vooruzhennye-sily/plyaski-vokrug-dogovora-232/) [Дата обращения: 21.04.2017].

28. 'Doorstep statement by NATO Secretary General Jens Stoltenberg at the start of the meetings of NATO Defense Ministers' // [http://www.nato.int/cps/en/natohq/opinions\\_136579.htm?selectedLocale=en](http://www.nato.int/cps/en/natohq/opinions_136579.htm?selectedLocale=en) [Дата обращения: 07.05.2017]

29. 'Russian Missile transfer an aggressive move: Lithuania President'. [Электронный ресурс]. URL://[reuters.com/article/us-russia-missiles-lithuania-](http://reuters.com/article/us-russia-missiles-lithuania-)



idUSKCN12I145?il=0 [Дата обращения: 07.05.2017]

30. 'N.K. may develop ICBM capable of hitting U.S. mainland by 2020: report'. [Электронный ресурс].

URL://english.yonhapnews.co.kr/national/2016/12/25/0301000000AEN20161225000400320.html [Дата обращения: 07.05.2017].

31. 'US and North Korea agree 'early' deployment of THAAD missile defence system'. [Электронный ресурс].

URL://independent.co.uk/news/world/asia/us-north-korea-south-missile-test-nuclear-thaad-defence-system-a7686756.html [Дата обращения: 28.05.2017].

32. Китай и Россия вновь призвали США и Южную Корею не размещать THAAD» - РИА Новости. [Электронный ресурс].

URL://ria.ru/world/20170301/1488990770.html [Дата обращения: 11.05.2017].

33. «Президент Южной Кореи пообещал пересмотреть вопрос размещения THAAD». [Электронный ресурс]. URL://defence.ru/article/prezident-yuzhnoi-korei-poobeschal-peresmotret-vopros-razmescheniya-thaad/ [Дата обращения: 11.05.2017].

34. «Россия и Китай обсудили взаимодействие в области противоракетной обороны» - Российско-китайский комитет дружбы, мира и развития. [Электронный ресурс]. URL://russian-chinese.com/2016/08/26/rossiya-i-kitaj-obsudili-vzaimodejstvie-v-oblasti-protivoraketnoj-oborony/ [Дата обращения: 08.05.2017].

35. 'Japan defense minister visits THAAD' – The Guam Daily Post. [Электронный ресурс]. URL://www.postguam.com/news/local/japan-defense-minister-visits-thaad/article\_e4c856f6-d880-11e6-97ef-5b6265c52bed.html [Дата обращения: 11.05.2017].

### К 60-ЛЕТИЮ ЕВГЕНИЯ ВАЛЕНТИНОВИЧА

#### ПРОТОПОПОВА



10 ноября 2017 года исполняется 60 лет ректору Сибирского государственного индустриального университета (СибГИУ), заслуженному работнику высшей школы Российской Федерации, почетному металлургу, почетному работнику высшего профессионального образования Российской Федерации, доктору технических наук, профессору Протопопову Евгению Валентиновичу.

В 1980 году Евгений Валентинович Протопопов окончил Сибирский металлургический институт по специальности «Металлургия черных металлов» и начал свой трудовой путь на кафедре металлургии стали. После окончания аспирантуры в 1987 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. В 1988 году ему присвоено ученое звание доцента. В 1991 году Евгений Валентинович возглавил работу кафедры металлургии стали, в 1995 году избран на должность декана металлургического факультета Сибирского государственного индустриального университета. В 1998 защитил докторскую диссертацию на тему «Разработка теории и комплексной технологии конвертерной плавки при изменяющихся параметрах металлозавалки», в 2000 году ему присвоено ученое звание профессора. В 2010 г. Евгений Валентинович возглавил Институт металлургии и материаловедения, а в 2013 г. коллективом университета был избран ректором СибГИУ.

За время работы ректором Евгений Валентинович внес большой вклад в развитие университета, внедрение инновационных образовательных технологий, повышение результативности прикладных и фундаментальных научных исследований, укрепление материально-технической базы, активизацию различных форм внеучебной деятельности студентов. По его инициативе реализован ряд передовых инфраструктурных изменений, обеспечивающих рост эффективности различных направлений деятельности университета.

Протопопов Е.В. успешно совмещает общественную, научную и педагогическую деятельность. Он является руководителем научной школы «Развитие теории и разработка ресурсо- и энергосберегающих технологий производства черных металлов с использованием техногенных отходов», одним из признанных в научном сообществе лидеров в вопросах теории и практики ресурсо- и энергосберегающих технологий производства стали, технологических режимов конвертерной плавки стали, оптимизации конструкции дутьевых устройств и повышения стойкости футеровки металлургических агрегатов. Он внес значительный вклад в решение актуальной проблемы рационального использования природного сырья на

различных предприятиях металлургической отрасли за счет переработки техногенных отходов в агрегатах конвертерного типа.

Евгений Валентинович Протопопов является соавтором научного открытия, зарегистрированного международной академией авторов изобретений и открытий и Российской академией естественных наук.

Евгений Валентинович автор более 550 научных публикаций, в том числе 38 авторских свидетельств и патентов на изобретения, большинство из которых внедрены на производстве, является автором 14 монографий и учебных пособий с грифом Учебно-методического объединения (УМО) по направлению «Металлургия». Под его руководством защищено 10 кандидатских и 1 докторская диссертация.

Евгений Валентинович является заместителем главного редактора журнала «Известия вузов. Черная металлургия», главным редактором сборника научных трудов «Вестник горно-металлургической секции Российской Академии естественных наук. Отделение металлургии», председателем диссертационного совета Д212.252.01 при Сибирском государственном индустриальном университете, председателем Президиума Западно-Сибирского отделения Российской Академии естественных наук.

Евгений Валентинович Протопопов – действительный член (академик) Российской Академии Естествознания, Российской Академии Естественных Наук, экологической академии. Его заслуги отмечены многими отраслевыми наградами и наградами Администрации Кемеровской области.

