АГЗК + АТ «АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо»
МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 4 (73) 2013 г. **Издается с января 2002 г.** **Периодичность – ежемесячно**

Журнал включён в Перечень изданий ВАК Минобрнауки РФ

СОДЕРЖАНИЕ

Ерохов В.И.
Топливная аппаратура газобаллонного автобуса ЛиАЗ-529271 для работы на КПГ . . . 3
Матюхин Л.М.
Предварительное прогнозирование показателей двигателя при его переводе на газообразное топливо, а также при использовании рециркуляций . . . 14
Ожегов Д.Л.
Развитие рынка газобаллонных автомобилей КамАЗ и газомоторного топлива . . . 19
"Газпром" приведет работу по газификации российского автотранспорта в единую систему . . . 20
"Газпром" завершил разработку обоснования инвестиций в проект Владивосток-СПГ . . . 21
Газовые машины и заправки в Санкт-Петербурге . . . 22
КамАЗ анонсировал создание электромобиля и "беспилотника" . . . 23
Россия-2012: почти полная победа на газовом рынке . . . 24
Возобновляемая энергетика для регионов . . . 26
150-летию со дня рождения В.И. Вернадского посвящается . . . 29
Указ Президента от 21 августа 2012 г.. . . . 29
Ревякин А.И.
Имя В.И. Вернадского обязывает . . . 30
Сухорукова С.М.
Учение В.И. Вернадского о биосфере – основа экологически устойчивой и эффективной экономики . . . 31
Совет по изучению производительных сил основан в 1915 г. В.И. Вернадским . . . 33
Гонопольский А.М.
Экологические аспекты этногенезиса . . . 35
Лукьянов О.В.
Геодинамический мониторинг основных сооружений компрессорного цеха магистрального газопровода . . . 49
Буковский Е.
Династия Вернадских на Тамбовщине . . . 52
"Приютинское братство" . . . 53
Сад его мечты . . . 55

Учредитель –
ООО "Издательство Машиностроение"

Главный редактор
В.Ф. Третьяков – академик РАИН, д-р хим. наук, профессор

Зам. главного редактора
Н.В. Нефёдова

Председатель редакционного совета
В.Ф. Корнюшко – д-р техн. наук, Заслуженный деятель науки и техники РФ

Состав редакционного совета:
д.т.н. **С.П. Горбачев** (ООО "ВНИИГАЗ", г. Москва)
член-корр. АН РТ **Г.С. Дьяконов** (Респ. Татарстан, г. Казань)
д.т.н. **Н.А. Иващенко** (МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва)
д.т.н. **Н.Г. Кириллов** (ООО "ИИЦ Стирлинг-Технологии", г. Санкт-Петербург)
д.т.н. **Г.К. Лавренченко** ("УА-СИГМА", Украина)
член-корр. НАН **Ю.Н. Литвишков** (Азербайджан, г. Баку)
академик НАН **И.И. Лиштван** (Беларусь, г. Минск)
академик РАЕН **С.В. Мещеряков** (МИНГП, г. Москва)
д.э.н. **А.В. Николаенко** (МГТУ МАМИ, г. Москва)
О.Н. Румянцева (ООО "Издательство Машиностроение")
д.х.н. **Р.М. Талышинский** (РАН ИНХС, г. Москва)
академик НАН РК, **Е.М. Шайхутдинов** (Респ. Казахстан, г. Алматы)

Редакторы:
М.И. Бирюков
О.А. Филоретова

Компьютерная верстка
С.А. Жиркина

Адрес и телефон редакции:
107076, г. Москва, Стромынский пер., д. 4
Тел. 8 (499) 268-41-77
E-mail: info.agzk-at@mashin.ru
mashpubl@mashin.ru
www.mashin.ru

Подписано в печать 27.03.2013 г.
Формат 60×88 1/8. Бумага мелованная.
Усл. печ. л. 6,86.
Отпечатано в ООО "Белый ветер", 115407, г. Москва, Нагатинская наб. д. 54, пом. 4

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индексы по каталогам): "Роспечать" – инд. **84180**; "Пресса России"– инд. **39543**; "Почта России" – инд. **10044**

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). **Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77–48491**

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале "АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо", допускаются со ссылкой на источник информации и только с разрешения редакции.

© Издательство "Машиностроение", "АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо", 2013

АГЗК + АТ «AutoGas Filling Complex + + Alternative fuel»
AN INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL MAGAZINE

№ 4 (73) 2013 г. **Published from January, 2002** **Periodicity – monthly**

A magazine is plugged in List of editions of VAK Minobrnauki Russian Federation

CONTENTS

Erokov V.I.
The fuel equipment of the gas cylinder LIAZ-529271 bus for work on KPG 3
Matiuhin L.M.
Preliminary forecasting of indicators of the engine at its transfer to gaseous fuel, and also when using recirculation 14
Ojegov D.L.
Development of the market of gas cylinder cars KAMAZ and gas motor fuel . . 19
"Gazprom" will bring work on gasification of the Russian motor transport into uniform system 20
"Gazprom" finished development of justification of investments into the Vladivostok LNG project 21
Gas cars and gas stations in St. Petersburg 22
KAMAZ announced electric car and "UAV" creation 23
Russia-2012: almost clear victory in the gas market 24
Renewable power for regions 26
To the 150 anniversary since the birth of V.I. Vernadsky it is devoted 29
Decree of the President of August 21, 2012 29
Revyakin A.I.
Name of I.V. Vernadsky obliges 30
Suhorukov S.M.
Doctrine of Century. And Vernadsky about the biosphere – a basis of ecologically steady and effective ecoriomy 31
Council on studying of productive forces is founded in 1915 by V.I. Vernadsky 33
Gonopolsky A.M.
Ecological aspects of ethnogenesis 35
O.V. Luk'yanov
Geodynamic monitoring main structures of the pipeline compressor plant 49
Bukovsky E.
Dynasty Vernadsky on Tambov region 52
Priyutinsky brotherhood 53
Garden of his dream 55

Founder –
LLC "Publishers Machinostroenie"

Editor-in-chief:
V.F. Tretyakov – academician of RAES, doctor of chemical sciences, professor

Deputy editor
N.V. Nefedova

Chairman of the editorial board
V.F. Kornyushko – doctor of technical sciences, honored scientist of the Russian Federation

The editorial board:
doct. of techn. sc. **S.P. Gorbachev** (LLC "VNIIGAZ", Moscow)
corresponding member of the AS RT **G.S. D'yaconov** (Tatarstan Resp., Kazan)
doct. of techn. sc. **N.A. Ivashchenko** (Bauman MSTU, Moscow)
doct. of techn. sc. **N.G. Kirillov** (LLC "IPC Stirling-Technology", St. Petersburg)
doct. of techn. sc. **G.K. Lavrenchenko** ("UA-SIGMA", Ukraine)
corresponding member of the ANAS **Y.N. Litvishkov** (Azerbaijan, Baku)
academician of the NAS **I.I. Lishtvan** (Belarus, Minsk)
academician of the RANS **S.V. Meshcheryakov** (MINGP, Moscow)
doct. of econom. sc. **A.V. Nikolaenko** (MSUME, Moscow)
O.N. Rumyantseva (LLC "Publishers Machinostroenie")
doct. of chem. sc. **R.M. Talyshinsky** (TIPS RAS, Moscow)
Academician of the NAS RK **E.M. Shaikhutdinov** (Kazakhstan Resp., Almaty)

Editors:
M.I. Biryukov
O.A. Filoretova

Computer Design
S.A. Zhirkina

Address and phone edition:
107076, Moscow, Stromynsky per., building 4
Tel: 8 (499) 268-41-77
E-mail: info.agzk-at@mashin.ru
mashpubl@mashin.ru
www.mashin.ru

The magazine is distributed by subscription, which can be obtained at any post office (directory indexes): "Rospechat" – ind. **84180**, "The Russian Press" – ind, **39543**, "Mail of Russia" – ind. **10044**

The magazine is registered with the Federal agency for Supervision of Communications, Information Technology and Communications (Roskomnadzor), **Registration certificate PI N FS77–48491**

Reprint is possible only with the reference to the journal "Autogas filling complex + alternative fuel"

© "Mashinostroenie Publishers", "Autogas filling complex + alternative fuel", 2013

ТОПЛИВНАЯ АППАРАТУРА ГАЗОБАЛЛОННОГО АВТОБУСА ЛИАЗ-529271 ДЛЯ РАБОТЫ НА КПГ

В.И. Ерохов, профессор Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ), д-р техн. наук, Заслуженный деятель науки РФ

Приведены конструктивные и функциональные особенности топливной аппаратуры современного газобаллонного автобуса для работы на компримированном природном газе (КПГ). Изложены особенности конструкции и принцип действия топливной аппаратуры и основных ее компонентов. Приведена оценка технической, социально-экономической и экологической эффективности системы питания на КПГ.

Ключевые слова: компримированный природный газ, газобаллонный автобус, топливная аппаратура, одноступенчатый редуктор, газовый смеситель, газовый баллон, электромагнитный клапан впуска газа, система управления, система зажигания, эффективность системы питания КПГ.

THE FUEL EQUIPMENT OF THE GAS CYLINDER LIAZ-529271 BUS FOR WORK ON KPG

V.I. Yerokhov, Professor of the Moscow State Engineering University (MAMI), PhD, Honored Worker of Science

Are structural and functional features of the modern equipment tollivnoy LPG buses to run on compressed natural gas (CNG). Features of the design and function of the fuel system and its key components.The assessment of the technical, social, economic and environmental efficiency of the supply of CNG.

Keywords: compressed natural gas, gas-cylinder bus, fuel equipment, single reduction, gas mixer, gas, gas inlet solenoid valve, control system, ignition system, the efficiency of the power supply system of CNG.

Пассажирский автомобильный транспорт страны в последние годы существенно обновился газобаллонными автобусами нового поколения ЛиАЗ-529271, оснащенными газовыми двигателями E0S36LOHO1 фирмы "MAN". Газовая аппаратура имеет ряд оригинальных технических решений, разработанных ведущей европейской фирмой "MAN". В крупных центрах страны фирма "MAN" создала сервисные центры для обслуживания газобаллонных автобусов.

Московский государственный машиностроительный университет "МАМИ" является ведущим высшим учебным заведением в области подготовки специалистов в области применения газомоторного топлива на автомобильном транспорте. МГМУ "МАМИ" располагает необходимым учебно-методическим обеспечением в области применения газомоторного топлива на АТ, лабораторно-производственным комплексом (переоборудование базовых автомобилей в газобаллонные), нормативно-технической и учебной литературой и укомплектован квалифицированными специалистами в данной области. В Московском государственном машиностроительном университете "МАМИ" накоплен многолетний опыт подготовки отечественных и зарубежных специалистов в данной области. Университет располагает лицензией в области подготовки специалистов газомоторного комплекса.

В соответствии с договором Московского государственного машиностроительного университета "МАМИ" и Компанией ООО "МАН ТРАК Энд БАС РУС" в 2012 г. проведено обучение целевой группы специалистов Компании.

Актуальность обучения специалистов обусловлена тем, что в ближайшее время отечественный автотранспортный рынок будет существенно пополнен газобаллонными автобусами ЛиАЗ-529271 нового поколения.

Целью данной работы является повышение квалификации специалистов фирмы "MAN" для адаптации газобаллонных автобусов к российским условиям производства и успешной их эксплуатации на автотранспортном рынке России.

Ответственные специалисты Компании ООО "МАН ТРАК Энд БАС РУС" представили информацию о законодательстве в области обслуживания и ремонта транспортных средств в Германии, изложили общую информацию о совместных работах с автобусным заводом "ЛиАЗ" и путях эффективной адаптации их продукции – газобаллонного автобуса "ЛиАЗ-529271" на российском рынке. Для слушателей была разработана программа тренинга и подготовлен раздаточный материал с учетом особенностей газобаллонного автобуса нового поколения.

Конструктивные особенности газобаллонного автобуса в значительной степени предопределяют эффективность применения КПГ. Современная газобаллонная установка транспортного двигателя при работе на КПГ содержит комплекс необходимого оборудования и функциональных приборов. Принципиальная схема газобаллонного автобуса ЛиАЗ-529271 для работы на КПГ [1, 2], оборудованного газовым двигателем E0S36LOHO1 фирмы "MAN", приведена на рис. 1.

Газобаллонная установка содержит кассету *11* из восьми баллонов *8*, установленную на крыше автобуса на опорной раме, к которой приварены кронштейны для крепления баллонов и маневровый газовый баллон *10*. Газовые баллоны и опорная рама закрыты декоративными щитами. Газовые баллоны *8* соединены

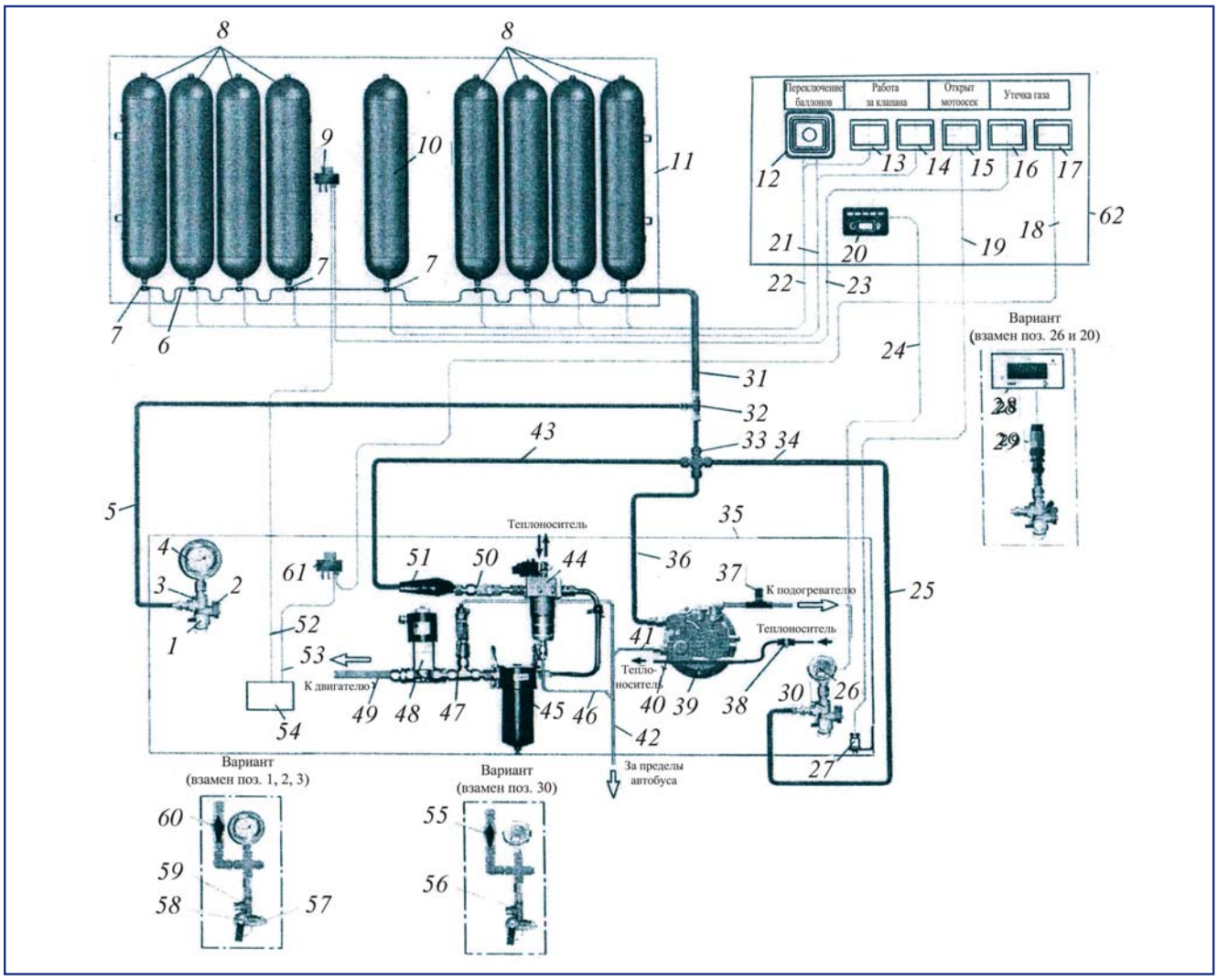


Рис. 1. *Принципиальная схема системы подачи КПГ современного автобуса ЛИАЗ–MAN:*
1 – заглушка заправочного устройства; *2* – кран заправочного устройства; *3*, *32* – заправочное устройство; *4* – манометр; *5* – заправочная магистраль высокого давления; *6* – соединительный трубопровод высокого давления; *7* – запорное устройство баллона; *8* – основные баллоны; *9* – датчик наличия газа; *10* – маневровый баллон; *11* – кассета газовых баллонов (на крыше автобуса); *12* – переключатель основных баллонов – маневровый баллон; *13*, *14* – контрольная лампа работы основных и дополнительного баллона; *15* – сигнальная лампа – (мотоотсек открыт); *16*, *17* – сигнальная лампа – (утечка газа); *18* – впускной трубопровод; *19* – расходомер воздуха; *20* – индикатор давления; *21*, *22*, *23*, *24* – электрическая цепь; *25* – трубопровод высокого давления; *26* – манометр; *27* – концевой выключатель; *28* – электронный манометр; *29* – датчик давления; *30* – заправочное устройство; *31* – трубопровод высокого давления; *32* – штуцер; *33* – крестовина; *34* – заправочный трубопровод; *35* – моторный отсек автобуса; *36* – газовый трубопровод; *37* – электромагнитный клапан; *38* – термостат; *39* – редуктор линии подогрева; *40* – трубопровод теплоносителя; *41* – трубопровод; *42* – дренажный канал; *43* – газопровод; *44* – одноступенчатый редуктор высокого давления; *45* – фильтр низкого давления; *46* – трубопровод; *47* – предохранительный клапан; *48* – электромагнитный клапан низкого давления; *49* – трубопровод; *50* – фильтр высокого давления; *51* – запорный кран; *52* – цепь; *53* – цепь; *54* – блок управления двигателя; *55* – шаровой кран; *56* – заправочное устройство; *57* – рукоятка; *58* – пробка; *59* – заправочное устройство; *60* – шаровой кран; *61* – датчик наличия газа; *62* – приборы контроля и управления

между собой при помощи трубопроводов 6 высокого давления. Кассета через запорные вентили *7* и трубопровод высокого давления *31* и крестовину *33* связана с газовой аппаратурой, находящейся в моторном отсеке *35*, с помощью магистрального трубопровода высокого давления.

Газовая аппаратура автобуса содержит заправочный узел *2* газовой магистрали, совмещенной с наполнительными средствами АГНКС.

Основные технические данные газового двигателя E0S36LOHO1

Номинальная мощность, кВт/л.с	206/280
Номинальная частота вращения, мин$^{-1}$	2200
Максимальный крутящий момент вращения при частоте вращения, Нм/мин$^{-1}$	1000/900...1900
Минимальное число оборотов холостого хода, мин$^{-1}$	550 ± 50
Максимальное число оборотов холостого хода, мин$^{-1}$	2250
Порядок зажигания	1–5–3–6–2–4
Давление газа на выходе редуктора, кПа (кгс/см^2)	700 (7)
Зазоры клапанов, мм:	
впускного	0,6
выпускного	0,6
Зазор свечи зажигания, мм	0,43
Степень сжатия	11:1
Рабочий объем, л	6,87
Ход поршня, мм	125
Диаметр поршня, мм	108

Двигатель выполнен однотопливным и предназначен для работы только на компримированном природном газе. В двигателе применены современные технические решения, обеспечивающие выполнение экологических норм Евро-5 (EEV). Высокая степень сжатия позволила реализовать потенциальные свойства газового топлива.

Двигатель E0S36LOHO1 фирмы MAN – газовый, четырехтактный, с внешним смесеобразованием, с искровым зажиганием топливной смеси, с турбонаддувом, с водяным охлаждением. Двигатель работает только на сжатом природном газе. В системе выпуска отработавших газов установлен каталитический нейтрализатор, снижающий вредные выбросы в атмосферу. По экологическим характеристикам двигатель соответствует требованиям Евро-5 (EEV).

Газовая топливная аппаратура включает оборудование для заправки и хранения газа на борту автобуса *11*, систему питания, размещенную в моторном отсеке *35* двигателя и систему управления и контроля *62*.

Оборудование для заправки и хранения газа включает две группы основных баллонов *8* по четыре баллона в каждой группе, обеспечивающих транспортную работу газобаллонного автобуса. Система снабжена дополнительным баллоном *10*, называемым маневровым. Баллон *10* используется для въезда в помещение и передвижения по территории предприятия. Он также обеспечивает возможность доехать до автобусного парка или автосервиса в случае повреждения основных баллонов или недостаточном давлении газа в них.

На каждом баллоне установлен вентиль с обратным клапаном, пропускающим газ в одном направлении – в баллон. Открытие клапана на выход газа из баллона осуществляется принудительно с помощью электромагнита. Вентиль содержит дополнительный клапан, открываемый и закрываемый вручную (в аварийных случаях, при ремонте и обслуживании).

Для заправки газа на автобусе имеются два равноценных заправочных устройства *2* и *30*, обеспечивающих удобство заправки автобуса на АГНКС. Основные баллоны установлены на крыше автобуса. Маневровый баллон может устанавливаться как на крыше, так и под полом автобуса. Оборудование для предварительной подготовки газа включает запорные, фильтрующие и регулирующие устройства.

В линии подачи газа к двигателю установлены: запорный кран *51*, фильтр высокого давления *50*, одноступенчатый редуктор высокого давления *44* с запорным электромагнитным клапаном высокого давления, фильтр низкого давления *45*, предохранительный клапан *47* и электромагнитный клапан низкого давления *48*.

В линии подачи газа к жидкостному подогревателю установлен редуктор *39* с двумя электромагнитными клапанами и электромагнитный клапан *37*. Оборудование для подготовки газа установлено в моторном отсеке автобуса.

Приборы управления и контроля, установленные на щитке приборов в кабине водителя, содержат индикатор давления *20*. В качестве варианта может быть установлен электронный манометр *28*, переключатель *12* "основные баллоны – маневровый баллон", две контрольные лампы *13* и *14*, показывающие, от каких баллонов питается в данный момент двигатель или жидкостный подогреватель – от основных или от маневрового – сигнальная лампа *15* "Открыт мотоотсек", две сигнальные лампы *16* и *17* "Утечка газа", сигнализирующие о наличии газа в отсеке баллонов (на крыше) и в мотоотсеке.

К приборам контроля относятся также манометр *4* и манометр с датчиком *26*, установленные на заправочных устройствах. По этим манометрам контролируется давление газа при заправке.

В кабине водителя установлен щиток с переключателем режимов работы, сигнальной лампой и преобразователем напряжения, связанным электрической цепью с аккумуляторной батареей.

Одноступенчатый редуктор *44* понижает давление газа с 20,0 до 0,7 МПа. Редуктор высокого давления газа содержит входной и выходной штуцер подачи и расхода газа, датчик давления газа в баллоне, электромагнитный запорный клапан высокого давления и предохранительный механический клапан избыточного давления. Редуктор газа установлен в мотор-

ном отсеке. В корпусе редуктора размещена подвижная шайба с мембраной, дозатор газа в виде поршня, нагруженного пружиной, крышка с регулировочным винтом. Редуцирующая система снабжена подвижным поршнем, снабженным штангой и уплотнителем, жестко связанным с мембраной через шток с образованием обратной связи. Поршень нагружен запирающей пружиной. Регулятор давления – механический.

Со стороны входа в редуктор встроен электромагнитный клапан высокого давления, запирающий линию входа при неработающем двигателе. Клапан открывается по сигналу электронного блока управления при пуске двигателя (включении стартера).

При уменьшении давления газа его температура сильно понижается, для предотвращения обледенения редуктор обогревается теплоносителем (от системы охлаждения двигателя).