Свой юбилей Евгений Валентинович встречает в расцвете творческих сил. Его активная жизненная позиция, многолетняя творческая деятельность и тесные партнерские отношения с учеными и специалистами из разных уголков нашей страны позволили воспитать плеяду талантливых учеников, преумножающих достижения металлургической науки и развитие отрасли.

*Редакция журнала, коллеги, ученики и друзья от всей души поздравляют Евгения Валентиновича с юбилеем, желают ему доброго здоровья, дальнейших успехов в педагогической и научной деятельности.*



## ХАРЛАМОВУ СЕРГЕЮ НИКОЛАЕВИЧУ – 60 ЛЕТ

Ученому секретарю Томского научного центра ЗСО РАЕН, доктору физико-математических наук, профессору, заведующему международной научно-образовательной лабораторией “Нефтегазовая гидродинамика и тепломассообмен” Института природных ресурсов при Национальном исследовательском Томском политехническом университете 28 июля 2017 г. исполняется 60 лет со дня рождения. Вся научно–педагогическая деятельность юбиляра неразрывно связана с Томском, Национальным исследовательским Томским политехническим и государственным университетами. С. Н. Харламов начинал свою деятельность в качестве сотрудника кафедры Теоретической механики Механико-математического факультета НИ ТГУ. Общий стаж научно-педагогической работы составляет 37 лет. Его первые исследования были посвящены моделированию газодинамических и физико-химических явлений в турбулентных нестационарных потоках в устройствах импульсной техники и были отмечены, как лучшие работы по разделу “математика\механика” (премия НИ ТГУ, 1983, 1989). Они вошли в кандидатскую диссертацию (1989) и опубликованы в монографии (премия ТГУ, 1993). С 1990 г. круг научных интересов С.Н. Харламова был связан с разработкой методологии численного исследования пространственных турбулентных потоков в трубо- и газопроводных системах. На каф. Транспорта и хранения нефти и газа НИ ТПУ он возглавляет научное направление по тепломассообмену и нефтегазовой гидродинамике, осуществляет руководство научной работой зарубежных студентов (France, Italy, China). В 2001г. результаты этих исследований были защищены в виде докторской диссертации, часть опубликована в монографии (2001, премия ТГУ, 2003). За эти годы опубликовано: 7 монографий [5 за рубежом (Италия, Хорватия, Германия)]; 10 учебно-методических пособий, более 200 научных статей. Подготовлено 3 кандидата физико-математических наук, выполняют исследования 3 аспиранта, докторант. Деятельность юбиляра отмечена дипломами и почетными грамотами: ТГУ (2008, 2010); ТПУ (2008, 2010, 2015); ТГПУ (2007, 2008); МОиН РФ (2011). 5 учеников удостоены дипломов и знаков отличия “Лучший выпускник”, “Лучшая научная работа” МОиН РФ (2010-2015). Он является соруководителем европейского проекта (FP7-PEOPLE-2012-PIF, связанного с разработкой образцов новой техники для диагностики, фильтрации и сепарации вязких сред совместно с Queen Mary University of London, United Kingdom). Член редакций: Journal of Biourbanism (Italy), International Journal of Transportation Engineering and Technology (USA). Награжден: медалью “За заслуги перед ТГУ” (2003); знаками “Почетный работник ВПР РФ” (2012), “За пользу отечеству” им. В.Н. Татищева” (2011). Друзья и коллеги поздравляют Сергея Николаевича с юбилеем и желают ему дальнейших успехов в академической и исследовательской деятельности, здоровья и счастья в личной жизни.

*Редакция журнала, коллеги, ученики и друзья от всей души поздравляют Евгения Валентиновича с юбилеем, желают ему доброго здоровья, дальнейших успехов в педагогической и научной деятельности.*



## ГРОМОВУ

### ВИКТОРУ ЕВГЕНЬЕВИЧУ – 70 ЛЕТ

26 ноября 2017 года исполняется 70 лет члену редакционной коллегии журнала Виктору Евгеньевичу Громову – известному в России и за рубежом металлофизику, Заслуженному деятелю науки РФ, Почетному металлургу РФ, члену Межгосударственного совета по физике прочности и пластичности материалов, члену Научного Совета РАН по физике конденсированных сред, доктору физико-математических наук, профессору, заведующему кафедрой естественнонаучных дисциплин им. профессора В.М. Финкеля Сибирского государственного индустриального университета. Виктор Евгеньевич Громов зарегистрирован в Федеральном реестре экспертов в научно-технической сфере Министерства образования и науки и РАН, он – член редколлегий четырех журналов из списка ВАК.

Как высококвалифицированный специалист широкого профиля Виктор Евгеньевич по праву занимает ведущее место среди ученых России в области материаловедения, физики прочности и пластичности сталей и сплавов. На протяжении долгой научной деятельности его учителями и соратниками являются известные российские ученые-металлофизики и материаловеды В.Е. Панин, Л.Б. Зуев, Э.В. Козлов, А.М. Глезер, Ю.Ф. Иванов.

Экспериментальные и теоретические исследования в области физики прочности и пластичности материалов в условиях внешних энергетических воздействий (электрических полей и токов, плазменных и электронных пучков), выполненные за 40 лет В.Е. Громовым и его учениками, получили широкую известность и признание в научных кругах и привели к созданию нового научного направления. Результаты исследований нашли применение как в академических, отраслевых и учебных институтах при изучении природы формоизменения металлов и сплавов, так и на ряде предприятий металлургической промышленности и машиностроения при разработке соответствующих электротехнологий. Они внедрены со значительным экономическим эффектом на предприятиях Кузбасса.

За цикл работ по внедрению безкислотной технологии удаления окалина при производстве проволоки из малоуглеродистых и низколегированных сталей на предприятиях металлургической отрасли В.Е. Громов удостоен премии Правительства РФ в области науки и техники. В 2013 г. он стал лауреатом премии РАН имени академика И.П. Бардина. В последние годы научная школа «Прочность и пластичность материалов в условиях внешних энергетических воздействий», возглавляемая профессором В.Е. Громовым, плодотворно работает в области наноструктурного материаловедения по грантам РФФИ, РНФ и целевым программам Минобрнауки. За период работы в высшей школе В.Е. Громов проявил качества талантливого педагога и организатора высшего образования. В.Е. Громов –

“Лучший профессор Кузбасса 2003”, “Почетный профессор Кузбасса” 2015 г., один из ведущих профессоров университета. Пользуется заслуженным уважением студентов и коллег. Его лекции отличает сочетание высокого теоретического уровня с ясной формой изложения.

В.Е. Громов является соавтором трех научных открытий, зарегистрированных Международной академией авторов изобретений и открытий и Российской академией естественных наук:

1. Закономерность изменения структурно-фазового состояния металлов при внешнем энергетическом воздействии.

2. Явление увеличения усталостной долговечности сталей под воздействием низкоэнергетических сильнофокусированных электронных пучков.

3. Явление ускорения синтеза химических соединений на поверхности металлов и сплавов при электровзрывном легировании.

Виктор Евгеньевич воспитал плеяду талантливых научных сотрудников – 8 докторов и свыше 35 кандидатов наук, плодотворно работающих в высшей школе, на производстве, в бизнесе. Он автор более 3400 научных публикаций, в том числе 25 патентов и 75 монографий, три из которых опубликованы в Кембридже в издательстве Cambridge International Science Publication Ltd на английском языке.

В.Е. Громов – действительный член Международной академии энергоинформационных наук и Российской академии естественных наук. Его заслуги отмечены медалями «За служение Кузбассу», «За особый вклад в развитие Кузбасса» I, II и III степени, другими наградами и грамотами администрации Кемеровской области.

Семидесятилетний юбилей Виктор Евгеньевич встречает в расцвете творческих сил.

*Редакционная коллегия журнала, ученики и друзья сердечно поздравляют Виктора Евгеньевича с юбилеем и желают ему доброго здоровья, счастья и новых научных свершений.*

### УДК 553.98(571)

Геологическое приложение геотермии как метода разведочной геофизики (на примере оценки позднеэоценовой эрозии на площадях п-ова Ямал) / В.И. Исаев, А.К. Исагалиева, Г.А. Лобова // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2017. – № 20. – С. 3.

Интерпретация данных геотермии, как метода разведочной геофизики, выполнена в ходе исследований на месторождениях углеводородов п-ова Ямал. Для исследований применен метод палеотемпературного моделирования, основанный на численном решении уравнения теплопроводности горизонтально-слоистого твердого тела с подвижной верхней границей. В математической модели скорость осадконакопления может быть нулевой и отрицательной, что позволяет учитывать перерывы осадконакопления и денудацию. Выявление и учет позднеэоценовой регрессии обеспечило оптимальную расчетную и наиболее «богатую» термическую историю нефтематеринских баженовских отложений. Последнее неизбежно приводит к увеличению плотности ресурсов, оцениваемую объемно-генетическим методом. Рис. 1. Табл. 4. Библ.10.

Interpretation of geothermal data, as method of exploration geophysics was performed during the course of investigations in the hydrocarbons fields of Yamal peninsula. For investigations, method of paleo-temperature modeling was used, based on numerical calculation of heat-conductivity equation of horizontally-layered solid body with moving upper boundary. In mathematical model the sedimentation rate shall be zero or negative, that allows to consider the sedimentation breaks and denudation. Detection and consideration of late Eocene regression allowed to provide an optimal estimation and the “richest” thermal history of Bazhenov’s oil-bearing sediments. The latter inevitably leads to an increase in the density of resources, estimated by volume-genetic method. Fig. 1. Tab. 4. Ref. 10.

### УДК 553.98(571)

Геотемпературные условия генерации баженовских нефтей в Колтогорском мезопрогибе / В.И. Исаев, В.В. Стоцкий, Ж.Б. Досымбекова// Вестник РАЕН (ЗСО). – 2017. – № 20. – С. 9.

Методом палеотемпературного моделирования реконструирована термическая история нефтематеринских баженовских отложений в разрезах 48-ми представительных скважин Колтогорского мезопрогиба и обрамляющих его структур. Скважины расположены как в депрессионной зоне, так и в пределах положительных структур. Установлено, что баженовская свита вступала в главную зону нефтеобразования 89 млн. лет назад. Благоприятные условия для генерации баженовской нефти сохраняются и в настоящее время. Построена схематическая карта распределения относительной плотности ресурсов генерированных баженовских нефтей. Рис. 4. Библ. 4.

The thermal history of the oil-source Bazhenov sediments in 48 representative well-sections within Koltogorsky mesodepression and its framing structures was reconstructed based on the method of paleotemperature modeling. The wells are located both in the depression zone and within the positive structures. It was established that the Bazhenov suite was entering the main oil formation zone 89 million years ago. Favorable conditions for the generation of Bazhenov oil are still present. A schematic map for distribution of the relative density of resources of the generated Bazhenov oil is constructed. Fig. 4. Ref. 4.

#### **УДК 622.276.6**

Основные направления развития нефтегазодобывающей промышленности Томской области / Панычев С.И. В.Г. Лукьянов // Вестник РАЕН (ЗСО) 2017. - № 20. – С. 15.

В работе проведен анализ состояния нефтегазодобывающей промышленности Томской области по результатам работы за 2016 год. Приведены основные результаты геологоразведочных работ, динамика добычи углеводородного сырья, объемов инвестиций в основной капитал, объемов эксплуатационного бурения и ситуация с использованием попутного нефтяного газа при разработке нефтяных месторождений Томской области.

Сформулированы основные направления дальнейшего развития нефтегазодобывающей промышленности Томской области. Рис. 9.

In work the analysis of the oil and gas industry in Tomsk region by the end of 2016. The main results of exploration, the dynamics of hydrocarbon production, volume of investments into fixed capital, amounts of production drilling and the use of associated gas when developing oil fields in Tomsk region.

Formulated the basic directions of further development of the oil and gas industry in Tomsk region. Fig. 9.

#### **УДК 538.982**

Физико-химические свойства сернистой нефти / И.Г. Яценко // Вестник РАЕН (ЗСО) 2017. - № 20. – С. 26.