При отсутствии давления на входе редуктора клапан открыт пружиной, действующей через чувствительный элемент (мембрану). При подаче давления на вход КПГ через редуцирующий клапан поступает на выход и воздействует на чувствительный элемент, сжимая пружину. При достижении определенного значения давление в камере низкого давления отжимает чувствительный элемент пружиной, обеспечивая закрытие клапана. Давление в камере низкого давления зависит от настройки пружины и от характеристики чувствительного элемента. При расходе газа клапан приоткрывается и подпитывает систему питания двигателя. Давление на выходе остается постоянным, независимо от давления на входе. Газ пониженного давления поступает к двигателю.

В процессе расширения газа при редуцировании КПГ с 20 до 0,7 МПа происходит заметное понижение температуры на 70 °С. Наличие в ПГ влаги и углекислоты может привести к замерзанию редуктора и нарушению нормальной работы газового двигателя.

Для предотвращения подобного явления автобус оборудован подогревателем газа, расположенным перед редуктором. Подогреватель представляет собой теплообменник, в котором газ поступает в центральный канал, а теплоноситель – в теплообменный аппарат. Подогреватель состоит из корпуса, теплообменного элемента, патрубков и штуцеров. Входной и выходной патрубки соединены с газовой магистралью.

При работе подогрев КПГ, поступающего через канал, осуществляется за счет теплоты охлаждающей жидкости, циркулирующей в системе охлаждения двигателя.

Баллонный вентиль представляет собой запорное устройство, основными элементами которого являются обратный клапан, ручной клапан с маховичком, скоростной и предохранительный клапан. Обратный клапан нормально закрыт усилием пружины и давлением газа в баллоне. Он запирает выход газа из баллона, если давление в баллоне больше давления в системе и на клапан не воздействует электромагнит (на электромагнит не подано напряжение). При подаче напряжения (при включении стартера) электромагнит открывает обратный клапан, преодолевая усилие пружины. Клапан открывается также при заправке, когда давление, подводимое от заправочной станции, больше остаточного давления в баллоне.

Ручной клапан нормально открыт и закрывается вручную маховичком только в аварийных случаях.

Скоростной клапан ограничивает поток при стравливании газа из баллона (например, для консервации автобуса), а также при негерметичности обратного клапана.

Предохранительный клапан ограничивает давление в системе низкого давления. Он открывается при давлении 1 МПа и сбрасывает газ в атмосферу по дренажной линии, выведенной наружу. Предохранительный клапан предотвращает неконтролируемое повышение давления в баллоне в аварийных случаях путем сброса газа в атмосферу.

Электромагнитный клапан низкого давления расположен после редуктора и предназначен для прерывания подачи газа к смесителю и клапанам впуска при остановке двигателя. Основными элементами электромагнитного клапана являются клапан, соленоид и пружина. При обесточенном соленоиде мембрана клапана прижата к седлу пружиной. Одновременно с подачей на соленоид напряжения (при включении стартера) к клапану подводится от редуктора низкое давление газа – 0,7 МПа. Клапан открывается и газ проходит к двигателю.

Запорный кран представляет собой запорное устройство ручного действия. При эксплуатации автобуса кран должен быть постоянно открыт, т.е. рукоятка должна быть направлена вдоль оси. Кран может быть использован при ремонте системы.

Фильтры высокого и низкого давления служат для очистки поступающего к двигателю газа от твердых частиц, паров масла и воды. Фильтр расположен непосредственно за регулятором давления и предназначен для снижения содержания масел в газе и предотвращения залипания клапанов впуска (наддува). В зависимости от содержания масла в системе газоснабжения фильтр должен регулярно обслуживаться. Одновременно объем фильтра демпфирует скачки давления в системе низкого давления.

Газовые баллоны для хранения КПГ рассчитаны на рабочее давление 20 МПа и используются для длительного хранения КПГ. Баллоны подвергаются соответствующим испытаниям и клеймению на заводе-изготовителе и в эксплуатации в соответствии с "Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением". На газовых автобусах "ЛиАЗ" устанавливают облегченные баллоны с одной горловиной, рассчитанные на рабочее давление 19,6 МПа, объемом 50 л. Сравнительные данные по баллонам для КПГ, предназначенных для автомобилей, приведены в табл. 1.

Для размещения баллонов на крыше автобусов наиболее предпочтительными являются сверхлегкие

Таблица 1

Характеристики газовых баллонов для хранения КПГ

Тип баллона	Материал	Удельная металлоемкость (отношение массы баллона к его объему, кг/л)	Рабочее давление, МПа
Тяжелые	Сталь:		
	конструкционная	1,25...1,18	19,6
	легированная	0,86	19,6
Облегченные	Сталь	0,69...0,82	25,0
	Стекловолокно		
Сверхлегкие	Алюминий	0,27...0,34	32,0
	Стекловолокно		

композитные баллоны высокого давления. Ряд зарубежных фирм и отечественные предприятия изготавливают газовые баллоны 66...200 л и массой 23...55 кг. Баллоны для КПГ и их арматура, применяемые на отечественных газобаллонных автобусах, одинаковы по конструкции, но различны по вместимости, габаритным размерам и массе.

Резьбовые соединения газовых баллонов необходимо проверить на герметичность при давлении 20 МПа. Баллоны испытывают на герметичность при полностью открытом и закрытом положениях вентилей с помощью сжатого воздуха, очищенного от масла и механических примесей, или азота методом омыливания или погружения в воду под давлением 20 МПа.

Заправочное устройство (рис. 2) обеспечивает возможность заправки баллонов топливным газом на стационарных или передвижных газонаполнительных станциях (АГНКС или ПАГС). Устройство содержит шаровой кран *5*, размещенный в корпусе *2* и управляемый рукояткой *7*. Заправочное отверстие закрыто пробкой *4*, размещенное в отверстии *3* (рис. 2, *а*). Перед заправкой технологическая пробка *4* вынимается, и в отверстие *3* вставляется наконечник *10* заправочного шланга *11* (рис. 2, *б*).

Пробка выполнена таким образом, что давление газа подводится к кольцевой проточке в корпусе *2* устройства и действует на пробку с одинаковым осевым усилием в обоих направлениях. Это необходимо из условия обеспечения безопасности, так как в противном случае пробку выбивало бы из отверстия. Чтобы этого явления не было при извлечении пробки, отверстие в корпусе выполнено сквозным. Когда при извлечении пробки или заправочного шланга ее торец открывает верхнюю кромку проточки, остаточный газ свободно выходит в атмосферу, предотвращая "выстреливание" пробки.

Принципиальная схема газового смесителя приведена на рис. 2. Смеситель создает необходимое разрежение при работе на малой частоте вращения КВ двигателя, обеспечивает равномерное перемешивание газа и воздуха и совместно с газовым редуктором формирует внешнюю скоростную характеристику двигателя.

Газосмеситель (рис. 3) формирует состав газовой смеси централизованно для всех цилиндров двигате-

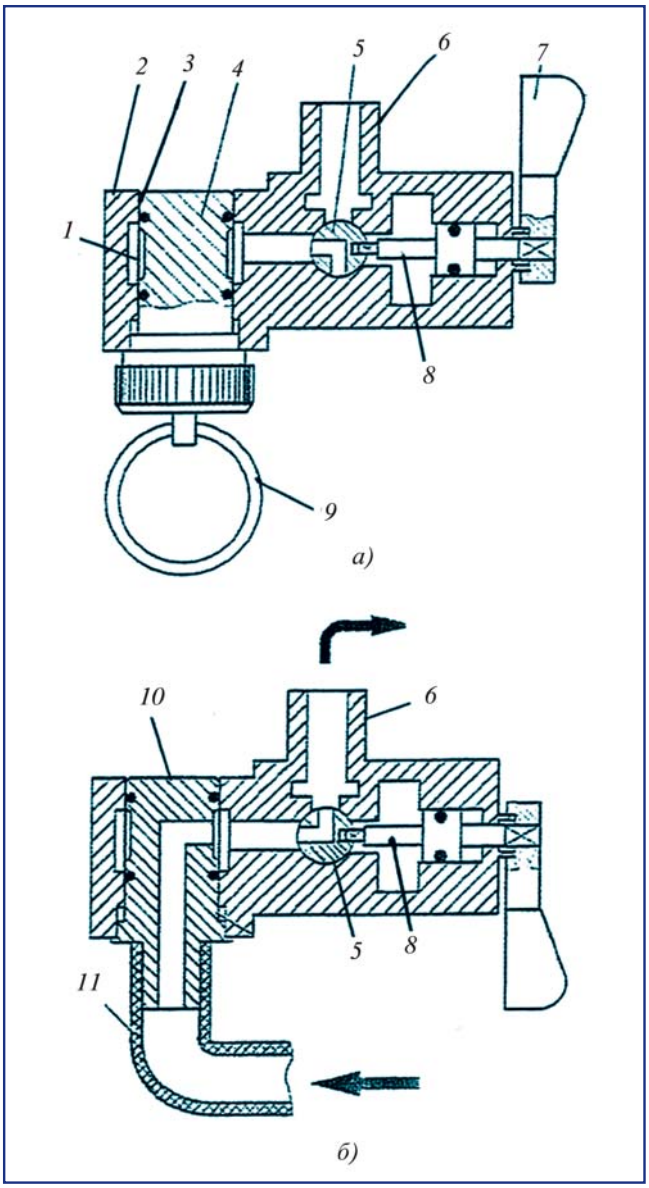


Рис. 2. *Заправочное устройство:*
а – размещение технологической пробки; *б* – размещение заправочного шланга;
1 – кольцевая проточка; *2* – корпус; *3* – отверстие; *4* – технологическая пробка; *5* – шаровой кран; *6* – штуцер подачи газа; *7* – рукоятка; *8* – привод крана; *9* – кольцо; *10* – наконечник заправочного шланга; *11* – заправочный шланг

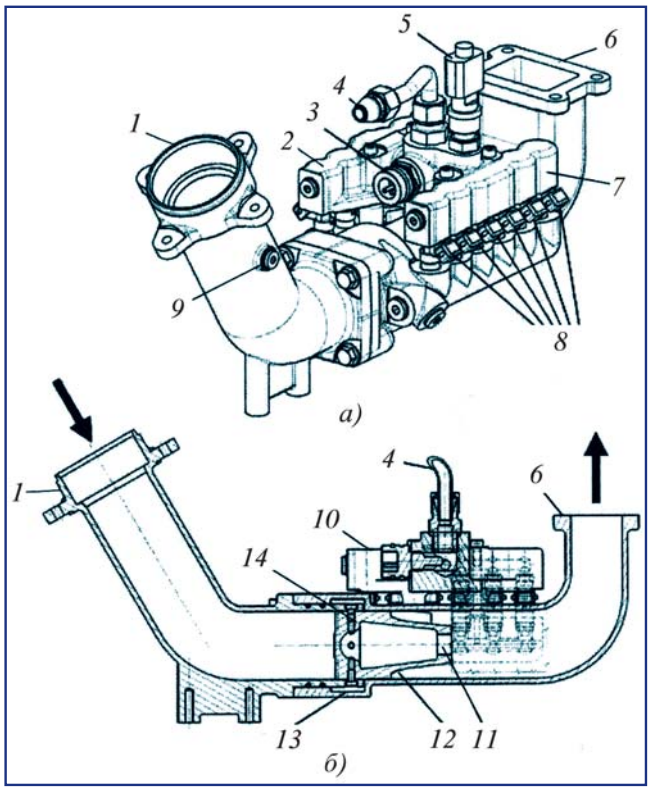


Рис. 3. *Принципиальная схема газового смесителя:*
а – общий вид смесителя; *б* – трубопроводы подачи воздуха и газовоздушной смеси;
1 – трубопровод подачи воздуха; *2*, *7* – топливная рампа; *3* – датчик температуры газа; *4* – штуцер подачи газа; *5* – датчик давления газа; *6* – трубопровод выхода газовоздушной смеси; *8* – электромагнитные клапаны подачи газа; *9* – штуцер; *10* – корпус смесителя; *11* – выходное отверстие плунжера; *12* – плунжер; *13* – кольцевая газовая камера; *14* – канал подачи газа

ля. Газосмеситель расположен в воздушном тракте за дроссельной заслонкой непосредственно перед трубопроводом распределения заряда рабочей смеси (впускным коллектором). Продолжительность прохождения горючей смеси до цилиндров относительно невелика и улучшается приемистость двигателя при динамичном режиме работы.

Смеситель газа содержит корпус *10*, трубопровод подачи воздуха *1* и трубопровод выхода газовоздушной смеси *6* с размещенной между ними кольцевой полостью *13*, плунжер *12* с входным каналом *14* подачи газа и выходное отверстие газа *11*.

В смесителе со стороны впуска газа установлены датчики параметров газа давления *3* и температуры *2*. В смесителе установлены двенадцать клапанов впуска *8*, которые активируются попарно. Газ подают на топливные клапаны под давлением 0,7 МПа, а затем в кольцевую камеру *13*. В дальнейшем газ через кольцевой зазор *13* подмешивается к всасываемому воздуху. В этом месте воздух обтекает корпус плунжера *12* с каплеобразным внешним корпусом, который в зоне кольцевого зазора имеет больший диаметр. Воздушный поток в месте смешивания сильно ускоряется, а затем снова замедляется. Этим достигается однородное смешивание ПГ с воздухом.

Смеситель представляет собой полость со вставленным в него каплеобразным корпусом, снабженным кольцевой вставкой с радиальными отверстиями для подвода газа.

За счет разрежения во впускном трубопроводе ДВС смесь поступает из смесителя в ДВС. Трубопровод подачи воздуха сообщен с каналом подачи воздуха и трубопроводом выхода газовоздушной смеси.

Клапаны впуска (*наддува*). На газовых двигателях в газосмесителе установлены *12* клапанов впуска (наддува) NGI2 фирмы BOSCH. Так как клапаны рассчитаны на напряжение питания 12 В, соответствующие два клапана соединяются последовательно и активируются совместно. Блок управления EGC4 активирует клапаны последовательно.

При полной нагрузке должны пропускаться большие объемы газа, поэтому иногда перекрывают периоды впуска разных пар клапанов.

В обесточенном состоянии клапаны закрыты, а при подаче напряжения открываются.

Газопроводы и соединительная арматура. Трубопроводы высокого давления изготовлены из трубы бесшовной холоднокатаной или холоднотянутой (холоднодеформированная). Соединение газопроводов с переходниками, вентилями и другими элементами газовой аппаратуры осуществляется беспрокладочным ниппельным соединением (рис. 4) типа "врезающееся кольцо" и допускает многократную разборку.

Газовое соединение фирмы LET–LOK, применяемое при монтаже газового оборудования, обеспечивает достаточную герметизацию системы. Возможность утечек минимальна.

Заднее обжимное кольцо *3* радиально обжимается на трубке *1* по направлению к оси, одновременно расправляя переднее обжимное кольцо *4*, которое образует на фитинге плотное торцовое уплотнение. Соединение монтируют путем навертывания гайки вручную, а затем затягивают гаечным ключом на 1–1,25 оборота.

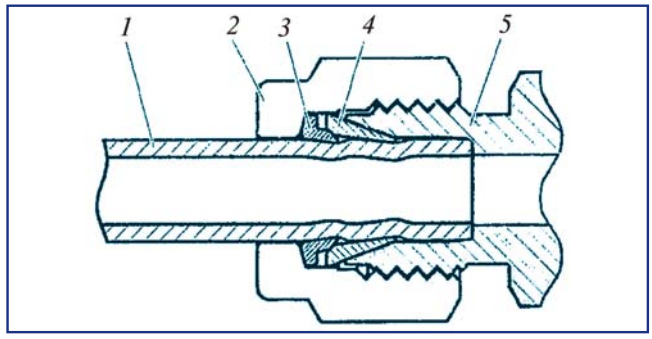


Рис. 4. *Соединение газопроводов:*
1 – трубопровод ; *2* – гайка; *3* – заднее обжимное кольцо; *4* – переднее обжимное кольцо; *5* – штуцер

При затягивании накидной гайки кольцо *2* деформируется и принимает форму внутреннего конического отверстия в штуцере, герметизируя соединение. Одновременно кольцо врезается острой кромкой в стенку трубки, препятствуя ее вырыву из соединения под действием высокого давления.

Перед соединением производится предварительное врезание ниппеля в стенку трубки в сборе с накидной гайкой в специальном технологическом стальном штуцере. Все газопроводы от баллонов до редуктора высокого давления выполнены из стальных толстостенных трубок *3* с наружным диаметром (10±0,15) мм и толщиной стенки 2 мм.

В процессе сборки газовой магистрали концы трубки длиной 13...15 мм следует очистить от краски или антикоррозийнного покрытия. Трубка должна быть вставлена в отверстие до упора. Момент затяжки накидной гайки в процессе предварительного врезания кольца должен быть 40...50 Н·м. После предварительного врезания проверьте состояние ниппельного соединения. Гайки не должны иметь трещин и других повреждений. Установка на автомобиль трубопроводов с нарушением данных требований, предварительная пайка припоем кольца и развальцовка концов трубок не допускаются.

Система питания, размещенная непосредственно на двигателе, приведена на рис. 5.

В двигателе MANE0836LOH01 системы питания воздухом и выпуска ОГ взаимосвязаны функционально и конструктивно.Элементами систем являются воздушный фильтр, двухступенчатый турбокомпрессор, охладитель наддувочного воздуха, впускной и выпускной коллекторы двигателя, глушитель с системой нейтрализации ОГ.

Система питания воздухом предназначена для очистки поступающего в двигатель воздуха от пыли, сжатия, охлаждения и распределения по цилиндрам. Система содержит датчик температуры входящего воздуха и датчик разрежения, размещенных во впускном трубопроводе.

Газовый смеситель снабжен электромагнитными высокоскоростными форсунками *13*, сообщенными

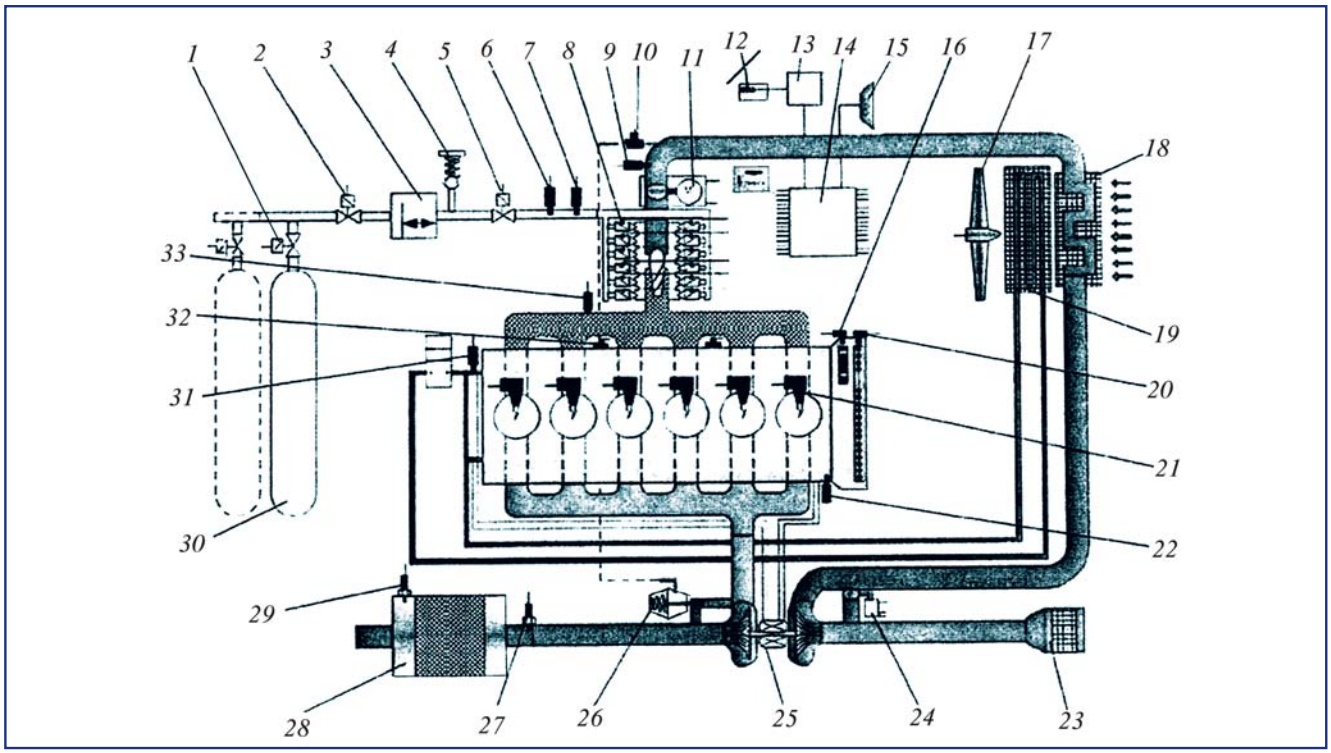


Рис. 5. *Система питания двигателя газом:*
1 – вентиль; *2* – электромагнитный клапан высокого давления; *3* – редуктор; *4* – предохранительный клапан; *5* – электромагнитный клапан низкого давления; *6* – датчик давления; *7* – датчик температуры; *8* – смеситель с клапанами впуска; *9* – датчик давления наддувочного воздуха и датчик температуры воздуха для турбокомпрессора; *10* – пропорциональный перепускной клапан ОГ; импульсный клапан; *11* – дроссельная заслонка; *12* – педаль подачи топлива; *13* – блок управления автобуса (FFR); *14* – блок управления двигателя (EGC4); *15* – разъем ODD; *16* – датчик частоты вращения распределительного вала; *17* – датчик частоты вращения коленчатого вала; *18* – охладитель наддувочного воздуха; *19* – радиатор; *20* – датчик частоты вращения коленчатого вала; *21* – модуль зажигания; *22* – датчик давления масла; *23* – воздушный фильтр; *24* – циркуляционный клапан с осевым перемещением; *25* – компрессорная секция турбокомпрессора; *26* – перепускной клапан турбокомпрессора; *27* – широкополосный кислородный датчик (лямбда-датчик) перед катализатором; *28* – глушитель с катализатором; *29* – кислородный датчик за катализатором; *30* – баллоны; *31* – датчик температуры охлаждающей жидкости; *32* – датчик детонации; *33* – датчик давления во впускном трубопроводе и датчик давления

электрической цепью с ЭБУ. Электромагнитные форсунки предназначены для распределенного фазированного впрыскивания газового топлива в цилиндры двигателя.

Впускной трубопровод снабжен газовым дозатором, воздушной заслонкой с датчиком положения, датчиком температуры и датчиком абсолютного давления воздуха. Газовый смеситель обеспечивает необходимое соотношение газовоздушной смеси в зависимости от режима работы двигателя.

Воздухозаборник расположен на крыше в задней части автобуса с левой стороны. Из него по воздуховоду воздух поступает в воздушный фильтр. Очищенный воздух по шлангу поступает в компрессорную секцию 7 турбокомпрессора (к рабочему колесу компрессора). Сжатый в турбокомпрессоре воздух подается по трубопроводу в радиатор охладителя наддувочного воздуха, размещенный в блоке радиаторов, с выхода которого по трубопроводу поступает во впускной коллектор двигателя и из него – в цилиндры двигателя. Охладитель наддувочного воздуха повышает эффективность сжигания топлива, в результате чего снижается расход топлива и повышается мощность двигателя. Охладитель выполнен в виде дополнительного радиатора, который устанавливается перед радиатором системы охлаждения и охлаждается потоком 5 воздуха, создаваемого вентилятором 14.

Воздух, проходя через фильтр производства MAN, достигает высокой степени очистки. В ходе эксплуатации пыль оседает на бумаге фильтрующего элемента, который со временем загрязняется, что приводит к увеличению разрежения воздуха в трубопроводе позади фильтра. О загрязнении фильтра сигнализирует индикатор засоренности. Индикатор засоренности позволяет вовремя выполнять обслуживание фильтра независимо от условий эксплуатации автобуса.

Пропорциональный перепускной клапан отработавших газов регулирует давление наддувочного воздуха. Через клапан часть отработавших газов сбрасывается в выпускную трубу, минуя турбинную секцию турбокомпрессора. Клапан управляется давлением наддувочного воздуха (по линии обратной связи), а также электронным блоком двигателя. С изменением давления перед турбиной турбокомрессора меняется ее скорость и, соотвественно, скорость компрессорного колеса и давление наддува.

Циркуляционный клапан создает связь между напорной стороной компрессора (наддувочная труба между компрессором и дроссельной заслонкой) и стороной всасывания компрессора, предотвращая явление так называемого "помпажа".

При быстром сбросе нагрузки, например при переходе с полной нагрузки в режим холостого хода, нужно быстро уменьшить количество подаваемого в двигатель воздуха. Поэтому дроссельная заслонка быстро закрывается, но турбокомпрессор вследствие инерции масс продолжает всасывать и сжимать воздух. Так как дроссельная заслонка закрыта, сжатый воздух не расходуется, и давление возрастает до тех пор, пока компрессор не перейдет в режим помпажа. Звук помпажа различим на слух и обусловлен ударными волнами в системе впуска, которые вызывают колебания лопастей компрессора. Если помпаж возникает часто, то происходит разрушение компрессора, в результате открывания циркуляционного клапана быстро сбрасывается давление перед дроссельной заслонкой и предотвращается критическое состояние помпажа.

Циркуляционный клапан управляется электрическим сигналом от блока управления двигателя. От системы питания двигателя воздухом питается также воздушный компрессор, подающий сжатый воздух в пневмосистему автобуса.

Турбокомпрессор установлен на выпускном коллекторе двигателя. Отработавшие газы поступают в канал корпуса турбины турбокомпрессора и, воздействуя на лопасти рабочего колеса турбины, вращают его вместе с рабочим колесом компрессора, которое установлено на том же валу.

Давление нагнетания регулируется блоком управления двигателя с помощью пропорционального перепускного клапана. Подшипники скольжения турбокомпрессора принудительно смазываются маслом, поступающим из двигателя.

Дроссельная заслонка регулирует подачу воздуха к газосмесителю. Она открывается, преодолевая усилие пружины, с помощью электродвигателя с редуктором. В обесточенном состоянии дроссельная заслонка закрыта не полностью (слегка приоткрыта), так что даже в случае неисправности двигатель может всасывать небольшое количество воздуха (аварийная подача воздуха).

Привод дроссельной заслонки получает сигнал от блока управления двигателя и обеспечивает поступление в двигатель необходимого в текущий момент количества воздуха. ДЗ открывается, преодолевая усилие пружины с помощью электродвигателя с редуктором. В обесточенном состоянии ДЗ закрыта не полностью, так что в случае ее неисправности ДВС может всасывать небольшое количество воздуха (аварийная подача воздуха).

Электродвигатель и редуктор расположены сбоку на корпусе модуля дроссельной заслонки. Текущее положение дроссельной заслонки регистрируется двумя противоходовыми потенциометрами и передается для анализа в блок управления двигателя. Таким образом обеспечивается дублирование важного сигнала о положении дроссельной заслонки. Кроме того, таким образом может быть распознан сбой в работе, например, заедание дроссельной заслонки.

После замены дроссельной заслонки или блока управления необходимо выполнить процесс адаптации. Для этого примерно на 20 с включается зажигание. Дроссельная заслонка перемещается до верхнего или нижнего упора. При этом измеряется положение заслонки при аварийной подаче воздуха, проверяются пружины и балансируются усилители потенциометров. После этого примерно на 10 с выключается

зажигание. В результате измеренные значения сохраняются в блоке управления. Затем возможен стандартный запуск двигателя. Внутренний диаметр ДЗ составляет 57 мм.

Система выпуска отработавших газов состоит из глушителя с 3-контурным катализатором, являющимся частью системы нейтрализации. Система нейтрализации включает также лямбда-зонд, который измеряет разность содержания кислорода в окружающем воздухе и отработавших газах. Сигнал от лямбда-зонда поступает в блок управления двигателя, который рассчитывает коэффициент регулирования на основании разницы между заданным и фактическим значением, измеренным лямбда-зондом. Этот коэффициент регулирования учитывается системой предварительной подготовки смеси, наряду с другими параметрами, при расчете количества подаваемого топлива.

Газовая система питания содержит заправочный узел с регулятором давления газа и отсечным электромагнитным клапаном газовой магистрали.

Система питания топливом работает в тесном взаимодействии с системами впуска и выпуска воздуха и системой управления.

Подготовленный топливный газ поступает в газосмеситель через двенадцать электрически управляемых клапанов впуска (наддува). Туда же подводится воздух от охладителя наддувочного воздуха. Газовоздушная смесь формируется централизованно в едином объеме для всех цилиндров непосредственно перед впускной трубой. Дозирование поступающего газа выполняется во впускных клапанах, регулирование количества поступающего воздуха производится с помощью дроссельной заслонки *11*. Процессом управляет блок управления двигателя *14*, который учитывает при этом все факторы – нагрузку, экологические характеристики, внутренние параметры двигателя и др.

Регистрация нагрузки с помощью датчика давления во впускном газопроводе. На газовом двигателе отсутствует расходомер воздуха. В качестве главного датчика наполнения используется датчик давления во впускном газопроводе. В качестве текущей нагрузки двигателя используется относительное наполнение цилиндра, которое рассчитывается на основании давления, измеренного во впускном газопроводе. Пересчет давления в относительное наполнение производится с помощью коэффициента, зависящего от частоты вращения и температуры, измеренной во впускном газопроводе.

Регулирование нагрузки посредством дроссельной заслонки и давления наддува. На основании запрошенного крутящего момента ДВС рассчитывается заданное наполнение цилиндра. Для регулирования нагрузки нужно оказывать воздействие на текущее наполнение цилиндра. Это осуществляется изменением положения дроссельной заслонки, а также регулированием давления наддува.

На основании нормы массы воздуха из параметрической матрицы считывается заданный угол поворота дроссельной заслонки. С помощью редуктора наполнение дроссельной заслонки дополнительно регулируется так, чтобы определенное в результате регистрации нагрузки наполнение соответствовало заданному наполнению. Для регулирования запрошенного заданного давления наддува ПИД-регулятор активирует перепускной клапан.

Система зажигания. На автобусе ЛиАЗ-52971 применена бесконтактная система зажигания. Система состоит из шести модулей, каждый из которых представляет собой единый конструктивный узел, состоящий из оконечного каскада системы зажигания, катушки зажигания и свечного наконечника (свечи). Модули зажигания установлены непосредственно на головках блока цилиндров.

Оконечный каскад системы зажигания получает сигнал от блока управления двигателя и включает ток в первичной обмотке катушки зажигания.

Катушка зажигания к моменту зажигания накапливает необходимую энергию и формирует высокое напряжение, необходимое для пробоя искрового промежутка. Две обмотки катушки зажигания из медного провода (первичная и вторичная) связаны посредством электромагнитного поля. Энергия, накопленная в магнитном поле первичной обмотки, трансформируется во вторичную цепь. При этом ток и напряжение преобразуются в зависимости от соотношения количества витков в первичной и вторичной обмотках катушки. Высокое напряжение через высоковольтный вывод подается на свечу зажигания.

В двигателе используются платиноиридиевые свечи зажигания фирмы DENSO с маркировкой GK3-1 и зазором между электродами 0,3 мм. Размер шестигранника под ключ – 16 мм. Момент затяжки со смазкой резьбы 20 Н·м, без смазки – 30 Н·м. Номинальное напряжение бортовой электросети автобуса, которым питаются основные потребители автобуса – 24 В.

Система электрической проводки – смешанная одно- и двухпроводная. Большая часть приборов включена по однопроводной схеме, в которой отрицательные полюсы источников и потребителей энергии соединены с общим обратным проводником – металлическим кузовом автобуса (массой). Часть приборов и аппаратов подключена по двухпроводной схеме и питание их не отключается при отключении аккумуляторов от массы.

В качестве источников электроэнергии на автобусе используются две аккумуляторные батареи и два генератора. Управление выключателем "массы" – дистанционное, от двух кнопочных выключателей, один из которых расположен на щитке приборов в кабине, а другой – на щитке мотоотсека. Выключить "массу" можно только тогда, когда отключены зажигание в кабине и приборы в мотоотсеке, иначе предусмотрена специальная блокировка. Отключить "мас-

су" можно также независимо от положения выключателей поворотом рычага аварийного выключателя на щитке приборов кабины во второе нефиксируемое положение.

Электронная система управления двигателя приведена на рис. 6. Главным объектом регулирования при движении автобуса является величина необходимого крутящего момента, развиваемого двигателем. Для обеспечения управляемости всех систем автобуса и соответствующей тяги двигатель должен развивать необходимый крутящий момент.

Создание необходимого момента включает передачу сигналов о текущих параметрах автобуса и двигателя от соответствующих датчиков в блок управления автобуса (FFR) и в блок управления двигателя (EGC4). Первым и основным сигналом является степень нажатия водителем педали подачи топлива; формирование корректирующих сигналов блоком управления двигателя; корректировка (изменение) крутящего момента.

Блок управления двигателя EGC4 воздействует на изменение крутящего момента тем, что формирует необходимые управляющие воздействия на дроссельную заслонку, угол опережения зажигания и перепускной клапан турбокомпрессора. Для выработки управляющих сигналов блок управления использует данные, получаемые от датчиков, и заложенную в программе блока информацию об оптимальных режимах работы.

Кроме необходимости корректировки крутящего момента, при формировании управляющего сигнала блок управления учитывает и другие параметры автобуса и самого двигателя (необходимость поддерживать заданные экологические требования, безопасность движения автобуса и др.).

Электронный блок мод. CGC4 осуществляет контроль за состоянием всех элементов дизельной и газовой систем питания, выбирает оптимальный режим работы двигателя и управляет процессами подачи соответствующего вида топлива в зависимости от режима и данного рабочего состояния двигателя, окружающей среды.

Вместе с блоком управления автобуса FFR он участвует также в управлении другими системами автобуса – трансмиссией (АКП), тормозами (включая АБС и ПБС).

Датчик, работающий на эффекте Холла, предназначен для определения частоты вращения КВ двигателя и положения поршней двигателя.

Датчики скорости, температуры и давления позволяют в реальном масштабе времени выдавать на электронный блок управления соответствующую информацию о текущем состоянии двигателя для формирования команд управления работой однотопливной системой питания.

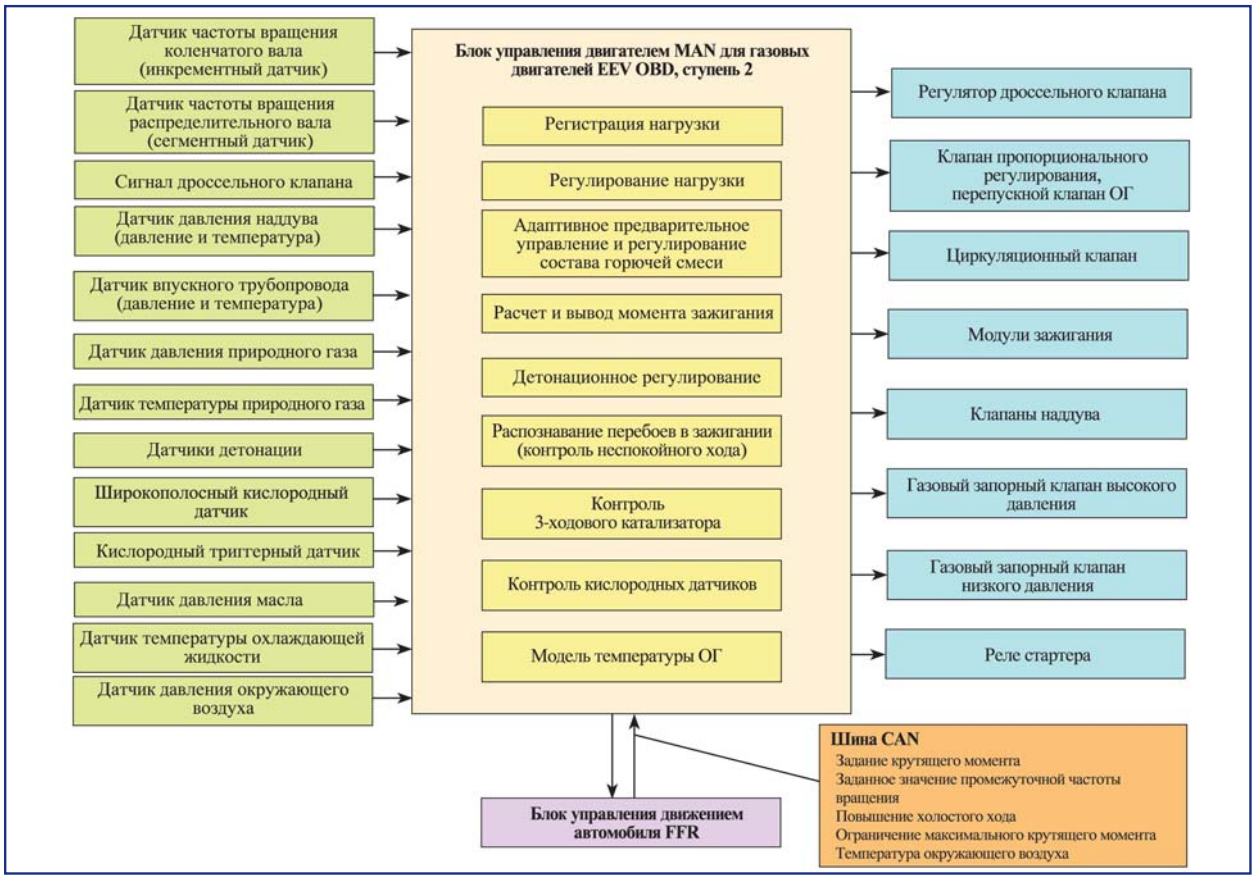


Рис. 6. *Система управления газового двигателя*

Система управления содержит электронный блок зажигания, диагностическую лампу, кислородный датчик, газовый клапан, клапан измерения давления воздуха и клапан-дозатор холостого хода.

Двигатель снабжен электронной системой управления, содержащей электронный блок, связанный электрической цепью с трехвыводным пневматическим электрическим клапаном, клапаном контроля давления наддува, кислородным датчиком и дозатором холостого хода, а также датчиком разрежения холостого хода и модулем зажигания.

Работой двигателя управляет электронный блок CGC4, содержащий датчики, функциональные устройства и элементы управления. Вместе с блоком управления автобуса FFR он участвует также в управлении другими системами автобуса – трансмиссией (АКП), тормозами (включая АБС и ПБС).

Управление двигателем обеспечивает пуск, останов, сигнализацию, контроль работы и диагностику. Пуск осуществляется штатным стартером двигателя. Стартер включается поворотом ключа в замке зажигания в нефиксированное положение или нажатием кнопки на щитке мотоотсека. Включение стартера из кабины возможно только при закрытой крышке мотоотсека, что обеспечивается концевым выключателем, расположенным под крышкой. Пуск двигателя возможен только при включенной нейтрали в АКП. Останов двигателя из кабины осуществляется выключением зажигания, а из мотоотсека – выключателем. Из кабины двигатель можно остановить также аварийным выключателем при установке его рычага в фиксированное положение.

При пуске двигателя из мотоотсека электромагнитные клапаны баллонов (основных или маневрового, в зависимости от положения кнопки переключателя в кабине) включатся уже при включении "массы" в мотоотсеке. Однако газ к двигателю не пойдет до тех пор, пока не будет включен стартер, так как электромагнитные клапаны высокого и низкого давления будут закрыты. Но при этом жидкостный подогреватель может быть запущен, так как к нему газ из открытых баллонов будет поступать через редуктор и клапан, электромагниты которых будут включены подачей тока по цепи при включении жидкостного подогревателя клавишей на щитке приборов в кабине. После открытия крышки мотоотсека и включения "массы" загорится сигнальная лампа на щитке приборов в кабине.

Если включают жидкостный подогреватель при неработающем двигателе, то при этом электромагниты баллонов запитываются через реле и переключатель. Клапаны баллонов (основных или маневрового) откроются, и газ пойдет к подогревателю.

При заправке "массы" и "зажигание" должны быть выключены, автобус полностью обесточен, все электромагнитные клапаны закрыты. Баллоны будут заполняться за счет открытия давлением газа подпружиненных обратных клапанов, размещенных в баллонных вентилях.

При необходимости стравливания газа из баллонов (перед консервацией, ремонтами и т.д.) "масса" должна быть включена, а крышка мотоотсека открыта. Электромагнитные клапаны всех баллонов, запитанные через замкнутый выключатель и реле, будут открыты. Непосредственно стравливание газа будет происходить при открытии ручных кранов заправочных устройств или шаровых кранов.

При включенном "зажигании" (повороте ключа в замке) индикатор давления (или манометр) показывает степень заполнения топливной системы газом. Включаются также датчики утечки газа. При нажатии кнопки стартера в кабине от блока управления двигателя через реле проходит команда на открытие электромагнитных клапанов высокого и низкого давления. Одновременно открываются электромагнитные клапаны баллонных вентилей основных баллонов (через реле) или маневрового баллона, в зависимости от положения переключателя. В любом случае газ начинает поступать к двигателю, двигатель запускается. Если при этом включен жидкостный подогреватель, то к нему также начнет поступать газ, и он начнет работать. О включенном состоянии электромагнитных клапанов, основных или маневрового баллона, сигнализирует горение ламп. Стартер не включится, если открыта крышка мотоотсека (концевой выключатель разомкнут, а концевой выключатель замкнут) или если клавишный переключатель АКП не установлен в положение "N" (блокировка выполняется с помощью реле).

Выводы и рекомендации. Энергетическая безопасность страны остается приоритетной проблемой национальной экономики. Применение ПГ в качестве моторного топлива обеспечивает решение энергетических проблем автомобильного транспорта как на ближайшую перспективу, так и на отдаленное будущее. Практическая реализация энергетических и экологических преимуществ газового топлива на автомобильном транспорте связана с созданием газобаллонных автомобилей нового поколения.

Применение городских автобусов с газовыми двигателями позволяет наиболее эффективно решить применение природного газа на автомобильном транспорте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ерохов В.И.** Газобаллонные автомобили (конструкция, расчет, диагностика): учебник для Вузов. М.: Горячая линия –Телеком. 2012. 598 с.

2. **Хорьков В.И.** Автобус ЛиАЗ-529271. Руководство по эксплуатации. НПФ ООО "ДВС ЭКО". 481 с.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЕГО ПЕРЕВОДЕ НА ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО, А ТАКЖЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕЦИРКУЛЯЦИИ

Л.М. Матюхин, доцент, канд. техн. наук, МАДИ (ГТУ) "Газпром" завершил разработку обоснования инвестиций в проект Владивосток–СПГ

В статье рассматривается влияние состава топлива, коэффициента избытка воздуха и степени сжатия на наполнение и индикаторные показатели двигателя.

Ключевые слова: поршневые ДВС, газообмен, газообразное топливо, объемные доли компонентов рабочей смеси, изменение наполнения.

PRELIMINARY FORECASTING OF THE INDEXES OF THE ENGINES WHEN ITS CONVERTING TO USE OF THE GASEOUS FUELS AS WELL AS OF RECIRCULATION

L.M.Matiuhin, associate professor, Cand. Tech. Sci., MADI (GTU)

In the article one gives the analysis of the influence of fuel composition and excess air ratio on the engine filling and indicator factors of engines.

Keywords: piston internal combustion engine, gaseous fuel, interchange of gases, volumetric ratios of components in the air-fuel-residual gases-mixture, the change of the loading.

Как известно из практики, проводимый без дополнительных мероприятий перевод двигателя с жидкого на газообразное топливо неизбежно сопровождается падением мощности. Указанные потери связаны с меньшей плотностью горючей газовоздушной смеси в сравнении с плотностью свежего заряда при применении жидких топлив. Аналогичное падение мощности наблюдается и при использовании рециркуляции – при введении во впускной тракт продуктов сгорания, поскольку в этом случае часть горючей смеси замещается нейтральными газами.

В целях компенсации потерь мощности обычно используют наддув, позволяющий увеличить количество подаваемой в цилиндры двигателя горючей смеси. Для предварительной оценки требуемой в указанных случаях величины степени повышения давления удобно воспользоваться рассмотрением полного объема цилиндра $V_а$ как суммы парциальных объемов компонентов рабочей смеси:

$$V_а = V_г + V_в + V_т + V^R,$$

где индексы "г", "в", "т" и "R" соответствуют остаточным газам, воздуху, топливу и рециркуляционным газам.

После деления значений парциальных объемов [3] на величину полного объема цилиндра получаем выражения объемных долей компонентов рабочей смеси, которые характеризуют ее состав:

$$\sigma_г = \frac{V_г}{V_а} = \frac{p_г T_а \varphi_s}{\varepsilon p_а T_г}; \quad \sigma_в = \frac{\varepsilon p_а T_г - p_г T_а \varphi_s}{\varepsilon p_а T_г} A (1 - R_c');$$

$$\sigma_т = \varphi_1 \frac{\varepsilon p_а T_г - p_г T_а \varphi_s}{\varepsilon p_а T_г} \frac{A}{\mu_т \alpha L_0} (1 - R_c');$$

$$\sigma^R = \frac{R_c' \sigma_в}{A(1 - R_c')}; \quad \sigma_{сз} = \frac{\varepsilon p_а T_г - p_г T_а \varphi_s}{\varepsilon p_а T_г};$$

$$\sigma_{г.см} = \varphi_1 \frac{\varepsilon p_а T_г - p_г T_а \varphi_s}{\varepsilon p_а T_г} (1 - R_c');$$

$$\sigma_г^{\Sigma} = \frac{\varphi_s [p_г T_а (1 - \varphi_1 R_c')] + R_c' \varepsilon p_а T_г}{\varepsilon p_а T_г}.$$

В приведенных выражения фигурирует коэффициент вытеснения $A = \frac{\mu_т \alpha L_0}{(\mu_т \alpha L_0 + 1)}$ [3], численно равный доле воздуха в горючей смеси и характеризующий при внешнем смесеобразовании ухудшение наполнения в результате замещения в цилиндре части его объема парциальным объемом (паров) топлива.

Поскольку доля $\sigma_в$ пропорциональна парциальному объему воздуха в цилиндре, она характеризует степень заполнения цилиндра, а следовательно, и качество наполнения. На самом деле, произведение доли воздуха на плотность заряда $\rho_а$ при параметрах точки "а" индикаторной диаграммы и на объем $V_а$ равно массе поступившего в цилиндр воздуха ($G_в = \sigma_в V_а \rho_а$).

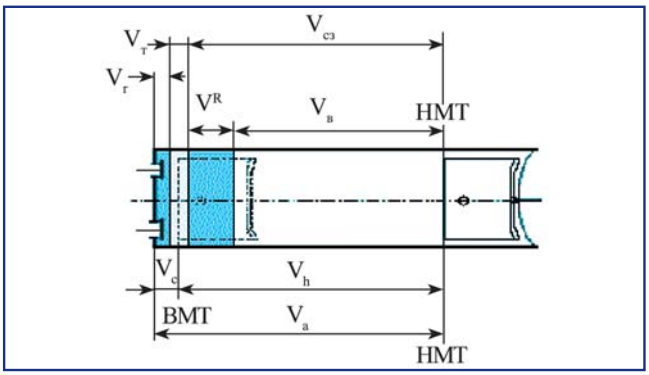


Рис. 1. Наполнение цилиндра газового ПДВС

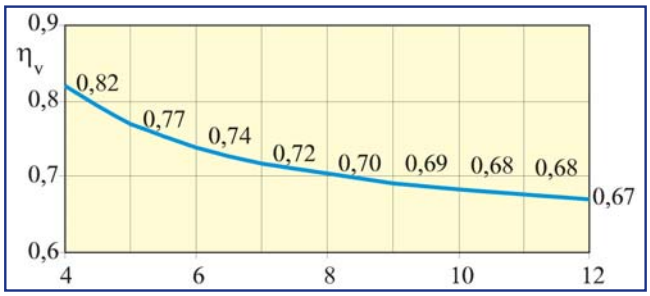


Рис. 3. Влияние степени сжатия на величину η_v при $G_в$ = const

В сравнении с коэффициентом наполнения η_v доля воздуха как характеристика наполнения имеет ряд преимуществ. Действительно, по своей сути коэффициент наполнения – отношение действительно поступившего в цилиндр свежего заряда к тому его количеству, которое могло бы разместиться в рабочем объеме при условиях на входе, – характеризует не столько наполнение, сколько его ухудшение ввиду наличия гидравлических сопротивлений и подогрева свежего заряда (СЗ).