Приведены результаты анализа физико-химических свойств сернистых нефтей и особенностей географии их размещения в планетарном масштабе. Использована информация о свойствах 1003 образца нефти с повышенным содержанием серы, полученная из мировой базы данных по физико-химическим свойствам нефти. Показано, что нефти с высоким содержанием серы являются сверхтяжелыми и сверхвязкими, с повышенным содержанием асфальто-смолистых веществ и пониженным содержанием топливных фракций. Результаты исследования могут быть использованы при разработке новых и усовершенствовании существующих методов и технологий переработки нефти с повышенным содержанием серы. Рис. 4. Табл. 4. Библ. 13.

The results of the analysis of physical-chemical properties of high-sulfur crude oils and features of the geography of their location on a planetary scale. The



information about the properties of 1003 samples of oils with high sulfur content was used, which was obtained from the global database of physical and chemical properties of oil. It is shown that oil with high sulfur content are super heavy and extra-viscous, with high content of asphalt-resinous substances and a low content of fuel fractions. The results can be used to develop new and improve existing methods and technologies of processing oils with high sulfur content. Fig. 4. Tab. 4. Ref. 13.

### **УДК553.982**

Особенности трудноизвлекаемых нефтей высокого качества в криолитозоне западной сибери / И.Г. Яценко // Вестник РАЕН (ЗСО) 2017. - № 20. – С. 41.

Представлена общая типизация трудноизвлекаемых нефтей на основе анализа и обобщения литературных данных. На основе проведенной классификации трудноизвлекаемых нефтей по индексу качества определены три класса: нефти низкого, среднего и высокого качества. На основе анализа данных о 23000 образцов нефтей с аномальными свойствами и 9700 образцов нефтей со сложными условиях залегания определены особенности физико-химических и термобарических свойств трудноизвлекаемых нефтей высокого качества, расположенных на территории криолитозоны Западной Сибири. Рис. 3. Табл. 4. Библ. 27.

A general typology of hard-to-recover oils is represented on the base of the analysis and synthesis of published data. On the basis of the classification of hard-to-recover oils on quality index of the three classes defined: oils low, medium and high quality. On base of an analysis of data on 23,000 samples with anomalous properties of oils and 9,700 samples of oils with complex conditions of occurrence, the features of the physic-chemical and other properties of hard-to-recover oils with high quality, located in the permafrost zone of Western Siberia, were defined. Fig. 3. Tab. 4. Ref. 27.

### **УДК 622.861**

Геологические факторы выбороопасности угольных пластов Карагандинского бассейна и возможности их геолого-геофизического прогноза / В.И. Исаев, А.Ж. Байкенжина // Вестник РАЕН (ЗСО) 2017. - № 20. – С. 52.

Дан краткий анализ состояния проблемы изучения выбороопасности угольных пластов. Показано, что прогнозирование зон горно-геологических нарушений, несущих определенную степень выбороопасности, находится в стадии научного поиска. Для условий Карагандинского угольного бассейна показаны возможности прогноза по данным разведочного бурения и применения геофизических методов исследования горных пород и массивов. Рис. 1. Библ. 4.

The short analysis is given about the condition of the problem of the coal layers outburst hazard study. It is shown that the forecasting of zones of mining and geological dislocations, which have a certain level of the outburst hazard, is at the stage of scientific research. For the conditions of Karaganda coal-bearing basin, the

possibilities of the potential assessment according to the data of the probe boring and the usage of geophysical methods of earth material and solid mass research are shown. Fig. 1. Ref. 4.

#### **УДК 553.4**

Освоение бакчарского железорудного месторождения в томской области – главный проект стратегии развития сибиря на ближайшие десятилетия / М.С. Паровинчак, В.Г. Лукьянов, О.М. Гринев, В.Н. Ростовцев // Вестник РАЕН (ЗСО) 2017. - № 20. – С. 57.

#### **УДК 532 : 681.3**

О проблемах математического моделирования процессов переноса импульса, тепла и массы в углеводородных вязких средах в условиях сложного движения и тепломассопереноса в трубопроводах / С.Н. Харламов, С.И. Сильвестров, Е.В. Николаев, В.В. Зайковский // Вестник ЗСО РАЕН, №20. 2017. –С. 67.

Обсуждаются проблемы физико-математического моделирования и численного расчета процессов в открытой термодинамической системе “флюид-стенка-внешняя среда” применительно трубопроводным системам в условиях сопряженного турбулентного тепломассопереноса и напряженно-деформируемого состояния стенки трубопровода. Критически оценены достоинства популярного в приложениях RANS-метода в прогнозе эффектов, осложняющих течение и тепломассообмен в системе с учетом деформаций в грунте, стенке и флюиде. Результаты позволяют проникнуть в суть эффектов, сопровождающих течение в данных условиях. Даны рекомендации по приложению модели и метода к исследованию вопросов управления транспортом реологически сложных сред в трубопроводах. Рис. 9. Библ. 26.

Problems of physical and mathematical modelling, and numerical calculation of processes in the "fluid-wall-environment" open thermodynamic system for complex pipelines in the conjugated conditions of turbulent heat- and mass transfer and intense-deformed condition of the pipeline wall are considered. Virtues of a popular RANS-method in applications in the prognosis of the effects complicating a of flow and heat- and mass transfer in system taking into account strains in a ground, a pipeline wall and a fluid are critically estimated. Results allow making through into an essence of the effects accompanying flow in the given conditions. Recommendations about the model and method applications to research of control problems by transportation of rheological complicated media in pipelines are presented. Fig.9. Ref. 26.

#### **УДК 504.062.2/47:669**

Исследование потерь тепла через футеровку конвертера с применением математической модели / С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, М.В. Темлянцев, С.В. Фейлер // Вестник РАЕН (ЗСО) 2017. - № 20. – С. 90.

В работе с применением математического моделирования проведено исследование влияния различных факторов на тепловые потери через футеровку конвертера. Установлено, что применение теплоизоляции является эффективной мерой снижения тепловых потерь через футеровку и способствует повышению тепловой эффективности конвертеров при реализации технологий жидкофазного восстановления железа из техногенных материалов. Рис. 1. Библ. 4.