Из рассмотрения двух двигателей с различными степенями сжатия, одинаковым полным объемом V_a и одинаковым массовым наполнением следует, что в случае $G_в$ = const и ε = var значения коэффициента наполнения должны быть различными. Действительно, при неизменных атмосферных условиях для двигателя с меньшей степенью сжатия (рис. 2, *б*) коэффициент наполнения будет больше в связи с меньшим значением знаменателя в выражении $\eta_v = \frac{G_в}{\rho_0 V_h}$ ввиду того, что $V_{h_а} \succ V_{h_б}$.

Из выражения $\eta_v = \frac{G_в}{\rho_0 V_h}$ также можно заключить, что для любого двигателя одному и тому же значению $G_в$ = const при различных атмосферных условиях (ρ_0 = var) неизбежно соответствуют различные значения η_v. Более того, как известно из опыта, увеличение наполнения при ρ_0 = const и при понижении T_0 сопровождается уменьшением значения коэффициента η_v ввиду более интенсивного подогрева свежего заряда.

Таким образом, будучи "привязанным" к рабочему объему цилиндра (величине, определяемой степенью сжатия), коэффициент наполнения неадекватно характеризует массовое наполнение, поскольку при $G_в$ = const и различных значениях степени сжатия (рис. 3) и атмосферных условий η_v = var. Это обстоятельство затрудняет сравнение по наполнению различных двигателей. Строго говоря, можно сравнивать лишь наполнение двигателей с одинаковыми степенями сжатия и только при одинаковых атмосферных условиях.

Напротив, доля воздуха $\sigma_в = \frac{V_в}{V_а}$ в полном объеме цилиндра определяется исключительно массовым наполнением цилиндра и плотностью воздуха при параметрах точки "а" индикаторной диаграммы. В общем случае

$$\sigma_в = \frac{V_в}{V_а} = \frac{N_в}{N} = \frac{N_в}{N_в + N_т + N_г + N^R},$$

где в знаменателе стоит сумма количеств молей воздуха, топлива, ОГ и рециркуляционных газов. При сравнении нескольких двигателей с различными значениями степени сжатия , но одинаковым массовым наполнением и одинаковыми параметрами в точке "а" индикаторной диаграммы доля всегда будет одинаковой.

Повышение наполнения цилиндра сопровождается увеличением количества молей воздуха $N_в$. Поэтому в любом случае повышение $G_в$ отражается соответствующим ростом $\sigma_в$ (как указывалось выше, η_v при понижении T_0 и возрастании $G_в$ может уменьшаться). Доля $\sigma_в$ объективно характеризует степень заполнения цилиндра свежим зарядом, не зависит от степени сжатия и позволяет сравнивать наполнение двигателей с разным полным объемом. При этом доля остаточных газов связана с долей свежего заряда простым соотношением $\sigma_г = 1 - \sigma_{сз}$, а доли (газообразного) топлива и рециркуляционных газов без каких-либо затруднений выражаются через долю воздуха.

Использование в качестве оценочной характеристики доли воздуха позволяет отказаться от применяемых только двигателистами понятий коэффициентов наполнения и остаточных газов и вести тепловой расчет ПДВС на основе общетехнических понятий объемных (мольных) долей. В связи с вышеизложенным можно говорить об унификации расчетов и о большей информативности результатов оценки наполнения через доли, поскольку в этом случае дополнительно определяется состав рабочей смеси, от которого зависят все – мощностные, экономические и экологические – показатели двигателя.

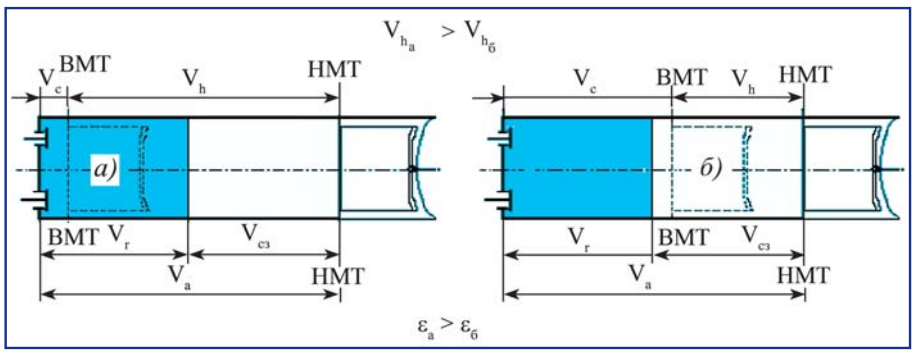


Рис. 2. Влияние степени сжатия на коэффициент наполнения при одинаковых значениях $G_в$, V_a, p_a и T_a

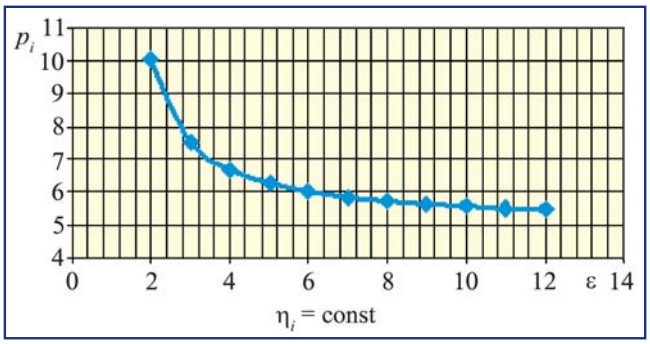


Рис. 4. *Характер зависимости среднего индикаторного давления от степени сжатия при неизменных значениях массового наполнения и индикаторного КПД*

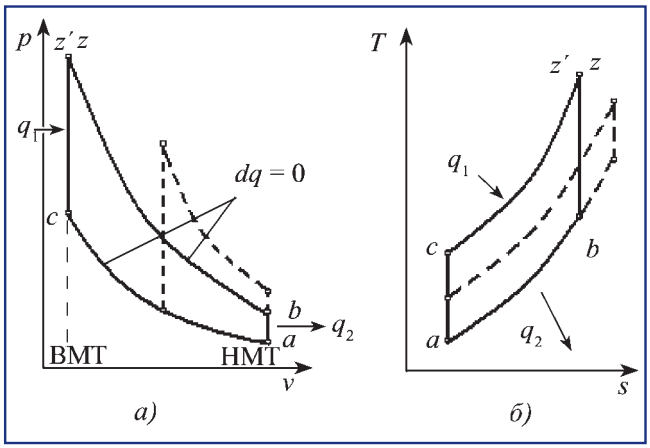


Рис. 5. *Влияние ε на среднее давление термодинамического цикла*

Непосредственно из выражения коэффициента избытка воздуха следует зависимость между коэффициентом избытка воздуха и объемными долями воздуха и топлива. Действительно, $\alpha = \frac{\mu_в N_в}{l_0 \mu_т N_т}$, откуда после деления на количество молей горючей смеси N и молекулярную массу воздуха имеем $\alpha = \frac{\sigma_в}{L_0 \mu_т \sigma_т}$. Это выражение подтверждает зависимость наполнения от типа топлива (так как отношение парциальных объемов воздуха и топлива одинаково для горючей и рабочей смесей) и от состава горючей смеси. Как следует из $\alpha \mu_т L_0 = \frac{\sigma_в}{\sigma_т}$, сопровождающееся уменьшением α обогащение смеси должно приводить к возрастанию доли топлива и к уменьшению характеризующей наполнение доли воздуха $\sigma_в$. В связи с уменьшением молекулярной массы использование более легких сортов топлива должно приводить к ухудшению наполнения.

С использованием объемных долей компонентов рабочей смеси можно определять среднее индикаторное давление. При этом в явном виде обнаруживается его зависимость от степени сжатия

$$p_i = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \frac{H_u}{l_0} \frac{\eta_i}{\alpha} \sigma_в \rho_а . \qquad (1)$$

Как следует из рис. 4, при прочих равных условиях с уменьшением степени сжатия ε среднее индикаторное давление должно возрастать.

Полученное выражение приводит к парадоксальному выводу – значение p_i при прочих равных условиях должно возрастать по мере уменьшения ε. Действительно среднее давление идеального термодинамического цикла Отто (рис. 5) с уменьшением степени сжатия с 12 до 4 понижается (в 1,2 раза) ввиду падения термического коэффициента полезного действия η_t (в 1,5 раза). При этом степень повышения давления λ повышается (~ в 1,2 раза). В отличие от термического КПД η_t индикаторный КПД η_i зависит не только от степени сжатия и при различных степенях сжатия может иметь одинаковые значения.

Если рассматривать два двигателя с одинаковыми значениями индикаторного КПД, то в соответствии с традиционно используемым выражением $p_i = \frac{H_u}{l_0} \frac{\eta_i}{\alpha} \rho_0 \eta_v$ в двигателе с меньшим рабочим объемом при прочих равных условиях значение среднего индикаторного давления должно быть выше вследствие больших значений η_v (рис.3). Этот же вывод следует и из анализа зависимости

$$p_i = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \frac{H_u}{l_0} \frac{\eta_i}{\alpha} \sigma_в \rho_а .$$

Увеличение p_i (рис. 4) при снижении степени сжатия в случае неизменного массового наполнения и искусственного поддержания постоянным значения индикаторного КПД является следствием снижения затрат энергии на сжатие и более высокого значения среднего давления в процессе расширения. Увеличение p_i с понижением ε (и, следовательно, с уменьшением V_h) следует также из самого понятия среднего индикаторного давления как отношения работы цикла к изменению объема $p_i = \frac{l_i}{V_h} = \frac{L_i}{V_а - V_с}$. Таким образом, при неизменном количестве топлива, сгорающего в цилиндре заданного объема $V_а$ при постоянном значении η_i, среднее индикаторное давление будет тем больше, чем меньше в этом объеме доля величины рабочего объема V_h. При η_i = idem и введении одинаковых количеств теплоты работа цикла уменьшается в меньшей степени, чем рабочий объем цилиндра. В диапазоне значений $6 < \varepsilon < 12$ влияние степени сжатия на p_i оказывается относительно несущественным. Однако выражение $N_i = \frac{p_i i V_h n}{30 \tau}$ может быть переписано следующим образом:

$$N_i = \frac{i V_а n}{30 \tau} \frac{H_u}{l_0} \frac{\eta_i}{\alpha} \sigma_в \rho_а .$$

Отсюда следует, что на мощностные показатели двигателя степень сжатия влияет лишь через соответствующие изменения индикаторного КПД и доли свежего заряда в рабочей смеси.

Учитывая то обстоятельство, что значение долей компонентов заключенных в объеме цилиндра рабочей смеси не изменяется при изменении этого объема, формула (1) позволяет анализировать работу двигателей с переменной степенью сжатия.

Значение среднего индикаторного давления может быть подсчитано и по формулам:

$$p_i = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \frac{H_u}{l_0} \frac{\eta_i}{\alpha} \frac{p_а}{p_k} \frac{T_k}{T_а} \sigma_в \rho_k ;$$

$$p_i = \frac{\rho_k}{\varepsilon - 1}\,\frac{H_u}{l_0}\,\eta_i\,\frac{\varepsilon\, p_а\, T_г - p_г\, T_а\, \varphi_s}{p_k\, T_г}\,\frac{T_k}{T_а}\,\frac{A}{\alpha}\,(1 - R_c')\,;$$
$$p_i = \frac{\rho_k}{\varepsilon - 1}\,\frac{H_u}{l_0}\,\frac{\eta_i}{\alpha}\,\frac{\varepsilon\, p_а\, T_г - p_г\, T_а\, \varphi_s}{p_k\, T_г}\,\frac{T_k}{T_а}\,A(1 - R_c')\,. \qquad (2)$$

В последнем случае видно, что на величину p_i воздействует отношение A/α. Это отношение характеризует степень влияния типа используемого топлива на изменение состава горючей смеси. Характер изменения A/α в зависимости от коэффициента избытка воздуха и типа топлива проанализирован в [2, 3], где показано, что для "тяжелых" топлив A/α изменяется существеннее, чем для топлив "легких". Физический смысл этого отношения можно установить из равенства

$$\frac{A}{\alpha} = \frac{\mu_т\, L_0}{(\mu_т\, \alpha\, L_0 + 1)} = \frac{L_0}{\left(\dfrac{1}{\mu_т} + \alpha\, L_0\right)}\,.$$

Из него следует, что отношение коэффициента вытеснения к коэффициенту избытка воздуха эквивалентно отношению количества молей воздуха, теоретически необходимого для полного сгорания 1 кг топлива, к действительному количеству молей свежего заряда. Чем "тяжелее" топливо, тем меньше при данном значении α количество молей и парциальный объем топлива в горючей (и рабочей) смеси.

Из записи равенства в виде

$$\frac{A}{\alpha} = \frac{1}{\left(\dfrac{1}{\mu_т\, L_0} + \alpha\right)}$$

также следует, что по мере "утяжеления" состава топлива произведение $\mu_т L_0$ увеличивается, а обратная этому произведению величина $1/\mu_т L_0$ уменьшается. Таким образом, обогащение бензовоздушных смесей в области $\alpha < 1$ должно приводить к существенно большему возрастанию отношения A/α, чем обогащение смесей газовоздушных (см. рис. 6, [3]). Следовательно, в случае внешнего смесеобразования более значительное повышение среднего индикаторного давления при обогащении бензовоздушных смесей является следствием меньшего снижения доли $\sigma_в$.

Уравнения (1) и (2), связывающие индикаторные показатели двигателя с объемной долей воздуха в рабочей смеси, универсальны, поскольку позволяют находить значение среднего индикаторного давления для дизелей и двигателей с искровым зажиганием, работающих как на жидком, так и на газообразном топливе, как при использовании рециркуляции, так и при ее отсутствии.

При сжигании 1 кг более "легкого" топлива возрастает как количество молей топлива $1/\mu_т$, так и количество молей воздуха $\alpha\, L_0$. Соответственно, в $1/A$ раз увеличивается и общий объем образующейся горючей смеси. При $\alpha = \text{idem}$, неизменных значениях параметров смеси и при постоянном объеме цилиндра это означает поступление в него меньшего количества тепловой энергии и соответствующее снижение величины p_i. Для достижения прежних значений индикаторной мощности в этом случае как минимум необходимо сжигание прежних количеств горючей смеси. Это возможно либо при соответствующем увеличении объема цилиндра, либо при повышении плотности заряда в $1/A$ раз (при переводе дизеля на питание газообразным топливом или в случае пренебрежения влиянием объема паров тяжелого топлива на величину наполнения). Если же речь идет о ДсИЗ и при этом учитывается величина отношения A_1/α_1 для исходного топлива, то требуемое изменение плотности заряда с учетом характеристик газообразного топлива должно составить $\dfrac{A_1}{A_2}\,\dfrac{\alpha_2}{\alpha_1}$, где индекс "2" соответствует газообразному топливу.

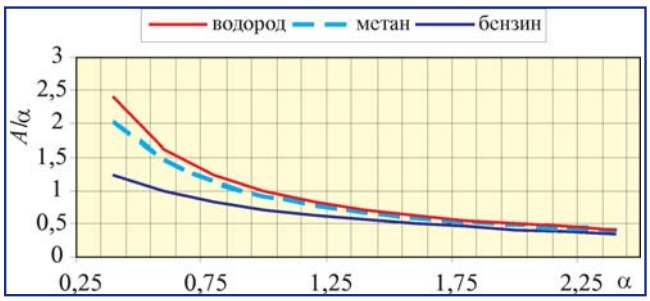


Рис. 6. *Зависимость отношения A/α от величины α*

Поскольку степень рециркуляции R_c' есть объемная доля продуктов сгорания в свежем заряде, разность $(1 - R_c')$ представляет собой содержание в нем по объему горючей смеси. В этом случае произведение $A(1 - R_c')$ есть доля воздуха в свежем заряде. В связи с этим необходимое изменение плотности свежего заряда на любом режиме работы двигателя может определяться выражением

$$\rho_2 = \rho_1\,\frac{A_1\,(1 - R_{c_1}')}{A_2\,(1 - R_{c_2}')}\,\frac{\alpha_2}{\alpha_1}\,.$$

В общем случае, когда учитывается изменение η_i, H_u и возможное изменение параметров рабочей смеси выражение приобретает вид

$$\rho_{k_2} = \rho_{k_1}\,\frac{\varepsilon_2 - 1}{\varepsilon_1 - 1}\,\frac{l_{0_2}}{l_{0_1}}\,\frac{H_{u_1}}{H_{u_2}}\,\frac{\eta_{i_1}}{\eta_{i_2}}\,\frac{\alpha_2}{\alpha_1}\times$$
$$\times\frac{\varepsilon_1\, p_{а_1}\, T_{г_1} - p_{г_1}\, T_{а_1}\, \varphi_{s_1}}{\varepsilon_2 p_{а_2}\, T_{г_2} - p_{г_2}\, T_{а_2}\, \varphi_{s_2}}\,\frac{p_{k_2}\, T_{г_2}}{p_{k_1}\, T_{г_1}}\,\frac{T_{k_1}}{T_{k_2}}\,\frac{T_{а_2}}{T_{а_1}}\,\frac{A_1}{A_2}\,\frac{(1 - R_{c_1}')}{(1 - R_{c_2}')}\,.$$

Из зависимости

$$p_i = \frac{\rho_k}{\varepsilon - 1}\,\frac{H_u}{l_0}\,\frac{\eta_i}{\alpha}\,\frac{\varepsilon p_а\, T_г - p_г\, T_а\, \varphi_s}{p_k\, T_г}\,\frac{T_k}{T_а}\,A\,(1 - R_c')$$

для каждого режима работы при задании статистических значений параметров ОГ и РС конвертированного двигателя можно определить требуемое значение плотности СЗ:

$$\rho_k = p_i\,\frac{(\varepsilon - 1)}{A\,(1 - R_c')}\,\frac{l_0}{H_u}\,\frac{\eta_i}{\alpha}\,\frac{p_k\, T_г}{\varepsilon p_а\, T_г - p_г\, T_а\, \varphi_s}\,\frac{T_а}{T_k}\,.$$

Предлагаемая методика анализа газообмена на основе соотношений парциальных объемов компонентов рабочей смеси позволяет говорить о ряде преимуществ доли воздуха в рабочей смеси как основной характеристике качества газообмена в сравнении с коэффициентом наполнения.

В качестве основных преимуществ $\sigma_в$ в сравнении с η_v можно отметить:

1. Большую информативность, так как дополнительно определяется состав рабочей смеси (РС). Состав определя-

ется объемными (мольными) долями воздуха, топлива, ОГ и рециркуляционных газов.

2. Численное значение $\sigma_в$ позволяет судить о резервах по наполнению или же о потерях свежего заряда в результате продувки. Так, если $\sigma_в < 1$, то это говорит о возможности повысить наполнение. В дизеле максимальное наполнение соответствует $\sigma_в = 1$ ($\sigma_{сз} = 1$ в ДсИЗ). Соответствующие значения коэффициента η_v назвать невозможно. Значения $\sigma_в > 1$ (при отрицательных значениях доли ОГ $\sigma_г$) свидетельствуют о том, что парциальный объем воздуха больше полного объема цилиндра, т.е. о наличии потерь воздуха в результате продувки. Количество потерянного воздуха может быть найдено как $G_в^{потер} = (|\sigma_в| - 1)\,\rho_а$. Численные же значения η_v не дают представления о потерях свежего заряда (СЗ) в период перекрытия клапанов. Кроме того, если $\Sigma\sigma_i \neq 1$, то это неоспоримо свидетельствует о наличии ошибки в проведенном расчете. Подобная проверка с помощью коэффициентов η_v и $\gamma_г$ неосуществима, и между этими коэффициентами отсутствует столь простая и наглядная зависимость как $\sigma_г = 1 - \sigma_{сз}$.

3. В отличие от невзаимосвязанных коэффициентов η_v, $\gamma_г$ и α величины долей воздуха $\sigma_в$ и топлива $\sigma_т$, а также α связаны между собой соотношением $\alpha\,\mu_т\,L_0 = \frac{\sigma_в}{\sigma_т}$, показывающим влияние на наполнение коэффициента избытка воздуха α и типа топлива (через $\mu_т$ и L_0). В соответствии с этой зависимостью обогащение топливовоздушной смеси должно приводить к уменьшению доли воздуха $\sigma_в$. Влияние типа топлива и коэффициента избытка воздуха на наполнение отражается имеющим четкий физический смысл коэффициентом вытеснения "А".

4. Достигается упрощение анализа влияния типа топлива на эффективность качественного регулирования мощности в двигателях с внешним смесеобразованием (через отношение коэффициентов вытеснения и избытка воздуха – A/α).

5. В отличие от (не зависящих от нашей воли) атмосферных условий, на параметры $p_а$ и $T_а$ можно влиять изменением подогрева и гидравлического сопротивления тракта, а также использованием наддува. Проводя расчет на базе состава рабочей смеси и варьируя значениями параметров в точке "а" индикаторной диаграммы, можно определять соответствующий объемный состав РС, а также мощностные и экономические показатели проектируемого двигателя. При этом нет необходимости задаваться атмосферными условиями, поскольку полученные зависимости для определения T_z с использованием $\sigma_в$, не содержат коэффициента наполнения, требующего знания параметров окружающей среды.

6. Получение на основе соотношения парциальных объемов компонентов РС универсальных зависимостей для вычисления среднего индикаторного давления, индикаторного КПД и удельного индикаторного расхода топлива при известном объемном составе рабочей смеси; эти зависимости позволяют проводить вычисления также для газовых двигателей и двигателей с рециркуляцией.

7. Установление соотношения между составом свежего заряда, горючей и рабочей смеси, а также зависимости для взаимного пересчета объемной доли воздуха и коэффициента наполнения.

8. Возможность предварительной оценки падения мощности двигателя при его переводе с жидкого на газообразное топливо, а также в случае использования рециркуляции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Матюхин Л.М.** Альтернатива коэффициенту наполнения // Сб. науч. тр. по материалам Междунар. конф. "Двигатель–2007", посв. 100-летию МГТУ им. Н.Э. Баумана. М., 2007. С. 80–85.

2. **Матюхин Л.М.** Анализ наполнения и тепловой расчет ДВС на базе состава рабочей смеси (монография) / LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH&Co. KG, Saarbrücken, Germany, 2011. 170 с.

3. **Матюхин Л.М.** Оценка наполнения и индикаторных показателей газовых ДВС // Международный научно-технический журнал АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. М., 2012. № 1 (61). С. 15–18.

СПИСОК АВТОРОВ РАЗДЕЛА "НАУКА"

Ерохов Виктор Иванович, профессор, Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ), д-р техн. наук, Заслуженный деятель науки РФ, e-mail: PDO@mami.ru

Матюхин Леонид Михайлович, доцент, канд. техн. наук, МАДИ (ГТУ), e-mail: leonedmat@akado.ru

Сухорукова Светлана Михайловна, д-р экон. наук, профессор кафедры "Эколого-экономический анализ технологий" МИТХТ им. М.В. Ломоносова, e-mail: Sukhorukova@inbox.ru

Гонопольский Адам Михайлович, д-р техн. наук, профессор, Московский государственный университет инженерной экологии

Лукьянов Олег Викторович, канд. техн. наук, зам. директора по проектным работам ЗАО НПФ "ДИЭМ", e-mail: office@diem.ru

Erohov V.I., professor, Moscow State Engineering University (MAMI), Doctor of Technical Sciences, Honored Worker of Science, e-mail: PDO@mami.ru

Matiuhin L.M., associate professor, Cand. Tech.Sci., MADI (GTU), e-mail: leonidmat@akado.ru

Sukhorukova S.M., Doctor of economical sciences, professor of Environmental and economic analysis of technologies department, MITHTnamed by. M.V. Lomonosov, e-mail: Sukhorukova@inbox.ru

Gonopol'sky A.M., doctor of technical sciences, professor, Moscow State University of Environmental Engineering

Luk'yanov O.V., Ph.D., deputy director for project activities of JSC SPC "DIEM", e-mail: office@diem.ru

РАЗВИТИЕ РЫНКА ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ КАМАЗ И ГАЗОМОТОРНОГО ТОПЛИВА

Д.Л. Ожегов, гл. специалист по маркетингу направления ГБО ООО "РариТЭК"

На базе ООО "Газпром трансгаз Томск" состоялось совещание по вопросам развития рынка газомоторного топлива в Российской Федерации.

В совещании, которое вел председатель Совета директоров ОАО "Газпром", председатель правления и генеральный директор ООО "Газпром газомоторное топливо" Виктор Зубков, приняли участие: заместитель губернатора Томской области Леонид Резников, депутат Государственной Думы РФ Василий Толстопятов, руководители ООО "Газпром трансгаз Томск" и ООО "Газпром газомоторное топливо", а также представители компаний ОАО "КаМАЗ", ООО "РариТЭК", ООО "Русские автобусы – группа ГАЗ", концерна "Тракторные заводы", "Росагромаш".

В ходе совещания было отмечено, что одним из необходимых условий развития рынка газомоторного топлива в России является синхронизация действий региональных властей, производителей техники и инвесторов, а также развитие законодательной базы.

От ОАО "КАМАЗ" приняли участие заместитель генерального директора ОАО "КАМАЗ" по продажам и сервису Евгений Пронин и генеральный директор дистрибьютора по продукции с газовыми двигателями ООО "РариТЭК" Рафаэль Батыршин.

ОАО "КАМАЗ" сделал доклад "Автомобили КаМАЗ, работающие на компримированном природном газе. Модельный ряд, Опыт эксплуатации".

В рамках совещания на открытой площадке продемонстрированы нескольких газомоторных автомобилей КаМАЗ и НефАЗ (ЕВРО-4):

тягач КамАЗ-65116 на КПГ и СПГ;

мусоровоз AEROSUN CMZL8580A на базе КамАЗ- 65115-30;

мусоровоз МКЗ-44501 на базе КамАЗ-65115-30;

самосвал КамАЗ-65115-865-30 с задней разгрузкой;

вакуумная машина КО-505АГ;

пригородный автобус НефАЗ-5299-11-31.

"Для динамичного развития рынка газомоторного топлива в России необходим федеральный закон, предусматривающий комплекс мер государственной поддержки. Прежде всего – налоговые льготы для автопредприятий при переводе транспорта на газомоторное топливо, освобождение от платежей и пошлин, субсидирование закупок ГМТ на федеральном уровне, целевые региональные программы. Широкое применение этого вида топлива приведет к снижению себестоимости автомобильных перевозок, и, следовательно, будет способствовать ускорению экономического развития и отдельных регионов, и России в целом. Кроме того, оно позволит заметно улучшить экологическую ситуацию в стране, в том числе и здесь, в Сибири с ее уникальными природными ресурсами", – отметил Виктор Зубков.

Справка

В настоящее время ООО "Газпром трансгаз Томск" эксплуатирует 11 АГНКС в Томске, Новосибирске, Кемерово, Новокузнецке, Братске, Горно-Алтайске. В 2012 г. средняя суточная загрузка этих АГНКС составила 40,4 % проектной мощности, превысив аналогичный показатель 2011 г. на 8,3 %.

ООО "Газпром газомоторное топливо" создано в декабре 2012 г. В компании будут консолидированы активы Группы, связанные с производством и реализацией газомоторного топлива. Среди основных направлений деятельности компании – разработка и реализация маркетинговых программ по развитию сети АГНКС в России, а также расширение круга потребителей газомоторной техники, в том числе в сельском хозяйстве, на речном и железнодорожном транспорте.

"ГАЗПРОМ" ПРИВЕДЕТ РАБОТУ ПО ГАЗИФИКАЦИИ РОССИЙСКОГО АВТОТРАНСПОРТА В ЕДИНУЮ СИСТЕМУ

В настоящее время в 10 регионах сформирован перечень пилотных инвестиционных проектов по строительству АГНКС, разработаны ТЭО и приняты решения о начале строительных работ уже в текущем году.

В шести регионах сформирован перечень пилотных инвестиционных проектов и завершается разработка ТЭО. В 23 регионах проводится работа по определению мест предполагаемого строительства АГНКС.

В 2012 г. "Газпром" активизировал работу по развитию региональных рынков газомоторного топлива. Предложения по совместному развитию газомоторной инфраструктуры были направлены в 69 субъектов РФ, участвующих в программе газификации.

Председатель совета директоров ОАО "Газпром" Виктор Зубков провел ряд рабочих встреч, на которых обсуждались вопросы развития рынка газомоторного топлива в России. Участниками встреч стали руководители российских и зарубежных компаний, занимающихся производством автомобильной техники, оборудования для автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), автоперевозками, производством и продажей газомоторного топлива: ОАО "КАМАЗ", ООО "РариТЭК", УК "Группа ГАЗ", ООО "ВОЛГАБАС", ОАО "АВТОВАЗ", ООО "СТОРК", ООО "Газпром экспорт", Gazprom Germania GmbH , MAN Truck & Bus Rus, BAUER COMP, Iveco Russia. Во встречах принимал участие заместитель председателя правления ОАО "Газпром" Виталий Маркелов.

Состоялся обмен информацией по вопросам производства газомоторной автомобильной и специальной техники, мерах по стимулированию ее развития, организации сервисного обслуживания, состояния газомоторной инфраструктуры в регионах и мерах по ее расширению, а также обсуждение предложений по изменению отечественного законодательства в этой сфере.

В ходе встреч Виктор Зубков отмечал, что "главная задача сегодня – привести разрозненную работу по газификации автотранспорта в России в единую систему, скоординировать усилия автопроизводителей, газовиков и субъектов Российской Федерации, а также внести необходимые изменения в нормативно-правовую базу".

Основную роль здесь должна сыграть недавно созданная компания ООО "Газпром газомоторное топливо" – единый оператор "Газпрома" в этой области. Здесь будут консолидированы все профильные активы производства и сбыта газомоторного топлива.

Виктор Зубков подчеркнул, что "Газпром" в 2013 г. включил в программу газификации российских регионов пилотные проекты строительства АГНКС и газификации автотранспорта. Пилотные проекты будут реализовываться в регионах, уже имеющих опыт газификации автотранспорта и обладающих необходимыми финансово-экономическими возможностями. Он также определил основные целевые группы газификации автотранспорта: муниципальный автотранспорт, жилищно-коммунальное хозяйство, предприятия агропромышленного комплекса, средний и мелкий бизнес. Замещение традиционного топлива в этих секторах позволит избежать роста тарифов в общественном транспорте, снизить себестоимость продукции агропрома, сэкономить средства эксплуатации техники, улучшить экологическую обстановку.

Участники встреч договорились о проведении регулярных тематических совещаний в ряде регионов, избранных для реализации пилотных проектов программы по газификации автотранспорта.

"ГАЗПРОМ" ЗАВЕРШИЛ РАЗРАБОТКУ ОБОСНОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ В ПРОЕКТ ВЛАДИВОСТОК–СПГ

Проект Владивосток–СПГ предполагает строительство на полуострове Ломоносова (бухта Перевозная) завода по производству сжиженного природного газа. Мощность завода, который будет состоять из нескольких технологических линий, составит не менее 10 млн т СПГ в год.

Планируется, что первая линия заработает уже в 2018 г.

В ходе рабочей встречи председатель правления ОАО "Газпром" Алексей Миллер и губернатор Приморского края Владимир Миклушевский обсудили ход реализации Восточной газовой программы на территории края. В частности, речь шла о проекте строительства завода СПГ в районе Владивостока. Было отмечено, что "Газпром" завершил разработку обоснования инвестиций в этот проект. В настоящее время документ проходит экспертизу в "Газпроме", после чего будет рассмотрен на заседании правления.

Отдельное внимание на встрече было уделено вопросам газификации Приморского края. В 2009–2012 гг. "Газпром" направил на эти цели более 9 млрд руб. Разработана генеральная схема газоснабжения и газификации региона, построено четыре межпоселковых газопровода, началось проектирование семи газопроводов-отводов, семи газораспределительных станций, восьми межпоселковых газопроводов. В 2013 г. разработка проектно-сметной документации будет продолжена.

Стороны отметили, что "Газпром" является крупным инвестором в экономику края. Общий объем капитальных вложений компании на территории региона в 2009–2012 гг. составил около 130 млрд руб.

Соглашение о сотрудничестве между ОАО "Газпром" и администрацией Приморского края подписано в июне 2012 г. и действует без ограничения срока. Договор о газификации региона заключен в ноябре 2006 г. Утверждена совместная "Программа развития газоснабжения и газификации Приморского края на 2012–2015 годы". Администрацией региона также утверждена разработанная "Газпромом" краевая программа перевода автомобильного транспорта и сельскохозяйственной техники на газомоторное топливо.

По территории Приморского края проходит участок газотранспортной системы (ГТС) "Сахалин–Хабаровск–Владивосток" – первой межрегиональной ГТС на Дальнем Востоке. Первый пусковой комплекс ГТС введен в эксплуатацию в 2011 г. Его протяженность составляет 1350 км, из них по территории Приморского края – 573 км.

Строительство ГТС позволило приступить к масштабной газификации Дальнего Востока России. Первыми потребителями газа в Приморском крае стали ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 г. Владивостока, мини-котельные на острове Русский.

ГАЗОВЫЕ МАШИНЫ И ЗАПРАВКИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

В Санкт-Петербурге появилась первая многотопливная заправка, на которой, помимо привычного бензина и сжиженного углеводородного газа, можно будет заправиться и компримированным природным газом – метаном.

Церемония открытия первого многотопливного автозаправочного комплекса в России состоялась с участием руководителя ОАО "Газпром" Алексея Миллера и губернатора Санкт-Петербурга Георгия Полтавченко.

Глава концерна отметил, что в течение текущего года на месте бывших АЗС и АГНКС будут открыты подобные заправки в Сестрорецке, Тосно и Тихвине. Кроме того, в перспективе появятся еще 6 таких станций на трассе между Санкт-Петербургом и Москвой.

В ответной речи губернатор Санкт-Петербурга пообещал рассмотреть возможность перевода городского общественного транспорта на газомоторное топливо. "Это очень важный шаг на пути повышения чистоты воздуха в Петербурге. Газомоторное топливо имеет гораздо лучшие характеристики по сравнению со всеми видами жидкого", – отметил Георгий Полтавченко.

На следующий день, не откладывая в "долгий ящик" ОАО "КамАЗ" и городские предприятия: ГУП "Водоканал Санкт-Петербург" и СПб ГУДП "Центр" провели ряд совещаний, на которых приняли решение о передаче в тестовую эксплуатацию газомоторной техники КамАЗ.

Техническое сопровождение данных газовых машин обеспечит компания "РариТЭК". Также эксплуатирующие компании направят в г. Набережные Челны водителей для прохождения обучения по курсу "Особенности устройства, эксплуатации, технического обслуживания, диагностики и текущего ремонта автомобильной техники КамАЗ, работающей на компримированном природном газе – метан".

По заверениям экспертов, в выхлопных газах автомобиля, работающего на компримированном природном газе (КПГ), вредных веществ содержится в 5 раз меньше, чем в привычном, бензиновом. В связи с ростом цен на горючее, автомобилистов прельщает и тот факт, что значительно сократятся затраты по статье ГСМ.

КамАЗ. Фото с сайта kamaz-kamaz.ru

КАМАЗ АНОНСИРОВАЛ СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ И "БЕСПИЛОТНИКА"

До 2020 г. КамАЗ собирается выпустить городской электромобиль и беспилотный грузовик. Об этом сообщил заместитель генерального директора компании Ирек Гумеров, его слова приводятся на официальном сайте КамАЗа.

"Всерьез рассматривается вариант создания городского электромобиля. Сегодня развитие электромобилей сдерживает стоимость аккумуляторных систем, однако ожидается, что в течение ближайших лет вопросы рентабельности будут решены", – сообщил Гумеров.

Грузовики дистанционного управления, по его словам, планируется задействовать во вредных для человека зонах. Обе разработки являются частью "Проекта XX века", "призванного воплотить все новейшие разработки автомобильной промышленности и, вместе с тем, сохранить цену на доступном для потребителей уровне".

В 2013 г. КамАЗ вложит в развитие собственного производства более 5 млрд руб. К 2020 г. инвестиции составят 60 млрд руб.

КамАЗ является крупнейшим российским производителем дизельных грузовиков и двигателей. Компания была основана в 1969 г. Основное производство находится в Набережных Челнах.

Электробус "НефАЗ" прошел государственную сертификацию

Первый в России электробус, электрический автобус НефАЗ-52992, успешно прошел сертификацию одобрения типа транспортного средства, сообщается на сайте автозавода "КамАЗ".

Электробус НефАЗ. Фото с сайта nefaz.ru

Сейчас первые экземпляры автобуса проходят обкатку на улицах Новосибирска. Планов серийного производства новой машины предприятие пока не имеет. Сообщается, однако, что новая машина была разработана и создана специалистами НИИ "Комбинированных энергоустановок" совместно с ОАО "НефАЗ", дочерним предприятием "КамАЗ" в Башкирии, по заказу фирмы "Лиотех" для нужд Росатома, а точнее – принадлежащего ему завода "ТВЭЛ".

Электробус – по сути троллейбус, обладающий возможностями автономного хода. Модель НефАЗ-52992 способна проехать без перезарядки аккумуляторов более 200 км. Процесс полной зарядки машины на мощности 48 кВт занимает 8 ч, однако при необходимости эту цифру можно увеличить до 500 кВт и тем самым сократить срок зарядки до получаса. Литий-железо-фосфатные батареи размещены на крыше, в полу салона и в заднем свесе электробуса.

НефАЗ-52992 – первая ласточка в реализации федеральной программы "Электрический транспорт". Известно, что различные типы электромобилей автономного хода будут вводиться в пробную эксплуатацию в отдельных городах страны. Так, с начала сентября прошлого года в таксопарках Краснодара были введены в пробную эксплуатацию несколько электромобилей El Lada. Тем временем в Москве прошел ходовые испытания первый автономный троллейбус производства Саратовского завода Trolza, а завод "ЛиАЗ", входящий в автостроительную группу "ГАЗ", закончил работы по созданию опытного низкопольного электробуса ЛиАЗ-6274 на основе кузова ЛиАЗ-5292.

"Лиотех" – одно из предприятий концерна Роснано, добившееся недавно некоторых сдвигов в технологии производства литий-ионных аккумуляторов, предположительно позволяющих сделать электрический транспорт экономически выгодным. Электробусы НЕФАЗ-52992 и ЛИАЗ-6274 укомплектованы элементами питания производства этого предприятия.

РОССИЯ–2012: ПОЧТИ ПОЛНАЯ ПОБЕДА НА ГАЗОВОМ РЫНКЕ

Ушедший в историю 2012 г. был довольно насыщенным для газовой отрасли. В каких-то моментах были окончательно поставлены точки, а некоторые проблемы так и остались нерешенными и перекочевали в нынешний, 2013.

В этой статье мы вспоминаем самое важное из случившегося в 2012 г., что больше всего запомнится отечественным газовикам.

Снижая транзитные риски

Самой насыщенной стала вторая половина 2012 г., в последние месяцы которого "Газпром" приступил к активным действиям на поле защиты энергобезопасности нашей страны. В ноябре "Газпром" ввел в эксплуатацию вторую нитку "Северного потока", а в декабре дал старт началу строительства газопровода "Южный поток".

Ровно через год после запуска первой нитки "Северного потока", 8 октября 2012 г. под Выборгом (Ленинградская обл.) состоялась торжественная церемония ввода второй нитки газопровода мощностью 27,5 млрд м^3 газа в год. Теперь общая мощность "Северного потока" составляет 55 млрд м^3 газа в год.

В тот же торжественный день (по совместительству, кстати, выпавший на день рождения президента России Владимира Путина) глава "Газпрома" Алексей Миллер объявил всем, что акционеры Nord Stream признали целесообразным строительство одной или двух дополнительных ниток газопровода "Северный поток". В рамках этого проекта в течение I квартала 2013 г. планируется создать новую компанию. Меморандум о создании дополнительных мощностей газопровода “Северный поток” планируется подписать до 31 января 2013 г.

Старт строительства газопровода "Южный поток" 7 декабря был, скорее, формальностью, так как непосредственно строительство трубы начнется только в 2014 г., а на протяжении всего 2013 г. будут вестись тендеры по морской части газопровода.

Гораздо более значимым событием в реализации этого проекта, который направлен на снижение транзитных рисков от экспорта через Украину, стало принятие "Газпромом" окончательного инвестиционного решения (ОИР). Морской участок газопровода "Южный поток" пройдет по дну Черного моря от компрессорной станции "Русская" на российском побережье до побережья Болгарии. Общая протяженность черноморского участка составит более 900 км, максимальная глубина – более 2 км, проектная мощность – 63 млрд м^3.

По части сухопутного маршрута решено, что после выхода трубопровода из Черного моря маршрут пройдет через территории Болгарии, Сербии (с газопроводами-отводами на Боснию и Герцеговину, а также Хорватию), Венгрии, Словении и завершится на севере Италии (г. Тарвизио).

Кроме того, в конце октября 2012 г. "Газпром" начал промышленную добычу газа на Бованенковском месторождении на Ямале с запасом 4,9 трлн м^3. Уже в 2013 г. на месторождении планируется добыть до 46 млрд м^3 газа, а в 2017 г. – вывести его на проектную мощность 115 млрд м^3 газа в год, что соответствует примерно шестой части (17 %) от текущего уровня добычи газа в России. В перспективе проектная мощность месторождения может быть увеличена до 140 млрд м^3 газа в год.

Упрямая соседка

Украина, ставшая, так сказать, виновницей всех этих торжеств, на протяжении всего 2012 г. не оставляла надежд на корректировку ценовых условий поставок природного газа из России. Управление информации "Газпрома" радовало десятками пресс-релизов в одну строчку о совместных встречах с руководством страны и обсуждении сотрудничества в газовой сфере. Однако компромисса сторонам достичь не удалось, и этот вопрос перекочевал в 2013 г.

Восточные мотивы

После того как в начале сентября 2012 г. Еврокомиссия открыла антимонопольное расследование в отношении "Газпрома", Владимир Путин в срочном порядке подписал указ "О мерах по защите интересов РФ при осуществлении российскими юридическими лицами внешнеэкономической деятельности". По сути, документ устанавливает табу на изменение российскими ОАО, включенными в перечень стратегических предприятий, договоров с иностранцами, а также на предоставление им какой-либо информации без согласия на то российского правительства.

Теперь в "Газпроме" не просто заговорили о том, что Восток – наше все, но стали семимильными шагами мостить путь на углеводородные рынки Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР). В конце 2012 г. в "Газпроме" приняли решение о значительном ускорении "Восточной газовой программы" и стали пугать Европу заявлениями о том, что мы можем в самые короткие сроки нарастить объем поставок российского газа в страны АТР до объемов, сопоставимых с поставками в Европу. А это ни много ни мало около 150 млрд м^3 ежегодно.

В октябре 2012 г. в "Газпроме" приняли окончательное инвестрешение по освоению Чаяндинского месторождения и строительству газопровода Якутия–Хаба-

ровск–Владивосток, что знаменует собой начало работы по созданию в Республике Саха (Якутия) крупного центра газодобычи. Ввод в разработку нефтяной оторочки Чаяндинского месторождения планируется осуществить в 2014 г., газовых залежей – в 2017 г.

Магистральный газопровод из Якутии через Хабаровск до Владивостока будет построен для вывода добытого на Чаяндинском месторождении газа. Его протяженность составит порядка 3200 км. Маршрут трассы газопровода пройдет вдоль действующего магистрального нефтепровода Восточная Сибирь–Тихий океан (ВСТО), что позволит оптимизировать затраты на инфраструктуру и энергоснабжение.

Производительность газопровода, который решили назвать "Сила Сибири", составит 61 млрд м^3 газа в год, а ввод в эксплуатацию планируется осуществить в конце 2017 г.

Предполагаемые инвестиции в обустройство Чаянды и создание газопровода составят 430 и 770 млрд руб. соответственно. Синхронно с обустройством Чаяндинского месторождения и строительством газопровода "Газпром" будет создавать в Белогорске мощности по газопереработке и производству гелия.

Одним из главных игроков газового рынка в АТР для России по-прежнему остается Китай. Стороны весь год продолжали переговоры о заключении контракта на поставку газа в Поднебесную, но так и не смогли найти компромисса. Однако, по мнению главы "Газпрома" А. Миллера, принятие окончательного инвестрешения по проекту обустройства Чаянды и строительству магистрального газопровода Якутия–Хабаровск–Владивосток перевело переговоры по "восточному маршруту" поставок газа в Китай в "практическую плоскость".

Призрачный долгострой

В 2012 г. так и не появилось долгожданной ясности в вопросе освоения гигантского Штокмановского месторождения в Баренцевом море. 30 июня 2012 г. истек назначенный срок для подписания акционерного соглашения по проекту. Акционеры намеревались к осени 2012 г. заключить новое соглашение, которое должно было учитывать изменение технологической схемы разработки месторождения с переходом на почти 100 %-ное производство СПГ в рамках первой фазы освоения проекта. Позже норвежская Statoil вернула "Газпрому" 24 % участия в операционной компании Shtokman Development. Теперь формально в компании Shtokman Development остались два акционера – "Газпром" и французская Total.

В середине декабря "Газпром" распространил сообщение, в котором говорится о том, что в январе 2013 г. планируется провести конкурс по выбору проектировщика завода по производству СПГ в рамках освоения Штокмана. Завод мощностью до 30 млн т СПГ в год планируется разместить в долине р. Орловка в районе п. Териберка. Из этого сообщения СМИ сделали вывод о том, что "Газпром" решил сосредоточить свои усилия на Штокмане в одиночку.

В начале декабря 2012 г. танкер–газовоз "Река Обь", зафрахтованный "Газпромом", успешно завершил первую в мире перевозку СПГ по Северному морскому пути. Танкер вышел из порта Хаммерфест в Норвегии и прибыл в регазификационный терминал в порту Тобата (Япония). Успешный рейс танкера "Река Обь" позволяет рассчитывать на полноценное использование Северного морского пути для поставок российского СПГ как в страны Азиатско-Тихоокеанского региона, так и на европейский рынок, сообщили тогда в "Газпроме".

Удачливый НОВАТЭК

Значительно лучше выглядели дела у газпромовского конкурента – НОВАТЭКа. В июле 2012 г. в рамках реализации проекта "Ямал СПГ", НОВАТЭК начал строительство морского порта Сабетта, расположенного на северо-востоке полуострова Ямал. Порт будет являться ключевым элементом транспортной инфраструктуры завода "Ямал СПГ", который предусматривает создание завода по сжижению природного газа (СПГ) на ресурсной базе Южно-Тамбейского месторождения. На строительство морского порта в 2012–2016 гг. будет выделено 47,2 млрд руб. федеральных средств, а также 25,9 млрд руб. внебюджетных. Грузооборот нового порта Сабетта уже к 2018 г. составит 6 млн т СПГ в год.

А в конце года всех потрясло заявление министра энергетики РФ Александра Новака о том, что правительство прорабатывает вопрос о возможности предоставления НОВАТЭКу права самостоятельного экспорта СПГ с Ямала. В настоящее время эксклюзивным правом экспорта газа, в том числе сжиженного, наделен только "Газпром". Минэнерго уже представило на рассмотрение в правительство соответствующий доклад.