In the work using mathematical modeling a study of the impact of various factors on the heat loss through the Converter lining. The use of insulation is an effective measure to reduce heat losses through the lining, and increasing the thermal efficiency of converters in the implementation of the technology of liquid-phase recovery of iron from man-made materials. Fig. 1. Ref. 4.

#### **УДК 669.184**

Современные технологии выплавки стали с использованием железосодержащих продуктов переработки конвертерных шлаков / С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, М.В. Темлянцев, С.В. Фейлер, Л.А. Ганзер, А.Н. Калиногорский // Вестник РАЕН (ЗСО) 2017. - № 20. – С. 95.

Выполнено исследование процесса выплавки стали в 160-т конвертерах АО «ЕВРАЗ ЗСМК» с использованием в твердой металлошихте железосодержащих продуктов переработки конвертерных шлаков – шлакостальных коржей. Рассмотрены характерные особенности шлакообразования и окислительного рафинирования металла. Установлены технологические преимущества и снижение удельных затрат на производство стали при частичной замене металлического лома шлакостальными коржами. Табл.2. Библ. 5.

The research of the process of steelmaking in 160-t converters of JSC "EVRAZ ZSMK" with the use of iron-containing products of processing of converter slags - slag-steel cakes was carried out in a solid metal charge. The characteristic features of slag formation and oxidative refining of metal are considered. Technological advantages and decrease in specific costs for steel production are established with partial replacement of scrap with steel scrap. Tab. 2. Ref. 5.

#### **УДК 625.143.48**

Оптимизация технологических параметров процесса контактной сварки рельсов на машине к1000 методами математического моделирования / Р.А. Шевченко, С.Н. Кратько, П.Е. Шишкин, Н.А. Козырев, В.И. Базайкин // Вестник РАЕН (ЗСО) 2017. - № 20. – С. 101.

В статье приведена технология сварки железнодорожных рельсов электроконтактным методом с применением пульсирующего оплавления на машинах К1000 и производственные испытания образцов на статический поперечный изгиб. Проведён многофакторный корреляционный анализ технологических параметров процесса электроконтактной сварки рельсов. На основании имеющихся данных, создана математическая модель процесса

контактной сварки рельсов. Разработанная математическая модель позволяет оценить полноту влияния параметров технологического процесса контактной сварки рельсов на качество сварки. Предлагается с помощью регрессионных моделей управлять технологическими параметрами процесса контактной сварки рельсов и прогнозировать качество сварного шва. Табл. 1. Библ. 5.

The article shows the technology of welding railroad rails by an electrocontact method with the use of pulsating reflow on K1000 machines and production tests of samples for static transverse bending. The multifactorial correlation analysis of technological parameters of process of electrocontact welding of rails is carried out. Based on the available data, a mathematical model of the process of contact welding of rails was created. The developed mathematical model allows estimating completeness of influence of parameters of technological process of contact welding of rails on quality of welding. It is proposed with the help of regression models to control the technological parameters of the process of contact welding of rails and to predict the quality of the welded seam. Tab. 1. Ref. 5.

#### УДК 625.143.48

Исследование токового режима сварочной машины к1000 при сварке рельсов / Р.А. Шевченко, В.И. Базайкин, С. Н. Кратько, Н.А. Козырев, П.Е. Шишкин // Вестник РАЕН (ЗСО) 2017. - № 20. – С. 106.

Представлены результаты анализа токового режима работы рельсосварочной машины К1100. Используются записи тока в первичной цепи трансформатора К1100 в зависимости от времени в форме дискретных сигналов. Дискретные сигналы зависели от скорости  $V$  сближения станин на этапах оплавления рельсового стыка. Сигналы сгруппированы по значениям  $V$ , в каждой группе определено среднее значение  $\bar{I}$  тока и его характеристики. Построены аппроксимации зависимости  $\bar{I}$  от скорости  $V$  полиномами второй и третьей степени. Отмечено явное наличие минимума зависимости  $\bar{I}(V)$  при любой нелинейной аппроксимации и значение коэффициента детерминации  $R^2 = 0,75$  для кубической модели. Проведён спектральный анализ предварительно отфильтрованных сигналов. Спектр отфильтрованных сигналов получен применением быстрого преобразования Фурье. Для каждого из значений  $V$  получены амплитудно-частотные характеристики спектров. Рис. 4. Табл. 1. Библ. 8.

The results of the current mode analysis of the K1100 rail welding machine are presented. The current records in the primary circuit of the K1100 transformer are used as a function of time in the form of discrete signals. The discrete signals depended on the speed  $V$  of the approach of the stands at the stages of reflow of the rail joint. The signals are grouped by the values of  $V$ , in each group the mean current value  $\bar{I}$  and its characteristics are determined. Approximations of the dependence of  $\bar{I}$  on the velocity  $V$  by polynomials of the second and third degree are constructed. It is noted that there is a minimum of the dependence of  $\bar{I}(V)$  for any nonlinear approximation and the value of the determination coefficient  $R^2 = 0.75$  for the cubic model. Spectral analysis of pre-filtered signals is carried out. The spectrum of the

filtered signals is obtained by applying a fast Fourier transform. For each of the values of  $V$ , the amplitude-frequency characteristics of the spectra. Fig. 4. Tab. 1. Ref. 8.

### **УДК 621.74.002.6:681.3**

Ключевые показатели качества литой стал/ С.В. Князев, Д.В. Скопич, Е.А. Фатьянова, А.А. Усольцев, А.И.Куценко // Вестник РАЕН (ЗСО) 2017. - № 20. – С.111.

### **УДК 625.143.48**

Определение оптимальных режимов работы рельсосварочной машины К1000 / Р. А. Шевченко, Н. А. Козырев, А. О. Патрушев, С. Н. Кратько, Р. Е. Крюков // Вестник РАЕН (ЗСО) 2017. - № 20. – С. 118.

В статье приведен технологический процесс сварки железнодорожных рельсов пульсирующим оплавлением на машине контактной сварки К1000. Описаны этапы и участки контактной сварки на машине К1000 и регулируемые параметры процесса. Также приведены используемые на рельсосварочных предприятиях испытания образцов на статический поперечный трехточечный изгиб. Установлены входные и выходные параметры процесса контактной сварки. Для каждого участка установлен соответствующий путь, при прохождении которого сварочная машина устанавливает значения входных переменных. Выбраны значения параметров для каждого участка и определены средние значения этих параметров. На основе полученных производственных данных проведена их статистическая обработка средствами множественного регрессионного анализа. Для определения фактического значения силы тока и напряжения на каждом этапе была определена зависимость данных параметров от задаваемых параметров с помощью регрессионного анализа, на основе этих данных по уравнениям были найдены оптимальные значения сварки. Проведена апробация данных режимов на рельсосварочном предприятии. Испытания рельсов показали, что качество сварных соединений превышает требования стандартов. При этом значения, предсказанные моделью, были еще выше, чем полученные в ходе испытания. Рис. 3. Табл. 6. Библ. 7.

Technological process of welding rail rails with pulsating reflow by a K1000 contact welding machine. The stages and areas of contact welding on the K1000 machine and adjustable process parameters are described. The tests of the samples for static transverse three-point bending used at rail-welding enterprises are also given. Input and output parameters of the contact welding process were established. For each site, the appropriate path was set, with which the welding machine sets the values of the input variables. The parameter values for each section were selected and the mean values of these parameters were determined. On the basis of the obtained production data, their statistical processing by means of multiple regression analysis was carried out. To determine the actual value of the current and voltage at each stage, the dependence of these parameters on the parameters was determined using

regression analysis, on the basis of these data, the optimum welding values were found from the equations. Approbation of these regimes at the rail welding plant was carried out. The tests of the rails showed that the quality of the welded joints exceeds the requirements of the standards. The values predicted by the model were even higher than those obtained during the test. Fig.3. Tab.6. Ref. 7.

### **УДК 332**

Резервы повышения производительности земледельческих орудий/ В.И. Мясенко // Вестник РАЕН (ЗСО) 2017. - № 20. – С. 127.

Одна из возможностей повышения производительности земледельческого орудия является повышение рабочей скорости движения агрегата. В данной работе это осуществляется за счет изменения конструкции рабочего органа орудия, то есть обеспечено увеличение скорости движения с сохранением прежней неизменной энергоемкости процесса рыхления почвы. Библ. 2.

One of opportunities of increase in productivity of the agricultural tool is increase in working speed of the movement of the unit. In this work it is carried out due to change of a design of working body of the tool, that is increase in speed of the movement with maintaining former invariable power consumption of process of loosening of the soil is provided. Ref. 2.

### **УДК 624**

Метод определения реакций в опорах многоопорных конструкций / В.И. Мясенко // Вестник РАЕН (ЗСО) 2017. - № 20. – С. 131.

В практике проектирования многоопорных конструкций возникают естественные трудности в определении реакций возникающих в опорах, когда их количество больше трех. Предложен метод решения этой задачи, где исходными данными являются вес или иная нагрузка на конструкцию и расстояния от точки приложения этой нагрузки до соответствующих опор. Рис. 2. Библ. 1.

In practice of design of multisupporting frameworks there are natural difficulties in definition of the reactions arising in support when their quantity more than three. The method of the solution of this task where basic data are the weight or other load of a design and distance from a point of application of this loading to the corresponding support is offered. Fig. 2. Ref. 1

### **УДК 636.92 : 636.03**

Комплексное изучение различных пород кроликов при акселерационном способе содержания для использования на продовольственные цели в Кемеровской области/Л.Я. Макаренко, Н.В.Берестова // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2017. С.134.

Кролиководство — одна из отраслей животноводства, занимающаяся разведением наиболее скороспелых животных и производящая мясо и другую продукцию при небольших затратах кормов, труда и средств. В данной работе были изучены продуктивные качества кроликов пород: Серебристый, Венский голубой и Калифорнийский в одинаковых климатических Сибирских условиях при одинаковом типе кормления и содержания для продовольственных целей. Изучаемые породы хорошо адаптированы в Сибирских условиях, наибольшей сохранностью молодняка характеризуется Калифорнийская порода (90%), но по интенсивности роста лучшие качества показали кролики породы Серебристый (5212,5 г в возрасте 150 дней). Уровень рентабельности производства мяса составил - 34 %. Наилучшим качеством шкурок в изученные нами возрастные и сезонные периоды обладают кролики пород Серебристый (17,4 дм<sup>2</sup>, густота волос 21497,42 шт./см<sup>2</sup>) и Венский голубой (16,3 дм<sup>2</sup>, густота волос 20671,26 шт./см<sup>2</sup>). Табл. 2. Библ. 6.

Rabbit breeding is one of the branches of animal husbandry involved in breeding the most precocious animals and producing meat and other products at a low cost of feed, labor and money. In this work, we have studied productive performance of rabbits breeds: Silver, Viennese blue and California in the same climatic Siberian conditions with the same type of feeding and the maintenance for food purposes. The studied rocks are well adapted to the Siberian conditions and the greatest safety of young animals is characterized by California breed (90%), but the intensity of growth of the best quality showed rabbits breed Silver (5212.5 g at the age of 150 days). The level of profitability of meat production amounted to 34 %. The best quality skins we studied age and seasonal periods have breeds of rabbits Silver (17.4 dm<sup>2</sup>, the density of hair 21497.42 pcs/cm<sup>2</sup>) and Vienna blue (16.3 dm<sup>2</sup>, the density of hair 20671.26 pcs/cm<sup>2</sup>). Tab. 2. Ref. 6.

#### **УДК 632.937 : 633.13 (571.17)**

Влияние гуминатрина на биологические и хозяйственные признаки сортов овса в условиях лесостепи Кемеровской области / Т.А. Атапина, Н.Н. Чуманова, М.Ю. Сергеева // Вестник ЗСО РАЕН. –2017. – № 20. С. 139.

#### **УДК 636.082.265**

Влияние генотипа терминальных хряков на продуктивность финального гибрида / А.П. Гришкова, Н.А. Чалова, А.А. Аришин // Вестник ЗСО РАЕН. – 2017. – № 20. С. 144.