Кроме того, на протяжении всего 2012 г. НОВАТЭК продолжал расширять свое присутствие на внутреннем рынке РФ. За этот год компания заключила контракты с крупными промышленными потребителями, в частности с "Северсталью" и ОАО "Северсталь-Метиз" на поставку челябинским заводам компании 12 млрд м^3 газа в период 2013–2017 гг., а также с ММК на поставку более 50 млрд м^3 газа до конца 2022 г. После НОВАТЭК переключился и на Московский регион, заключив договор поставки газа с ОАО "Мосэнерго" на период 2013–2015 гг. в объеме 27,2 млрд м^3.

В ноябре прошлого года НОВАТЭК стал партнером "Газпрома" по компании "Нортгаз", выкупив 49 % у бизнесмена Фархада Ахмедова. НОВАТЭК также приобрел за 554 млн руб. 82 % ООО "Газпром межрегионгаз Кострома", которое поставляет газ для предприятий и населения Костромской области. Предприятие ежегодно поставляет потребителям около 4 млрд м^3 природного газа. 87 % от всего поставляемого в Костромскую область газа закупают предприятия энергетического комплекса, в том числе Костромская ГРЭС. "Газпром межрегионгаз Кострома" уже второй по счету актив, который НОВАТЭК покупает у Газпрома – в 2011 г. компания приобрела "Газпром межрегионгаз Челябинск".

В сухом остатке

Подытоживая события 2012 г., можно сказать, что год был нелегким для газовой отрасли, но в целом удачным. Мы почти на все 100 % освободили себя от транзитных рисков, связанных с сопредельными государствами; почти решили головоломку по выходу из лабиринта на быстро растущий рынок АТР; начали открыто говорить о либерализации газовой отрасли. Кого-то может смутить слово "почти" в наших итогах, но, как пел Игорь Тальков, "спешка нужна при охоте на блох".

Софья Пекарихина, РБК

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА ДЛЯ РЕГИОНОВ

Как повысить энергетическую безопасность регионов России за счет использования в сетевой и распределенной генерации объектов возобновляемой энергетики, рассказал Виктор Елистратов, д-р техн. наук, профессор Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

Эффекты от внедрения ВИЭ

На сегодняшний день свыше 65 % территории нашей страны – зона децентрализованного электроснабжения. В этой зоне проживает более 15 млн человек. Из 225 млн кВт установленной мощности электростанций России – 17 млн кВт приходится на электростанции, работающие в зоне децентрализованного электроснабжения. В Северных районах нашей страны работает свыше 6000 дизельных электростанций (ДЭС), которые имеют мощность свыше 3 млн кВт.

Ветродизельная электростанция на Канадском севере

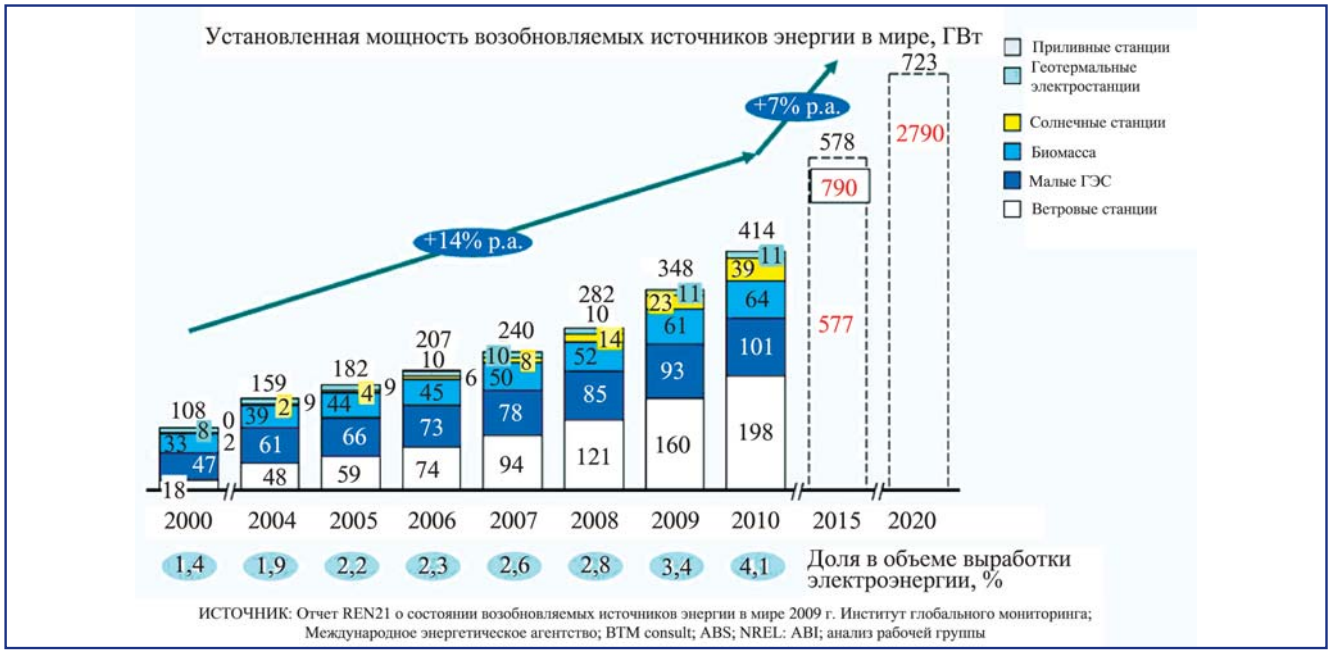
Такая ситуация заставляет задуматься о повышении энергоэффективности и надежности электроснабжения, снижении пагубного влияния на экологию. Решением может стать использование возобновляемых источников энергии в сетевой и распределенной генерации.

Во всем мире мощность электростанций на основе ВИЭ постоянно растет и, по данным 2011 г., уже составляет 29 % (с учетом крупных ГЭС) от общей установленной мощности. Это серьезная цифра, причем темпы роста доли ВИЭ будут сохраняться прежде всего в ветровой и солнечной генерации. Если Россия пойдет по тому же пути, то можно ждать целого ряда системных эффектов.

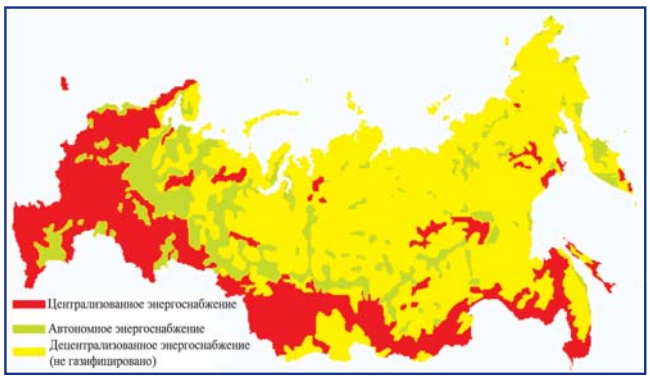
Во-первых, применение ВИЭ повышает энергетическую безопасность регионов. За счет местных возобновляемых источников, мы будем получать надежное и качественное энергоснабжение.

Во-вторых, приближение объектов генерации к объектам потребления позволяет сократить на 15...20 % потери энергии, связанные с ее транспортировкой и распределением. Проблема потерь особенно актуальна для "местных" линий низкого напряжения, где в настоящее время очень неблагоприятная ситуация. Распределенная генерация позволит повысить надежность электроснабжения и снизить стоимость электроэнергии у конечного потребителя.

Кроме того, при замещении с помощью ВИЭ до 50 % дизельной распределенной генерации удастся



Развитие ВИЭ в мире



Энергоснабжение территории РФ

уменьшить объемы использования "дальнепривозного" топлива, что опять же приведет к существенной экономии.

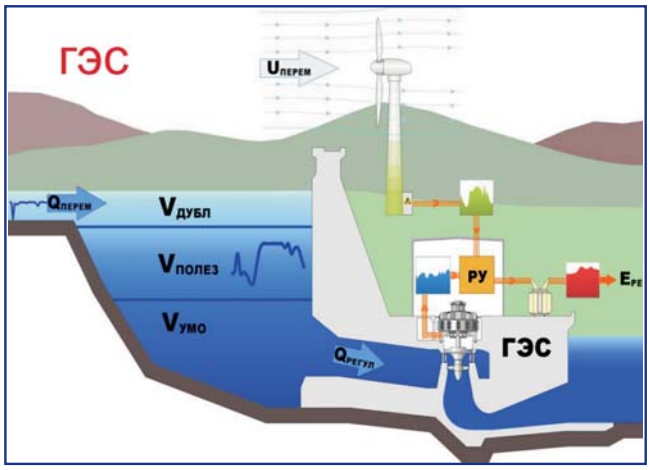
И, наконец, с помощью ВИЭ можно повысить экологическую безопасность распределенной генерации, сократить выбросы вредных веществ.

В соответствии с дорожной картой, которая была разработана в сотрудничестве с Минэнерго и энергетическими институтами Евросоюза, в России возможная доля ВИЭ в производстве электроэнергии к 2020 г. может составить 5 % (без учета крупных ГЭС), а к 2050 г. – от 14 до 18 %. При этом особая роль отводится развитию распределенной генерации за счет возобновляемых источников энергии. Предполагается, что к 2030 г. электроэнергетика России должна прирасти 6,1 ГВт мощности на ВИЭ.

Просчитать ходы вперед

О проблемах возобновляемой энергетики говорится много. Хотелось бы привести несколько примеров того, как их можно решать.

Основным недостатком генерации на основе ВИЭ считается нестабильность выдачи мощности и невозможность прогнозирования производства электроэнергии. Первый путь решения этой проблемы – уточнение ресурсов возобновляемых источников энергии при разработке проектов. При этом важно учитывать, какова динамика ресурсов в связи с текущими изменениями климата.



Энергокомплекс с системой гидроаккумулирования

Так, для расчета ветроэнергетического потенциала и энергетических показателей ветроэлектроустановки, размещаемой в конкретной местности, разработана модель определения отдачи энергии от ветроэнергетической установки (ВЭУ), основанная на анализе многолетних наблюдений и данных краткосрочных наблюдений за ветровым режимом. При "очистке" и переносе данных от метеостанции к месту сооружения ветроэлектрической станции (ВЭС) учитываются особенности орографии, рельефа, застроенности территории, высоты расположения оси ветроколеса.

Управлять и сохранять

Другой способ справиться с проблемами "раскачивания" энергосистемы и ненадежности электроснабжения состоит во внедрении методов прогнозирования прихода ветровой энергии. Поступление энергии от ВЭС достаточно хорошо прогнозируется, и ее энергия успешно продается на рынках мощности и энергии. В среднем точность прогнозирования суточного графика выработки ВЭС в Европе составляет 95 %.

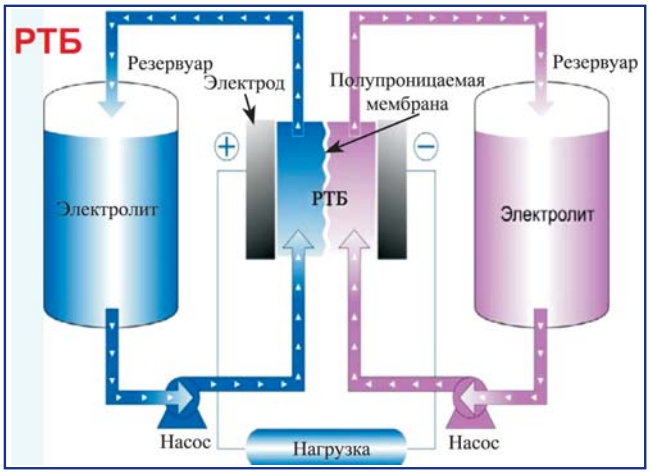
К вопросу о резервировании. Опыт эксплуатации ВЭС показывает, что существующих резервов энергосистемы достаточно при доле ветровой энергии в общем энергобалансе до 20 %. При доле свыше 20 % уже хорошо проработаны и апробированы дополнительные меры интеграции ВЭС в энергосистему.

Так же при рассмотрении вопроса об интеграции ВЭС в энергосистему не учитывается эффект сглаживания колебаний мощности при работе группы ВЭС за счет учета территориальной неравномерности распределения ветра. К примеру, если работает одна установка, то разброс мощности составляет до 65 %. При увеличении числа ВЭУ до 300 разброс будет составлять всего 5 %.

Устойчивость работы ВЭС в энергосистеме обеспечивают появившиеся за последние 5–10 лет современные ВЭУ, позволяющие производить реактивную мощность, регулировать напряжение в точке присоединения ВЭС к энергосистеме, управлять активной мощностью, сглаживать темпы изменения мощности в графике нагрузки, обеспечивать резерв и балансирование на рынке производства энергии.

Для обеспечения надежности энергоснабжения и оказания системных услуг в сетевой генерации предлагается формировать энергокомплексы на основе ВИЭ с системами гидроаккумулирования. Выполнять функцию накопителя в этом случае может водохранилище ГЭС.

Гидроаккумулирование предполагает систему из двух водохранилищ, расположенных на разном уровне. В тот период, когда выработка энергии на основе ВИЭ высокая, а спрос (и, соответственно, цена) на электроэнергию низкий, обратимые гидроагрегаты закачивают воду в верхнее водохранилище, где она находится вплоть до наступления пикового периода потребления. Затем вода через те же агрегаты сбрасы-



Регенеративные топливные батареи могут играть роль накопителей в крупной энергосистеме

вается в нижнее водохранилище, при этом вырабатывается электроэнергия (прим. ред).

Возможности гидроаккумулирования и повышения надежности энергоснабжения при совместной работе ветропарка и гидроэлектростанции с водохранилищем были оценены на примере проекта Волгоградской ВЭС и Волгоградской ГЭС. Расчеты показали возможность обеспечивать выдачу энергии в суточном графике энергосистемы с гарантией до 95 %, хотя по общепринятому представлению эта выдача носит случайный характер.

Ветродизельная электростанция на севере

Если рассматривать выработку электроэнергии в месячном режиме, то здесь объединение ГЭС и ВЭС позволяет существенно (более чем на 10 %) снизить мощность передающей подстанции. Эти примеры касаются сетевой энергетики.

В распределенной энергетике приведу пример разработки проекта строительства ветродизельной электростанции (ВДЭС) в Ямало-Ненецком автономном округе. Речь идет об объекте, который разрабатывается по инициативе Фонда инновационного развития Ямала, и который может стать пилотным проектом для внедрения энергоэффективных технологий при децентрализованном энергоснабжении.

Предлагается имеющуюся дизельную электростанцию дополнить двумя ветроагрегатами мощностью 100 кВт. Мы выполнили детальную оценку ресурсов ветровой энергии в месте размещения ВЭУ (пос. Яр-Сале ЯНАО). Были рассмотрены различные варианты состава энергокомплекса и подобран оптимальный. Наиболее эффективным оказался вариант с составом оборудования, обеспечивающим высокую долю использования ветровой энергии и с применением интеллектуальной системы управления. В результате оптимизации состава ВДЭС долю использования ветровой энергии удалось повысить с исходных 10 до 51 %, что позволяет сэкономить за время срока эксплуатации комплекса свыше 5 млн л дизельного топлива. Срок окупаемости проекта составил 6,3 года.

От частного к общему

Разработке проектов энергоснабжения с использованием ВИЭ в конкретных регионах должно сопутствовать законодательно-нормативное обеспечение, принимаемое на региональном уровне. Также необходимо разработать механизмы вывода объектов возобновляемой энергетики на рынки мощности и энергии в неценовых зонах, к которым относится большинство регионов с распределенной генерацией.

Внедрение ВИЭ в регионах требует и решения ряда других задач, как технического, так и экономического характера. Однако вложения оправдывают себя. Кроме того, во многих районах децентрализованного энергоснабжения у генерации на основе ВИЭ просто нет альтернатив.

За счет грамотного и полноценного учета всех эффектов от внедрения возобновляемой энергетики и обеспечения нормативно-правового регулирования в этой сфере, могут быть обоснованы экономически эффективные районы использования соответствующих видов ВИЭ и комплексов на их основе. Это даст мощный импульс для инновационного и коммерциализуемого развития технологий альтернативной энергетики.

Подготовила Кира Патракова
Иллюстрации предоставлены кафедрой ВИЭГ СПбГПУ
По материалам Международного электроэнергетического форума UPGrid

150-летию со дня рождения В.И. Вернадского

Учредитель –
ООО "Издательство Машиностроение"

Главный редактор
В.Ф. Третьяков – академик РАИН,
д-р хим. наук, профессор

Зам. главного редактора
Н.В. Нефёдова

Председатель редакционного совета
В.Ф. Корнюшко – д-р техн. наук,
Заслуженный деятель науки и техники РФ

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индексы по каталогам): "Роспечать" – инд. **84180**; "Пресса России"– инд. **39543**, "Почта России" – инд. **10044**

При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна.

Адрес и телефон редакции:
107076, г. Москва, Стромынский пер., д. 4
Тел.: 8 (499) 268-41-77
e-mail: info.agzk-at.@mashin.ru;
mashpubl@mashin.ru www.mashin.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Указ Президента от 21 августа 2012 г. 29
Ревякин А.И.
Имя В.И Вернадского обязывает 30
Сухорукова С.М.
Учение В.И Вернадского о биосфере – основа экологически устойчивой и эффективной экономики 31
Совет по изучению производительных сил основан в 1915 г. В.И. Вернадским 33
Гонопольский А.М.
Экологические аспекты этногенезиса 35
Лукьянов О.В.
Геодинамический мониторинг основных сооружений компрессорного цеха магистрального газопровода 49
Буковский Е.
Династия Вернадских на Тамбовщине 52
"Приютинское братство" 53
Сад его мечты 55

* * * * *

Указ Президента РФ от 21 августа 2012 г. № 1206 "О праздновании 150-летия со дня рождения В.И. Вернадского"

Учитывая выдающийся вклад русского ученого В.И. Вернадского в развитие отечественной и мировой науки и в связи с исполняющимся в 2013 году 150-летием со дня его рождения, постановляю:

1. Принять предложение Правительства Российской Федерации о праздновании в 2013 году 150-летия со дня рождения В.И. Вернадского.

2. Правительству Российской Федерации в 3-месячный срок:

образовать организационный комитет по подготовке и проведению празднования 150-летия со дня рождения В.И. Вернадского и утвердить его состав;

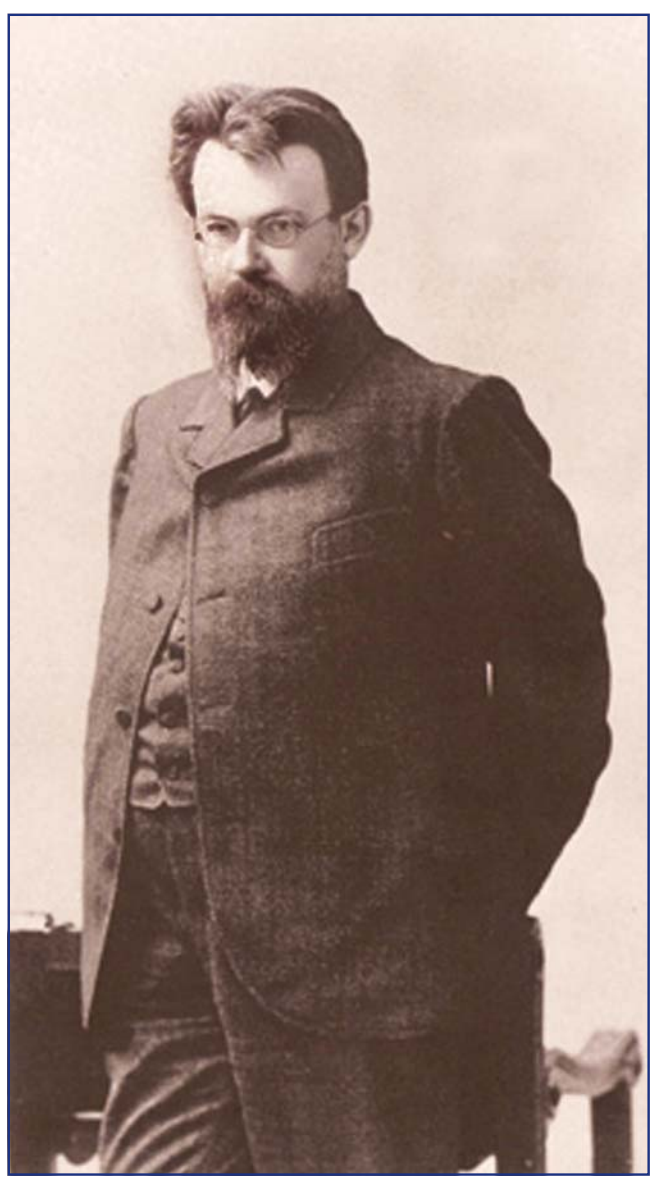
обеспечить разработку и утверждение плана основных мероприятий по подготовке и проведению празднования 150-летия со дня рождения В.И. Вернадского.

3. Министерству иностранных дел Российской Федерации и Российской академии наук проинформировать ЮНЕСКО и заинтересованные международные научные организации о праздновании в Российской Федерации в 2013 году 150-летия со дня рождения В.И. Вернадского.

4. Рекомендовать органам государственной власти субъектов Российской Федерации и органам местного самоуправления принять участие в подготовке и проведении мероприятий, посвященных празднованию 150-летия со дня рождения В.И. Вернадского.

5. Настоящий Указ вступает в силу со дня его подписания.

Президент Российской Федерации **В. Путин**
Москва, Кремль
21 августа 2012 г.
№ 1206



В.И. Вернадский – профессор Московского университета

ИМЯ В.И. ВЕРНАДСКОГО ОБЯЗЫВАЕТ

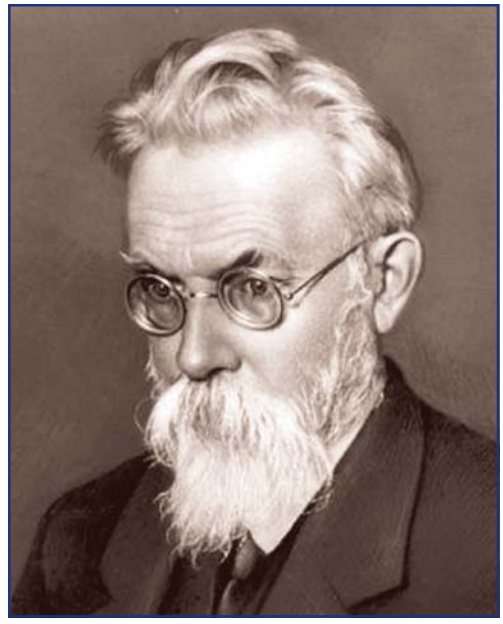
А.И. Ревякин, ученый секретарь Фонда им. В.И. Вернадского

Академик Владимир Иванович Вернадский (1863–1945 г.) – автор почти семисот статей и книг, в числе которых 78 публицистических статей, как бы подводя итоги своей жизни, сказал: "Я сделал все, что мог, и не сделал никого несчастным".

В.И. Вернадский – выдающийся российский ученый, политический деятель, основоположник целого комплекса наук о Земле: геохимии, биогеохимии, радиогеологии; создатель научной школы, академик Петербургской Академии наук (АН) с 1912 г., первый президент АН Украины (1918), академик Российской АН с 1917 г. и АН СССР с 1925 г., профессор Московского университета (1898–1911 гг.), ректор (1920 г.) Таврического Университета (г. Симферополь, Крым), организатор и директор Радиевого института (1922–1939 гг.), Биогеохимической лаборатории (с 1929 г. – ныне институт геохимии и аналитической химии РАН) и многих других научных учреждений.

Вернадский – один из лидеров земского либерализма и партии конституционных демократов. Имя В.И. Вернадского носят Государственный геологический музей, Таврический национальный университет, Институт геохимии и аналитической химии, Неправительственный экологический фонд, Национальная библиотека Украины проспекты в Москве и Киеве, малая планета, Вернадовская средняя школа в Тамбовской области, многочисленные клубы, академии, союзы, чтения.