Изучено влияние терминальных двухпородных хряков на продуктивность четырехпородного финального гибрида. Отмечена тенденция к повышению массы гнезда в возрасте 21 и 30 дней у гибридов с генотипом терминальных хряков  $\frac{1}{2}$  дюрок +  $\frac{1}{2}$  пьетрен в сравнении с аналогами от обратного скрещивания –  $\frac{1}{2}$  пьетрен +  $\frac{1}{2}$  дюрок. Получены равнозначные результаты откормочных качеств гибридного молодняка от помесных хряков, в то же

время у потомства помесных хряков  $1/2$  пьетрен +  $1/2$  дюрок мясные качества несколько выше. Табл. 5. Библ.4.

The effect of the two terminal breed boars on the productivity of the final four rock hybrid. There was a trend to an increase in weight of the nest at the age of 21 and 30 days in hybrids with genotype Duroc terminal sires  $1/2$  +  $1/2$  Pietrain compared to similar products from backcross -  $1/2$  +  $1/2$  Duroc Pietrain. Obtain equivalent results fattening qualities of hybrid calves from crossbred boars, while offspring sired crossbred  $1/2$  +  $1/2$  Duroc Pietrain meat quality is slightly higher. Tab. 5. Ref. 4.

#### **УДК 631.6.02**

Почвозащитная обработка почвы в Кузнецкой котловине / В.М. Самаров// Вестник ЗСО РАЕН. –2017. – № 20. С. 150.

#### **УДК 636.4.084**

Переваримость питательных веществ ремонтных свинок при использовании иммунонутриентов в их рационе/ С.Н. Рассолов, С.Н. Витязь // Вестник РАЕН (ЗСО). - 2017.-№20. С.153.

В опыте, проведенном на молодняке свиней, показано, что однократное введение препарата седимин на фоне пробиотика Сиб Мос ПРО в условиях дефицитного рациона по селену и йоду, положительно сказалось на повышении переваримости питательных веществ в их рационе. Так, коэффициенты переваримости сухого вещества были выше 2,80 %, органического вещества повысились на 1,77 %, коэффициенты переваримости сырого протеина были выше на 1,61 %, сырого жира на 1,88 %, сырой клетчатки на 3,30 %, Б.Э.В. на 1,21 %. Табл. 2. Библ. 3.

In the experience spent on young growth of pigs, it is shown that unitary introduction of a preparation sedimin against probiotic Sib Mos the conditions of a scarce diet on selenium and iodine, has positively affected increase nutrients in their diet. So, factors solid were above 2,80 %, organic substance have raised on 1,77 %, factors a crude protein were above on 1,61 %, crude fat on 1,88 %, a crude cellulose on 3,30 %, B. Э.В. on 1,21 %. Tab. 2. Ref. 3.

#### **УДК 635. 656 : 631.5**

Биологическая составляющая технологии возделывания гороха и её экологическая оценка / С.И. Рудакова // Вестник РАЕН (ЗСО). 2017. - № 20. С.156.

Приведены результаты полевого опыта биологической составляющей технологии возделывания гороха, где в качестве экологической оценки рассматриваются вопросы влияния предшественников и сроков посева на степень повреждения сортов гороха клубеньковыми долгоносиками и урожайность в условиях Кемеровской области. Результаты проведенных исследований показывают, что клубеньковые долгоносики вредоносны в фазы



всходы – формирование и рост стебля – ветвление, где степень повреждения на 1-ых сроках посева (10-15 мая) составила 66,7 %, на 2-ых сроках (20-25 мая) - 33,3 % и на 3-их сроках (5 июня) - 11,7 %, где отмечается спад численности в 3,5 раза. Максимальный урожай зерна получен у сорта Саламанка по предшественнику однолетние травы (рапс), который составил 2,2 т/га, что на 0,7 т/га больше районированного сорта Ямальский, принятого за стандарт. Рис.3. Табл. 1 Библ. 6.

The results of a field experiment biological component of the technology of cultivation of peas, where the environmental assessment examines the effect of predecessors and sowing time on the degree of damage to varieties of pea root nodule weevils and yield in the conditions of Kemerovo region. The results of these studies show that the pea weevils malicious in phase of germination – the formation and growth of stem – branching, where the degree of damage on the 1st sowing (10-15 may) was 66.7 %, 2-s time (20-25 may) - 33,3 % 3rd period (5 June), at 11.7 %, where there is a decrease in the number of 3.5 times. The maximum grain yield obtained from varieties of Salamanca in the predecessor annual grasses (raps), which was 2.2 t/ha 0.7 t/ha more released varieties Yamal, adopted as a standard. Fig.3. Table. 1 Ref. 6.

**УДК 614.2:371**

**ББК 51+74**

О внедрении в г. Новокузнецке комплексной муниципальной целевой программы «образование и здоровье» / В.В. Захаренков, И.В.Вибляя // Вестник ЗСО РАЕН. –2017. – № 20. С. 161.

Обозначены этапы внедрения мониторинга здоровья подрастающего поколения в г. Новокузнецке. Указаны основные организации-координаторы инновационных внедрений в системе здравоохранения и образования г. Новокузнецка, реализованных при научном руководстве д.м.н., профессора Захаренкова В.В. Показаны некоторые оценки эффективности проведения мероприятий. Библ. 12.

The implementation stages of monitoring the health of the younger generation in Novokuznetsk are defined. Main organizations-coordinators of the innovative implementations in the system of health and education in Novokuznetsk, realized with the scientific guidance of V.V. Zakharenkov, MD, Professor, are denoted. Some estimates of the efficiency of measure carrying out are shown. Ref. 12.

**УДК 577.4:614**

Определение взаимозависимости между содержанием озона в атмосферном воздухе и содержанием ряда загрязняющих примесей / В.В. Захаренков, Р.А. Голиков, А.М. Олещенко, Д.В. Суржииков, В.В. Кислицына, Т.Г. Корсакова // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2017. – № 20. – С.164.