Человек легендарной и в чем-то загадочной судьбы, В.И. Вернадский был за рубежом чрезвычайно популярен и авторитетен. А вот в своей стране, напротив, оставался малоизвестным для широких масс. Основания на то были весьма весомыми.



Во-первых, он имел самое прямое отношение к советскому атомному проекту. Это он почти сто лет назад представил в еще Императорскую академию конкретную программу поиска урановых руд и овладения энергией атомного распада.

Во-вторых, В.И. Вернадский активно занимался политикой. Он был членом ЦК партии кадетов, люто нелюбимой большевиками. Дважды избирался от Академии наук в Государственный совет царской России, был членом Временного правительства.

УЧЕНИЕ В.И. ВЕРНАДСКОГО О БИОСФЕРЕ – ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКОНОМИКИ

С.М. Сухорукова, д-р экон. наук, профессор кафедры "Эколого-экономический анализ технологий" МИТХТ им. М.В. Ломоносова

В статье показывается возможность использования учения В.И. Вернадского о биосфере для сохранения условий экономического роста и экологически устойчивого развития, рассматривается зависимость экономического роста от экологических последствий вследствие нарушения биогеохимического единства биосферы

Ключевые слова: В.И. Вернадский, биосфера, устойчивое развитие, экономический рост.

THEORY OF V.I. VERNADSKY ON THE BIOSPHERE – BASIS OF ECOLOGICALLY SUSTAINABLE AND EFFICIENT ECONOMY

S.M. Sukhorukova, Doctor of economical sciences, professor of Environmental and economic analysis of technologies department, MITHTnamed by M.V. Lomonosov

The article reveals the opportunity of using theory of V.I. Vernadsky on biosphere for maintaining conditions of economic growth and ecological sustainable development. The article demonstrates the dependence of economic growth from environmental impact due to violation of the biogeochemical unity of the biosphere.

Keywords: V.I. Vernadsky, biosphere, sustainable development, economic growth.

В.И. Вернадский над своей концепцией биосферы начал работать в то время, когда в естествознании считалось, что земная поверхность может изменяться лишь под влиянием процессов, протекающих в недрах земного шара. Но В.И. Вернадский предложил рассматривать земную поверхность во взаимодействии с процессами в околоземных пространствах. При этом существенная роль им отводилась "живому веществу", которое, будучи сопряжено с косным веществом посредством биогенной миграции атомов, превращает земную поверхность в биогеохимическую систему [1].

В докладе, представленном в Академию наук (1926 г.), В.И. Вернадский писал: "Живые организмы, взятые во всей совокупности (живое вещество), проявляют себя в биосфере, в первую очередь, через производимую ими огромную химическую работу. Эта работа выражается беспрестанным движением химических элементов земной коры (их геохимическими циклами), движением, производимым дыханием (газовый обмен), питанием, метаболизмом организмов вообще, их ростом и размножением. Эту работу следует рассматривать как проявление химической энергии биосферы, которая определяет движение всех химических элементов. В дальнейшем я назову эту химическую энергию биогеохимической".

В результате эволюции биогеохимической системы в течение многих миллионов лет создаются природные условия, необходимые для жизни человека. Но с развитием промышленного производства человек, используя ресурсы биосферы, вызывает "нового рода миграции химических элементов,

В.И. Вернадский со своими ассистентами – Слева направо: В.В. Карандеев, Г.И. Касперович, А.Е. Ферсман, П.К. Алексат

по разнообразию и мощности далеко оставляющие за особой обычную биогеохимическую энергию живого вещества планеты" [2].

С ростом масштабов промышленного производства эти изменения в биосфере становятся соизмеримы с геологическими процессами. Чтобы избежать негативных последствий и не прийти к самоуничтожению, человек при использовании биосферы должен заботиться о сохранении ее "живого вещества". Это положение можно рассматривать как научное завещание В.И. Вернадского. Однако, в наши дни ученые способствуют сокращению на Земле "живого вещества" при увеличении вещества "искусственного".

Познания в области генетики позволили ученым перейти к созданию новых (генномодифицированных) организмов, а достижения в области химии – к производству новых (отсутствующих в природе) материалов, не включающихся в естественный кругооборот вещества на планете. Нарушая принцип биогеохимического единства, о котором писал В.И. Вернадский, ученые ведут к росту экогенных заболеваний человека. При этом хозяйственная деятельность сопровождается ростом эколого-экономических издержек, поэтому необходимо признать, что экономический рост (Экон Р) обратно пропорционален росту "искусственного вещества" (Р ив), нарушающего биогеохимическое единство биосферы:

$$\text{Экон Р} = 1/\text{Р ив}.$$

Это не означает необходимости прекращения научной деятельности. Экономический рост обеспечивается не только потреблением природных ресурсов (руды, нефти, воды, древесины и т.д.), но и мыслетворчеством, если оно служит коэволюции человека и биосферы. Наблюдаемая деградация биосферы свидетельствует об антикоэволюционной направленности науки. (Накв). Поэтому логично предложить и следующую зависимость:

$$\text{Экон Р} = 1/\text{Накв}.$$

Коэволюционная направленность научного творчества предполагает и предотвращение истощения биосферы. Интеллектуальное творчество, как фактор экономического роста, должно способствовать сохранению ресурсного потенциала планеты [3]. Но все больше ученых работает над созданием космических кораблей для транспортировки ресурсов с других планет, и при этом могут быть нарушены подготавливаемые миллиардолетиями условия для "живого вещества" (В.И. Вернадский писал о "всюдности жизни"). Предупреждая возможность экологически негативных последствий космического масштаба, следует в научное творчество ввести "космический" фактор. Сам В.И. Вернадский, создавая свое учение о биосфере, использовал знания о связи нашей планеты с Солнцем, о положении Солнечной системы в галактике Млечного Пути и т.д. [4]. Кстати, у древних народов отношение к природе построено именно на астрономических знаниях и В.И. Вернадский считал, что подобные "донаучные" знания могли бы обогатить науку в изучении биосферы, как космопланетарного феномена.

Как известно, В.И. Вернадский не был кабинетным ученым. В течение своей жизни он решал многие практические задачи. Ученые, по мнению В.И. Вернадского, познавая законы природы, должны вводить их в жизнедеятельность людей. В частности, через согласование экономических законов с природными.

К экономической науке В.И. Вернадский относился серьезно. Он считал, что ни одна другая наука не представляет так ясно необходимость труда, направленного на сохранение биосферы как "общего блага". Поэтому В.И. Вернадский считал экономическую науку тесно сопряженной с вопросами нравственности. В этом представлении большую роль сыграла семья В.И. Вернадского. Отец – Иван Васильевич Вернадский (1821–1884) – основоположник истории экономической мысли в России; в свое время предложил классифицировать экономические теории по нравственным критериям, рассматривая их:

- как "положительные", когда экономическая теория служит общим интересам;
- как "отрицательные", когда экономическая теория служит индивидуальным интересам.

В семье с почтением относились и к памяти первой жены И.В. Вернадского – Марии Николаевны Вернадской (1831–1860), которая также была известным экономистом. Доказывая созидательность коллективных сил, направленных на "общее благо", М.Н. Вернадская писала: "В соединении – вся сила человечества, в разделении – его слабость. Поэтому все то, что препятствует этому соединению, вредит общему благу... причины, которые препятствуют соединению сил человечества, останавливают его развитие" [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Вернадский В.И.** Живое вещество и биосфера. М.: Наука, 1994. С. 95–98.

2. **Вернадский В.И.** Научная мысль как планетное явление. М.: Наука, 1991. 126 с.

3. **Материалы** дискуссии "Куда несет судьба Россию и мир?"// Природно-ресурсные ведомости. М.: 08.02.2006.

4. **Вернадский В.И.** Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 2001. С. 20–41.

5. **Вернадская М.Н.** Опыт популярного изложения основных начал политической экономии. СПб. 1861. 57 с.

СОВЕТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИЛ основан в 1915 г. В.И. Вернадским

История Совета по изучению производительных сил

Совет по изучению производительных сил (СОПС) – научно-исследовательское учреждение при Российской академии наук и Министерстве экономического развития России по проблемам размещения производительных сил и региональной экономике. Полное официальное название Федеральное государственное бюджетное научно-исследовательское учреждение "Совет по изучению производительных сил" (СОПС) [1].

Из Устава СОПС. Общие положения

1.1. Федеральное государственное бюджетное научно-исследовательское учреждение "Совет по изучению производительных сил" (далее – Учреждение) является федеральным бюджетным учреждением, находящимся в ведении Министерства экономического развития Российской Федерации (Минэкономразвития России) в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 29 мая 2006 г. № 332 "О некоторых вопросах, касающихся деятельности государственного научно-исследовательского учреждения "Совет по изучению производительных сил".

1.2. Учреждение создано в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 26 сентября 1997 г. № 1225 "О Совете по изучению производительных сил".

Учреждение является правопреемником Совета по размещению производительных сил и экономическому сотрудничеству Министерства экономики Российской Федерации и Министерства Российской Федерации по сотрудничеству с государствами-участниками Сотрудничества Независимых Государств и Комиссии по изучению производительных сил и природных ресурсов Российской академии наук.

Российская академия наук осуществляет научно-методическое руководство деятельности Учреждения.

История СОПС началась в 1915 г., когда академик Владимир Вернадский создал на базе Академии наук Комиссию по изучению естественных производительных сил (КЕПС) из числа основных ученых-естественников. Целью КЕПС было в короткие сроки обеспечить Российскую империю полезными ископаемыми и реформировать экономику для максимальной отдачи. Результатом деятельности КЕПС стало обеспечение империи стратегическими материалами в первой мировой войне.

После Октябрьской революции КЕПС продолжила работать в том же составе и направлении. Фактически сохранение Комиссии позволило большевикам обеспечить преемственность основных научных школ страны. Поэтому в такие короткие сроки и был разработан план ГОЭЛРО, а также восстановлено разрушенное после гражданской войны хозяйство.

Этапы развития

1915–1917 гг. – Российская императорская академия наук по инициативе академика В.И. Вернадского вынесла решение о создании Комиссии по изучению естественных производительных сил России – КЕПС, научные исследования которой в значительной степени были связаны с первой мировой войной;

В.И. Вернадский среди членов Государственного Совета

1918–1930 гг. – КЕПС принимает участие в разработке Государственного плана электрификации России, первого пятилетнего плана с расширением исследований прикладного народнохозяйственного характера;

1930–1941 гг. – на основе Комиссии по изучению естественных производительных сил и Комиссии экспедиционных исследований АН СССР создается Совет по изучению производительных сил, исследования которого были направлены на изучение природно-ресурсного потенциала страны для коренного преобразования ее хозяйства, что нашло отражение в планах довоенных пятилеток;

1941–1960 гг. – СОПС проводит работы, целью которых являлась мобилизация ресурсов восточных районов для нужд народного хозяйства в Великую Отечественную войну, послевоенного восстановления и развития экономики;

1960–1991 гг. – СОПС переходит в систему Госплана СССР, с приданием функций головной организации в территориально-экономических исследованиях, разрабатывает Генеральные схемы развития и размещения производительных сил и связанных с ней предплановых материалов;

1992–1997 гг. – СОПС преобразуется в Совет по размещению производительных сил и экономическому сотрудничеству – СОПС и ЭС Министерства экономики РФ и Госкомитета РФ по экономическому сотрудничеству с государствами-членами СНГ с сохранением ведущей роли в разработке региональных программ социально-экономического развития;

1997 г. – происходит реорганизация СОПС путем объединения Совета по размещению производительных сил и экономическому сотрудничеству – СОПС и ЭС Министерства экономики РФ и Министерства РФ по экономическому сотрудничеству с государствами–членами СНГ и Комиссии по изучению производительных сил и природных ресурсов Российской академии наук (КЕПС), вновь созданной в 1967 г. при Президиуме АН СССР.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. http://www.sops.ru/
2. http://russia-arctic.ru/news/articles/o_proekte/

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭТНОГЕНЕЗА

Часть 1. Феноменологический анализ

А.М. Гонопольский, д-р техн. наук, профессор, Московский государственный университет инженерной экологии

В статье рассмотрены биохимические аспекты этногенеза. Показано, что диссипативные потоки природных и техногенных фосфоросодержащих соединений непосредственно влияют на этносы, населяющие территории фосфатоносных бассейнов.

Ключевые слова: этногенез, фосфоризация, пассионарное напряжение, диссипативные потоки.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF ETHNOGENESIS

A.M. Gonopol'sky, doctor of technical sciences, professor, Noscow State University of Environmental Engineering

The article describes the biochemical aspects of ethnogenesis. It is shown that the dissipative flows of natural and man-made phosphorous compounds directly affect the ethnic groups inhabiting the territories of phosphatic pools.

Keywords: ethnogenesis, phosphorization, passionate tension, dissipative flows.

Материал этой статьи навеян работами гениального ученого нашего времени, основоположника этногенеза, Льва Николаевича Гумилева.

Всеобъемлющее значение этногенеза для осознания как прошлого, так и настоящего, по-видимому, еще долго будет оставаться вне поля зрения правительственных аналитиков, политтехнологов и экономистов, поскольку сиюминутность их деятельности несопоставима с масштабами трансформации этносов. Однако временные интервалы "от момента возникновения до исчезновения или перехода в состояние гомеостаза" [1] для многих этносов, особенно в наши дни, характеризуются периодами, сопоставимыми с периодами действия долгосрочных тенденций, например, в экономике [2]. В то же время совпадение временных интервалов прослеживается для характерных периодов этногенеза и экологии. Гумилев сам пишет об их прямой (не опосредованной!) взаимосвязи [1]. Однако в силу историко-географического характера своих работ он, как правило, не углублялся в естественно-научные, в том числе биохимические аспекты причин этногенеза. А причины эти, судя по всему, есть, и они действуют на всех фазах изменения пассионарного напряжения этнической системы, изображенных на рис. 1 [1]. По оси абсцисс отложено время в годах, где исходная точка кривой соответствует моменту пассионарного толчка, послужившего причиной появления этноса. По оси ординат отложено пассионарное напряжение этнической системы в трех шкалах:

1) в качественных характеристиках от уровня P_2 (неспособность удовлетворить вожделение) до уровня P_6 (жертвенность). Эти характеристики следует рассматривать как некую усредненную "физиономию" представителя этноса. Одновременно в этносе присутствуют представители всех отмеченных на рисунке типов, но господствует статистический тип, соответствующий данному уровню пассионарного напряжения;

2) в шкале – количество субэтносов (подсистем этноса). Индексы n, n+1, n+3 и т. д., где n – число субэтносов в этносе, не затронутом толчком и находящемся в гомеостазе;

3) в шкале – частота событий этнической истории (непрерывная кривая) [1].

Ведь этногенез по Гумилеву – "это процесс, проявляющийся в работе (в физическом смысле). Совершаются походы, строительство храмов и дворцов, реконструкция ландшафта, подавление несогласных внутри и вне создающейся системы. А для совершения работы нужна энергия, самая обычная, измеряемая килограммометрами или калориями. Считать же, что сознание, пусть даже этническое, может быть генератором энергии ... уместно только в фантастике" [1].

В.И. Вернадский в своей посмертной работе "Химическое строение биосферы Земли и ее окружения" [28], ввел понятие геобиохимической энергии живого вещества биосферы. Опираясь на это понятие, Гумилев пишет: "Закономерен вопрос: какое отношение имеет энергетическое поле человека к интересующей нас проблеме этноса и этногенеза? Для ответа на него

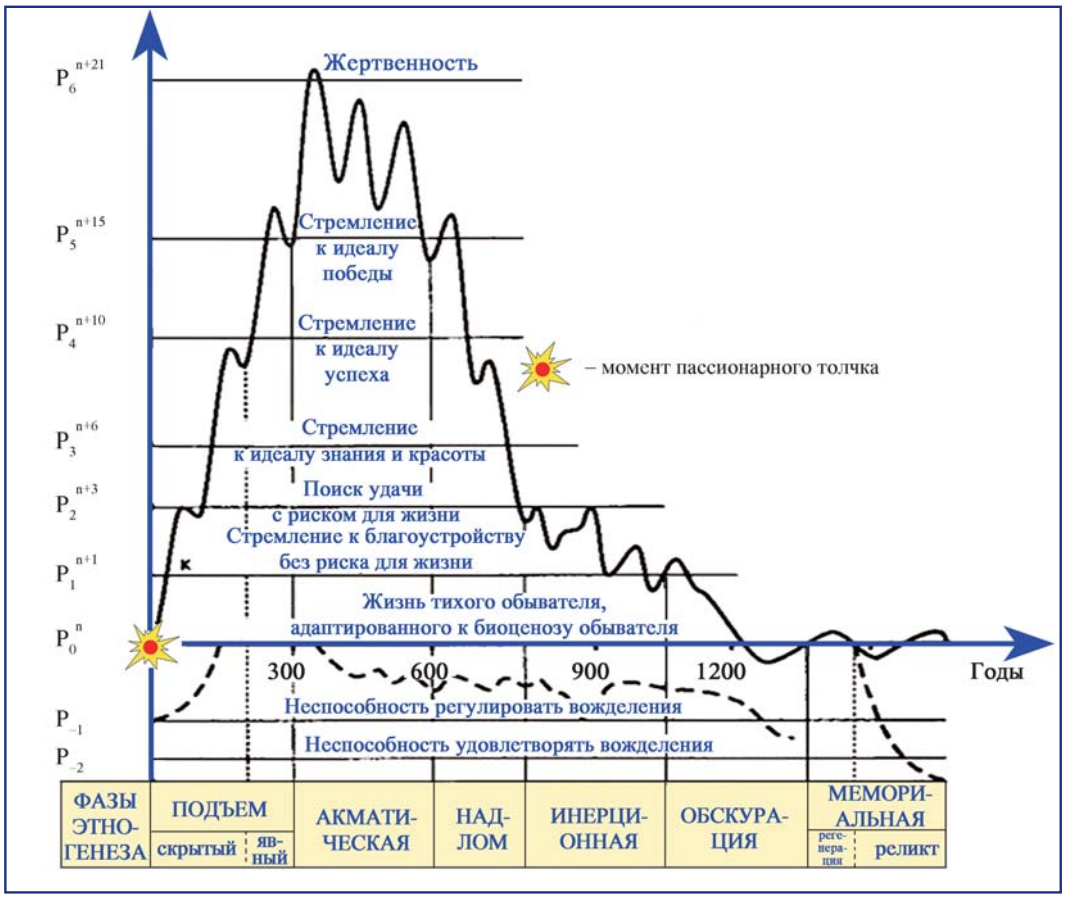


Рис. 1. *Изменение пассионарного напряжения этнической системы*

вспомним, что в основе этнического деления лежит разница поведения особей, составляющих этнос. Поэтому нас интересует, прежде всего, то влияние, которое оказывает наличие биополя особи на ее поведение" [1].

Таким образом, согласно Гумилеву, должна существовать зависимость между этногенетическим фактором – пассионарностью, т.е. избыточным энергетическим потенциалом населения, проживающего на рассматриваемой территории – этноса, и совокупностью продуктов химических реакций, протекающих в живых организмах, в том числе и в человеческих. Напрашивается аналогия между пассионарностью, выводящую этнос из равновесия в биотической системе, и потенциалом Гиббса, определяющим избыточную энергию, выводящую из равновесия термодинамическую систему. И связь эта должна носить причинно-следственный характер как в этногенезе, так и в термодинамике.

Основания для выдвижения такой гипотезы дает закон лимитирующих факторов В. Шелфорда: "Даже единственный фактор за пределами зоны своего оптимума приводит к стрессовому состоянию организма и в пределе – к его гибели" [3]. Однако нас интересует не столько организменный уровень, но прежде всего – этногенетический. В поисках искомой связи наметим следующий план исследования:

1. Анализ характерных биохимических реакций, приводящих к выделению энергии и появлению в организме веществ, вызывающих поведенческие изменения.

2. Анализ путей проникновения в организм человека исходных веществ этих реакций.

3. Анализ причин появления исходных веществ этих реакций в окружающей среде в исторической ретроспективе.

4. Сопоставление временных и концентрационных факторов появления исходных веществ этих реакций в окружающей среде с фазами изменения пассионарного напряжения этнической системы в исторической ретроспективе.

Наличие корреляций при таком сопоставлении даст основания для утверждения о существовании искомой зависимости. Однако без убедительных доказательств высказанное есть лишь еще одна из гипотез, и потому, следуя плану, попробуем рассмотреть некоторые общеизвестные научные факты в свете сделанных предположений.

1. Как известно, происходящие в живых организмах ферментативные процессы сопровождаются системой ветвящихся многостадийных биохимических реакций [4]. Так как нас интересуют их последствия, т.е. изменения пассионарного напряжения, то обратимся к рассмотрению тех реакций, в результате которых в организме образуются вещества (продукты реакции) вызывающие изменения в энергетике организма. К ним, прежде всего, относятся реакции с участием аденозинтрифосфата (АТФ). На образовании АТФ из компонентов продуктов питания останавливаться не будем, но, как известно [5], его потребление сопровождается выделением энергии, необходимой

для любой жизнедеятельности клетки и происходит при двухстадийном расщеплении АТФ в соответствии со схемой реакции

1-я стадия: АТФ + H_2O = АДФ + Фосфат + Энергия (30,6 кДж/моль);

2-я стадия: АДФ + H_2O = АМФ + Фосфат + Энергия (30,6 кДж/моль),

где АДФ – аденозиндифосфат, АМФ – аденозинмонофосфат.

При этом регулирование энергетического баланса осуществляется за счет обратимой реакции, скорость которой является функцией выделяющейся энергии:

АТФ + АМФ = 2АДФ.

Таким образом, учитывая, что в биосфере нашей планеты АТФ единый и универсальный источник энергообеспечения клетки, одним из исходных веществ, для возникновения "пассионарного толчка" и последующего развития "пассионарного напряжения", по-видимому, можно считать фосфор. Современная биохимия позволяет отнести к такого рода веществам и другие продукты многообразных реакций в организме, но так как на ход наших рассуждений этот факт не может существенно повлиять, ограничимся изложенным выше. Тем более что фосфор – важнейший биогенный элемент, и его дефицит резко снижает продуктивность растений, а, следовательно, по трофическим цепям его поток влияет на территориальную популяцию живых организмов, в том числе консументов, к которым относится и отдельный человек, и целые этносы, населяющие фосфоросодержашие территории.

В то же время избыток фосфора, например, в пресных озерных водоемах приводит к эвтрофированию. Таким образом, действие фосфора на организм полностью подчиняется закону незаменимости фундаментальных факторов В.Р. Вильямса (1949 г.), согласно которому [6]:

– малые концентрации токсиканта действуют на организм в направлении усиления его функций (их стимулирования), тогда как более высокие концентрации угнетают его или даже приводят к смерти;

– полное отсутствие в среде фундаментальных экологических факторов, в нашем случае биогенов, не может быть заменено другими факторами.

В данном случае мы полагаем, что имеем дело с концентрацией фосфора в окружающей среде, как с лимитирующим фактором.

Еще одним основанием к поиску искомой связи является закон толерантности Ю. Одума [7]:

– организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного экологического фактора и низкий диапазон в отношении другого;

– диапазон толерантности может сузиться и в отношении других экологических факторов, если условия по одному экологическому фактору не оптимальны для организма.

Графически изложенное может быть представлено на рис. 3 [5].

2. Пути проникновения фосфора в организмы людей, в силу его распространенности в природе, весьма разнообразны по причине консументности человеческой популяции. Однако большинство путей относится к трофическим цепям.

Согласно высказанному ранее предположению, некоторые исходные вещества и соединения, поступающие в организм из окружающей среды и продукты внутренних реакций, уже в малых дозах должны вызывать лишь поведенческие изменения, не опасные с точки зрения физиологии организма.