В работе рассматриваются взаимозависимости и корреляционные связи между концентрациями озона в атмосферном воздухе г. Новокузнецка и

концентрациями загрязняющих веществ, являющихся компонентами промышленных выбросов предприятий металлургического и теплоэнергетического комплексов, а также угольной и строительной индустрий. Также в работе приведены индексы сезонности колеблемости концентраций озона в воздушном бассейне промышленного центра. Табл. 2. Библ. 5.

The paper discusses the interdependencies and correlations between ozone concentrations in atmospheric air in Novokuznetsk and the concentrations of the pollutants which are the components of industrial emissions of the metallurgical and thermal power complexes, as well as coal and construction industries. The paper also describes the seasonality indices in the variability of ozone concentrations in the air of an industrial center. Tab. 2. Ref. 5.

### **УДК 614.1:314.1**

Опыт многомерного статистического анализа в медико-демографических исследованиях / Ю.А. Григорьев, О.И. Баран // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2017. – № 20. – С.169.

В статье рассматривается опыт многомерного статистического анализа в медико-демографических исследованиях. В качестве позитивного примера приведено его использование для учета влияния факторов окружающей среды на смертность населения. В данном исследовании были использованы приемы, позволяющие выявить величину эффекта запаздывания результирующего показателя от момента воздействия вредных факторов. Логлинейный анализ применен для проверки гипотез о характере и количественной оценке влияния отдельных факторов на смертность населения. Многомерная территориальная типология элиминационных резервов продолжительности жизни позволила обосновать некоторые социально-экономические привилегии для отдельных территорий Сибири, в том числе в области оплаты труда. Библ. 23.

The paper deals with the experience of the multidimensional statistical analysis in medical and demographic researches. As a positive example, its usage to account for the influence of environmental factors on the population mortality was given. In this study, we used the techniques which allow identifying the magnitude of the time lag effect of the resulting value from the time of the exposure to adverse factors. Log-linear analysis was used for testing hypotheses about the nature and quantitative evaluation of the influence of separate factors on the population mortality. Multidimensional territorial typology of elimination reserves of life expectancy allowed substantiating some socioeconomic benefits for the individual regions of Siberia including in the field of wage. Ref. 23.

### **УДК 614.2:364.422**

Семейная политика и материнский капитал как меры воздействия на рождаемость в России / Ю.А. Григорьев, О. И. Баран // Вестник ЗСО РАЕН. – 2017. – № 20. С. 173.

В статье рассматриваются семейная политика и материнский капитал как способы воздействия на низкий уровень рождаемости в России. Государство, а также иные социальные институты могут и должны регулировать деформированные функции семьи с помощью экономических, правовых и пропагандистских мер влияния. На рождаемости они сказываются слабо и непродолжительно. Обращается внимание на цивилизационный, культурологический аспект воздействия на семью, который несет в себе глубинную нравственную основу жизни. Библ. 17.

The paper discusses the family policy and maternal capital as a means of the influence on low birth rate in Russia. The state as well as other social institutions can and should regulate the deformed functions of the family through economic, legal and propaganda measures of influence. They affect weak and short-lived on birth rate. The attention is drawn to the civilizational, culturological aspect of the impact on the family, which carries a deep moral basis of life. Ref.17.

### **УДК 614.2:364.422**

Новые меры поддержки семей с детьми на региональном уровне / Григорьев Ю.А., Баран О. И. // Вестник ЗСО РАЕН. –2017. – № 20. С. 181.

Поддержка семей с детьми в виде материнского капитала на федеральном уровне в настоящее время дополняется соответствующими региональными мерами. В статье рассматриваются вопросы, связанные с региональным материнским капиталом и особенностями его использования в Сибирском федеральном округе, единовременные (губернаторские) выплаты при рождении ребенка, ежемесячные пособия при рождении третьего и последующих детей в регионах с неблагоприятной демографической ситуацией. Показаны границы воздействия на рождаемость различных социальных мер поддержки семей с детьми. Библ. 19.

The support for the families with children in the form of the maternity capital at the federal level presently is complemented by the relevant regional measures. The paper deals with the issues related to the regional maternity capital and the peculiarities of its use in the Siberian Federal District, lump sum (governor) payments for childbirth, and monthly allowances for the third and subsequent children in the regions with the unfavorable demographic situation. The limits of the impact on the birth rate of different social support measures of the families with children have been shown. Ref. 19.

### **УДК 616**

Клинико-социальные аспекты реабилитации пациентов с цереброваскулярной болезнью в условиях первичного сосудистого отделения / А. А. Короткевич , Е. И. Рыбалко , М. Г. Жестикова , В.Е. Хомичева // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2017. – №20. С. 187.

## **УДК 004.9+902,1+930.1+303.05**

Системная классификация понятия «дифференцированное цитирование»  
/Холюшкин Ю.П. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2017. – №20. С. 195.

В статье предпринята попытка показать некоторые возможности применения метода дифференцированного цитирования для измерения качества и тесноты связей научных школ и характеристик так называемых «незримых колледжей». Важнейшим достоинством этого показателя является то, что качество цитирования находится в непосредственной связи с научным уровнем референтной публикации. Рис. 2. Табл. 1. Библ. 15.

The article attempts to show some of the features of the measuring differential method citation on quality and closeness of relations of scientific schools and the characteristics of the so-called "invisible college". The most important advantage of this indicator is that the quality of the citation is in close connection with the scientific level of the reference publication. Fig. 2. Tab. 1. Ref. 15.

## **УДК 327**

15 лет денонсации договора ПРО и современное состояние российско-американского ракетно-ядерного противостояния Эпштейн В. А., Гаспарян А.А.  
// Вестник РАЕН (ЗСО). – 2017. – №20. С. 201.

*Научное издание*

ВЕСТНИК  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК  
ЗАПАДНО–СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Выпуск 20, 2017 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 03.10.2017 г. Формат бумаги 60×84 1/8. Бумага писчая.  
Печать офсетная. Усл. печ.л. 13,32. Уч.–изд.л. 14,89. Тираж 300 экз. Заказ № 469

Отпечатано в  
Издательском центре  
Сибирского государственного индустриального университета