Экотоксикология дает нам широкий спектр подобных материалов. Самый известный класс фосфорсодержащих экотоксикантов включает в себя

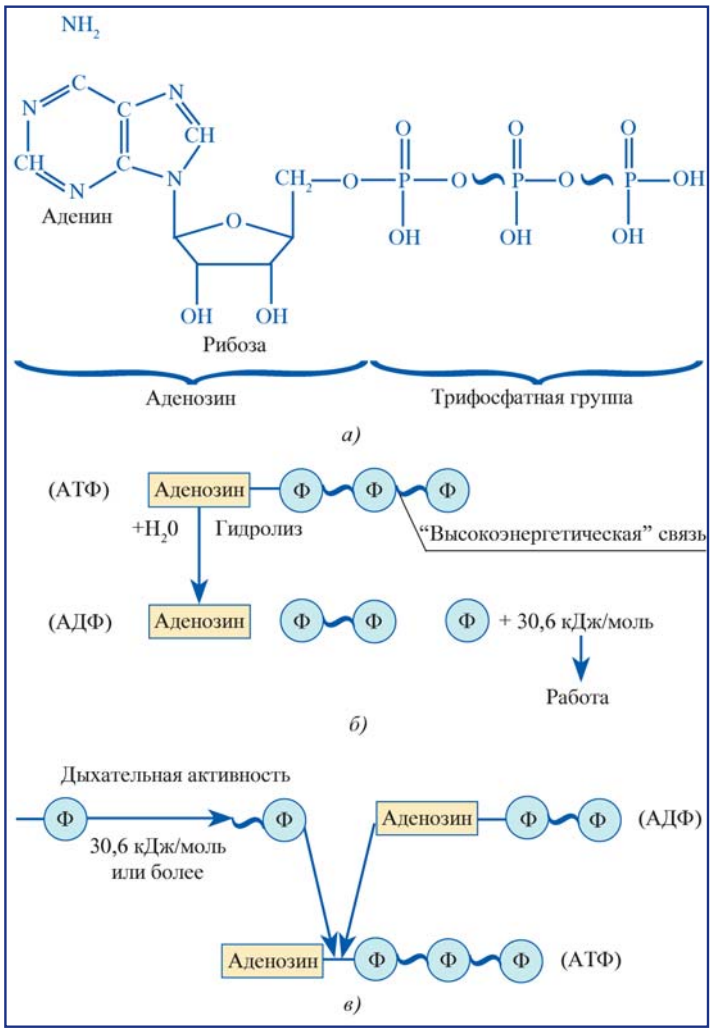


Рис. 2. Структуры АТФ и АДФ (а), гидролиз АТФ (б) и рефосфорирование АДФ в результате дыхательной активности (в): Ф — фосфатная группа

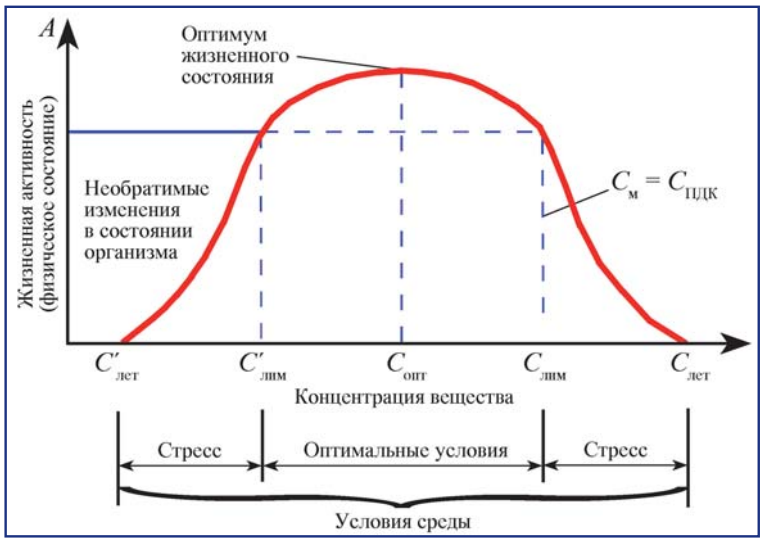


Рис. 3. *Интерпретация закона толерантности на примере воздействия на организм концентрации некоего вещества, например, фосфора, как экологического фактора:*

$C_{лет}$, $C_{лим}$, $C_{опт}$, $C_м$, $C_{ПДК}$ – концентрации: летальная, лимитирующая, оптимальная, максимальная и предельно допустимая [5]

лекарственные препараты, которые относятся к природным фосфорорганическим соединениям. Среди них, например, транквилизаторы, непосредственно регулирующие поведение человека, опасные для здоровья человека галюцогены – инсектициды и биологические пищевые добавки, активирующие жизнедеятельность в стрессовых ситуациях.

Эффект малых доз в последние годы становится все более актуальным объектом исследования влияния на человека (и любой другой живой организм) как физических факторов, так и химических факторов воздействия. Накоплен разнообразный экспериментальный материал, а главное – разработана теория, позволившая показать, что отдельные лабораторные эксперименты (эффект Петко, опыты проф. Бурлаковой, работы ученых школы академика Девяткова) [8] не могут рассматриваться как некие случайные результаты. Они демонстрируют в отдельных конкретных условиях общий закон высокой эффективности эндоэргических изотермических процессов, который имеет самое непосредственное отношение к экологии больших городов XXI в., так как именно малые дозы вредного воздействия будут в ближайшее время определять уровень заболеваемости населения промышленных городов. Это утверждение требует пояснений. Современное нормирование вредного воздействия на живой организм основано на эффекте больших доз, где опорной точкой является доза летальная абсолютная. По мере уменьшения дозы эффект воздействия уменьшается. При дозе, которую называют недействующей, эффект исчезает. Все ПДК и ПДУ разных стран мира представляют собой несколько (в разных странах в разное число раз) уменьшенную величину дозы недействующей. Такой подход к нормированию вредного воздействия молчаливо предполагает, что при более низких дозах не может быть сильного воздействия на организм. Этот подход к нормированию называется энергетическим и имеет своей основой тепловые эффекты (локальные или общие). Именно он сейчас доминирует в гигиенической науке.

Как было показано теоретическими расчетами [9] и подтверждено впоследствии многими экспериментами, малые дозы, неспособные вызвать какой-либо нагрев живого организма, могут оказывать на него поведенческое воздействие столь же сильное, как и большие дозы, вызывающие нагрев. Очевидно, что изменение парадигмы экологического нормирования позволит со временем управлять воздействием малых доз на локальные территориальные этнические группы, что в свою очередь в будущем сделает этногенез глобальным инструментом развития человечества.

Таким образом, на примере фосфора можно утверждать, что в организм человека регулярно попадает по крайней мере один широко распространенный в природе химический элемент, отвечающий требованиям по возникновению пассионарного напряжения этнической системы. Следует отметить, что подобные выводы могут быть сделаны относительно и других биогенных элементов, например, таких как калий, составляющих наряду с фосфором сырьевые ископаемые материалы, дискретно расположенные на планете и поэтому имеющие локальные пиковые территориальные концентрации. Но такие биогены, как азот и ему подобные, непрерывно распределены в атмосфере Земли, устойчивых пиковых концентраций не имеют и в механизме возникновения и развития "пассионарного напряжения", по-видимому, играют фоновую роль.

3. Анализируя пути появления фосфора в окружающей среде, можно заметить, что фосфор (кстати, как и калий) не имеет естественных источников пополнения запаса в почве, в отличие от, скажем, углерода и азота, которые легко сорбируются почвой, например, из воздуха и из некротирующих тканей погибших организмов на почвенном слое. Однако фосфор (и калий) содержатся в вулканических породах, выходы которых на поверхность в виде месторождений слаборастворимых солей кальция: фосфатов и апатитов, почти всегда находились в зонах расселения людей, образуя природные очаги экологического влияния на этногенез по механизму, описанному выше (рис. 1). Однако и эти месторождения должны иметь источник возникновения на земле, который и обсуждается далее.

Все полезные ископаемые можно условно разделить на руды-примеси и руды-породы, и если первые образуют относительно небольшие аномалии и, прежде всего, интересуют исследователей как сырье, то вторые, к которым и относятся фосфориты, занима-

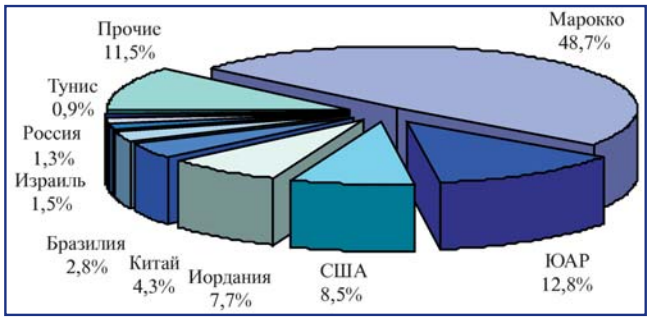


Рис. 4. *Распределение запасов фосфатов на планете*

ют огромные территории и отражают глобальные события, связанные с их возникновением. Известны четыре ведущих гипотезы образования фосфоритов: биолитная, хемогенная, вулканогенно-осадочная и биохимическая. В биолитной гипотезе первостепенное значение придается массовой гибели фауны при слиянии холодных и теплых течений, а в качестве основного источника фосфора рассматривается костный детрит. В пользу этой точки зрения свидетельствуют многочисленные биогенные текстуры и микроструктуры, выявленные в фосфоритах в последние годы. Согласно хемогенной гипотезе главную роль в образовании фосфоритов играет подъем из морских глубин к шельфу (апвелинг) насыщенных фосфатом вод, где за счет уменьшения парциального давления CO_2 фосфор выпадает из перенасыщенного фосфатами раствора в осадок хемогенным путем. Перенос фосфора в современных океанах действительно может осуществляться с помощью апвелинга. Однако осаждается фосфор не хемогенным путем, а в результате его потребления организмами в виде биогенного детрита, который затем перераспределяется в процессах диагенеза. Вулканогенно-осадочная гипотеза допускает, что фосфор и часто ассоциирующий с ним кремнезем имеют эндогенное происхождение. Развивая эту идею, авторы работы [20] связывают эпохи образования фосфоритов в венде-кембрии и мезозое с процессами рифтогенеза, полагая, что в то время базальтовая магма и эманации по глубинным разломам поступали на земную поверхность, что приводило к образованию апатитовых руд на континентах. Значительная часть фосфора при этом попадала в древние океаны, существенно повышая его концентрацию в воде, что в дальнейшем вызывало формирование крупных фосфатных провинций. Биохимическая гипотеза в качестве главного источника фосфора предполагает речной сток с гумидных равнин в море [11]. Растворенные в воде фосфаты и органические соединения концентрировались организмами. Отмирая, они опускались на дно и разлагались, и фосфор из органической формы переходил в неорганическую. При перенасыщении грунтового раствора фосфатом часть его вновь поступала в биогенный круговорот, а часть осаждалась в виде псевдобиоморфов. Новые данные периодически укрепляют позицию то одной из гипотез, то другой, но не позволяют окончательно отдать им предпочтение. Более того, у дискутирующих сторон появляется все больше аргументов против каждой из них. А в последние годы предложены и новые гипотезы фосфогенеза. Наиболее сложной проблемой остается объяснение причин образования фосфатоносных бассейнов в узком стратиграфическом промежутке и источника питания их фосфором. В настоящее время установлено, что формирование крупных фосфатоносных провинций имело место лишь в отдельные сравнительно непродолжительные периоды истории Земли (<10 млн лет): венд-ранний кембрий, пермь и поздний мел-ранний палеоген [12]. К этим трем эпохам относятся практически все известные фосфатоносные бассейны планеты. Вне указанных периодов месторождений фосфора либо очень мало или они вообще отсутствуют.

А.А. Баренбаумом и Т.В. Литвиновой [13] предлагается новая гипотеза, объясняющая существование эпох фосфатообразования и тесно связанного с ним карбонатонакопления массовым падением на Землю галактических комет. Эволюция нашей звездной системы сопровождается постоянным разрушением звезд в ее центре. Газопылевые продукты этого разрушения двумя струйными потоками истекают из ядра галактики. Распространяясь в галактической плоскости, они конденсируются в плотные облака, кометы и звезды. Солнце обращается вокруг центра Галактики по медленно эволюционирующей орбите, квазипериодически пересекая струйные потоки и спиральные галактические рукава. Поэтому в моменты таких пересечений Земля и другие планеты солнечной системы подвергаются "бомбардировкам" галактическими кометами. Масса этих комет составляет ~ $10^{13}...10^{18}$ т, а за время одной бомбардировки длительностью 1...5 млн лет на Землю может выпадать ~$10^3...10^5$, а иногда и ~10^6 галактических комет.

В геологической истории Земли моменты падений комет выделены как эпохи глобальных природных катастроф: геологических, климатических, биотических и др., которые служат границами стратонов современной стратиграфической (геохронологической) шкалы. Наиболее интенсивные кометные бомбардировки имели место в условиях одновременного пребывания Солнца в струйных потоках и спиральных галактических рукавах [14]. Предполагается, что в эпохи кометных бомбардировок наряду с кометами струйных потоков на Землю падали также кометы спиральных рукавов галактики. Согласно предложенной А.А. Баренбаумом теории [15], максимальной численности в рукавах такие кометы должны достигать на расстоянии радиуса коротации 13,5±1,0 кпс от центра галактики. Следует также ожидать, что состав этих комет отличается от вещества комет струйных потоков повышенными содержанием A1, Si, P, Ca и, вероятно, некоторых других элементов со средними атомными массами. Поэтому периоды поступления на Землю комет галактических рукавов должны характеризоваться отложением пород и руд соответствующего состава.

С целью обоснования данной гипотезы авторами было исследовано соответствие распределения разведанных запасов фосфоритовых руд по отдельным эпохам фанерозоя и венда с положением Солнца относительно центра галактики и четырех галактических рукавов при его движении по орбите. Получилось, что эпохи образования месторождений фосфора приходятся на моменты нахождения солнечной системы в спиральных галактических рукавах. Причем все три основных периода фосфатонакопления отвечают удалению Солнца от галактического центра, близкому радиусу коротации. На расстояниях от центра Галактики, меньших этого радиуса, масштабы отложения фосфоритов и, соответственно, их разведанные запасы закономерно снижаются. Для возникновения наблюдаемых фосфатоносных бассейнов содержание фосфора в галактических кометах должно составлять ~(10^{-3}...10^{-2}) %, что вполне достаточно.

Следует также подчеркнуть, что выдвигаемая авторами [13] гипотеза предлагает объяснение лишь причин массового отложения фосфора в определенные эпохи прошлого, не затрагивая механизмов образования самих фосфатовых руд, которые в большинстве своем содержат столь значительные концентрации примесей, характерных для вещества комет, что их промышленная разработка в настоящее время нерентабельна. Фосфаты в зоне гипергенеза рудных месторождений достаточно разнообразны и многочисленны. Однако значительно большее число гипергенных фосфатов связано с выветриванием пегматитов и контактово-метасоматических образований, а также с формированием осадочных марганцево-железистых месторождений и с их зонами окисления участвуют в гипергенном фосфатообразовании. Генетические особенности фосфатов нашли свое отражение в их химическом составе (нередкое присутствие вместе с "рудным" катионом нерудных элементов – Al, Ca, Na и др.) и во времени отложения – большинство минералов этого класса отвечает позднему (щелочному) этапу развития зоны гипергенеза.

Некоторые вопросы генезиса фосфатов в условиях гипергенеза рассмотрены в специальной работе (Nriagu, 1984), где приведены результаты исследований ряда европейских месторождений фосфатов: в Бельгии (Льеж), в Германии (Шварцвальд, Рехенбах, Шнееберг, в землях Гессен и Бавария), в Великобритании (Корнуолл), в Болгарии (Маджарово), во Франции (Рошфор-эн-Терр), а также в южной Швеции и в Финляндии. Следует также отметить слабую изученность фосфатов из окисленных руд, редкость находок многих из них, тонкодисперсное строение агрегатов, сходство с гипергенными арсенатами, карбонатами, сульфатами, что затрудняет их диагностирование и исследование.

Для нашего исследования логично предположить, что диссипативные потоки природных и техногенных фосфоросодержащих соединений непосредственно влияют на этносы, населяющие территории фосфатоносных бассейнов. Для оценки этого влияния необходимо определиться с мощностью диссипативных потоков, которые в свою очередь подчиняются двум факторам: географическому распределению запасов фосфатов и уровню их потерь при производственных процессах. Проанализируем эти факторы.

Запасы фосфатов характеризуются неравномерным географическим распределением. Основные запасы фосфатов расположены в Северной Африке (в основном Марокко), на Ближнем Востоке (в основном Иордания), во Флориде, Северной Каролине и на западе США. Крупными ресурсами фосфора в фосфоритах обладают Мексика, Казахстан, Перу и Ирак, в апатитовых рудах – ЮАР и Россия. Месторождения фосфоритовых руд относятся к шести геолого-промышленным типам: зернистых фосфоритов, микрозернистых фосфоритов, фосфоритовых галечников, желваковых, ракушечных и "островных" фосфоритов. Апатитовые руды месторождений трех геолого-промышленных типов разрабатываются лишь в нескольких странах, в том числе в России, обладающей уникальным Хибинским месторождением апатит-нефелиновых руд в щелочных породах. Кроме того, в России, как и в ЮАР, эксплуатируются месторождения апатит-магнетит-редкометального типа в карбонатитах; месторождения этого типа известны также в Бразилии, Габоне и ряде других стран. Крупное месторождение апатитовых руд в метаморфогенных породах разведано во Вьетнаме. Руды апатитовых месторождений, как правило, легко обогатимы благодаря сравнительно крупным размерам зерен апатита – от 0,1 мм до сантиметра. Содержания P_2O_5 в рудах карбонатитовых месторождений невысоки – 6...10 %. Месторождения этого типа обычно комплексные и часто очень крупные (Палабора в ЮАР, Ковдор в России). Хибинское месторождение апатит-нефелиновых руд в России имеет колоссальные запасы; содержания P_2O_5 колеблются от 10 до 19 % в бедных и до 28 % в богатых рудах.

Для обсуждаемой проблемы здесь важно то, что значительная часть водосбора с поверхности Хибинских гор попадает в прилегающие моря Северного Ледовитого океана. Это означает, что в зону Гольфстрима в течение многих геологических эпох с Хибин сбрасывались водорастворимые формы природных фосфатов и апатитов. Аналогичные сбросы фосфатных водорастворимых соединений в Гольфстрим имеют место во Флориде и в Мексике, а также в ряде других глобальных океанических и морских течений [19]. Из них наиболее интересны средиземноморские течения. Как известно, природные эрозионные и климатические процессы протекают медленно. Но они всегда приводят к появлению растворимых форм природных фосфатов и апатитов, участвующих в биотических циклах. Концентрация растворимых форм фосфатов и апатитов падает естественным путем за счет их иммобилизации в донных отложениях водоемов по мере удаления от месторождения [16]. В результате круговорот фосфора в природе оказывается существенно разомкнутым, мощность месторожде-

ний со временем уменьшается, а следовательно, и природные очаги экологического влияния на этногенез со временем теряют свое значение.

В этом круговороте необходимо учесть также миграцию фосфора по водным путям суши. Кластеры фосфора в океанической, озерной и речной воде содержатся в среднем с концентрацией $7{,}1 \cdot 10^{-6}$ % и $2 \cdot 10^{-6}$ % [17]. В реках европейской части России (Днепр, Кама, Южный Буг), в 50–60-х гг. XIX в. содержалось в среднем P_2O_5 от 0,17 до 0,03 мг/л [18]. Так как промышленной добычи фосфатов и апатитов в те поры не существовало, а геодинамическая обстановка в этом регионе спокойная, то есть основания полагать, что таков был этот же уровень в течение и предыдущих веков. В реках других стран содержание фосфора, в мг/л, составило: Нил (Египет) – 0,23, Дунай (Австрия) – 0,028 [18]. В работе [18] установлена линейная зависимость между величиной поступления фосфора в водоем и водным стоком района, который определяется геохимическими характеристиками водосбора. Как отмечалось, фосфор является главным элементом, ухудшающим состояние пресных озерных водоемов, вызывающим их эвтрофирование (снижение содержания O_2, увеличение концентрации хлорофилла, цветение). Все исследователи подчеркивают необходимость постоянного контроля за содержанием фосфора в водоемах (по имеющимся моделям), что позволит сохранить их от вымирания.

Другим путем поступления фосфора в биоту являются вулканические процессы, приводящие к загрязнению атмосферы. Так, по данным М.Н. Никонова (1953 г.), концентрация фосфора в воздухе вулканогенной зоны Италии составляет около 830 мг/кг, по данным К. Тамма (1958 г.), для аналогичной зоны в Исландии эта величина колеблется от 400 до 8300 мг/кг [16].

Отметим, что ПДК по фосфору для селитебной зоны во всех странах колеблется от 0,003 до 0,005 мг/кг [16]. Как известно, именно эта величина определена как несущественная для человеческого организма, с точки зрения медицины [20].

4. Заметим, что все зоны фосфорсодержащих рудных месторождений в Азии и в Европе практически совпадают с территориями крупнейших этногенетических конфликтов древности [21]. Мало того, если совместить пути крупнейших миграций народов древности по Гумилеву с геологическими картами фосфатных провинций [22] (см. список картографических источников), то все они, без исключения, проходят по зонам фосфорсодержащих рудных месторождений. Приведенные цифры свидетельствуют по крайней мере о том, что во все времена русла рек и береговые зоны морей, по берегам которых родились самые пассионарные этносы, служили источниками высоких концентраций фосфора в трофических цепях обитавшей там людей. Именно в этих зонах возникали, проходя все фазы этногенеза, величайшие империи (суперэтносы) и религиозные конфессии (химеры). Можно, конечно, объявить это случайным совпадением, но по берегам тех рек, где нет месторождений, до сих пор обитают первобытные этносы, никогда не испытавшие пассионарного толчка. К ним, прежде всего, относятся [18, 19]: Амазонка и населяющие ее этносы, Амур, Печора и т. п.

На приведенных ниже картах, заимствованных из работ Л.Н. Гумилева [1, 22], знаком обозначены разведанные фосфатоносные провинции, информация о которых содержится в отдельном обширном списке литературы в конце данной работы. Нетрудно убедиться, что пассионарные явления, в том числе великие переселения народов, создание империй, кровопролитные межконфессиональные и межэтнические войны всегда были локализованы в этих провинциях. При этом будем иметь в виду, что "вдруг" возникающий расцвет торговли, ремесел, наук, искусств – это те же проявления пассионарности в акматической фазе этногенеза. Можно предположить, что созидательные или разрушительные проявления пассионарности зависят от многих факторов, таких как мощность месторождения, численность населения, трофические цепи и т.п. Однако для определения характера пассионарности – разрушительного или созидательного – необходим еще один параметр, ибо факт наличия месторождения фосфатов на территории как источника избыточной энергии людей еще никак не определяет характер его влияния на проживающий там этнос в акматической фазе этногенеза. Для такой оценки влияния природной геохимии фосфора на этногенез, на возникновение и развитие пассионарности, оценим удельные фосфогенные нагрузки на одного человека, живущего на фосфорсодержащей территории, в исторической ретроспективе с учетом климатических факторов. На влияние этого фактора, без анализа причин его вызывающего, указывает Л.Н. Гумилев: "*Кочевое население севернее Ташкента и Чимкента, в горах Тянь-Шаня, в Южном Казахстане было крайне редкое. Жили в горах Тянь-Шаня тюргеши, ягма и чигили – три племени. А в степях жили предки печенегов, называвшиеся кангар, и сама страна называлась Кангюй. Предки туркмен – потомки парфян – жили вплоть до Сырдарьи. И этого редкого населения оказалось совершенно достаточно, чтобы остановить арабский натиск*" [1].

Для вычисления распределения показателя удельной фосфогенной нагрузки по географической карте у автора (увы!) нет достоверных сведений, ибо для этого необходимо дать историческую карту населенности территорий и поделить мощность месторождения на плотность населения в глубине веков. Однако, следуя Л.Н. Гумилеву (см. цитату выше), можно предположить, что удельная энергия пассионарного толчка есть функция удельной фосфогенной нагрузки и анализ этой функции позволяет прогнозировать его последствия: созидательные – при малых удельных нагрузках и разрушительные – при больших.

 ISSN 2073-8323

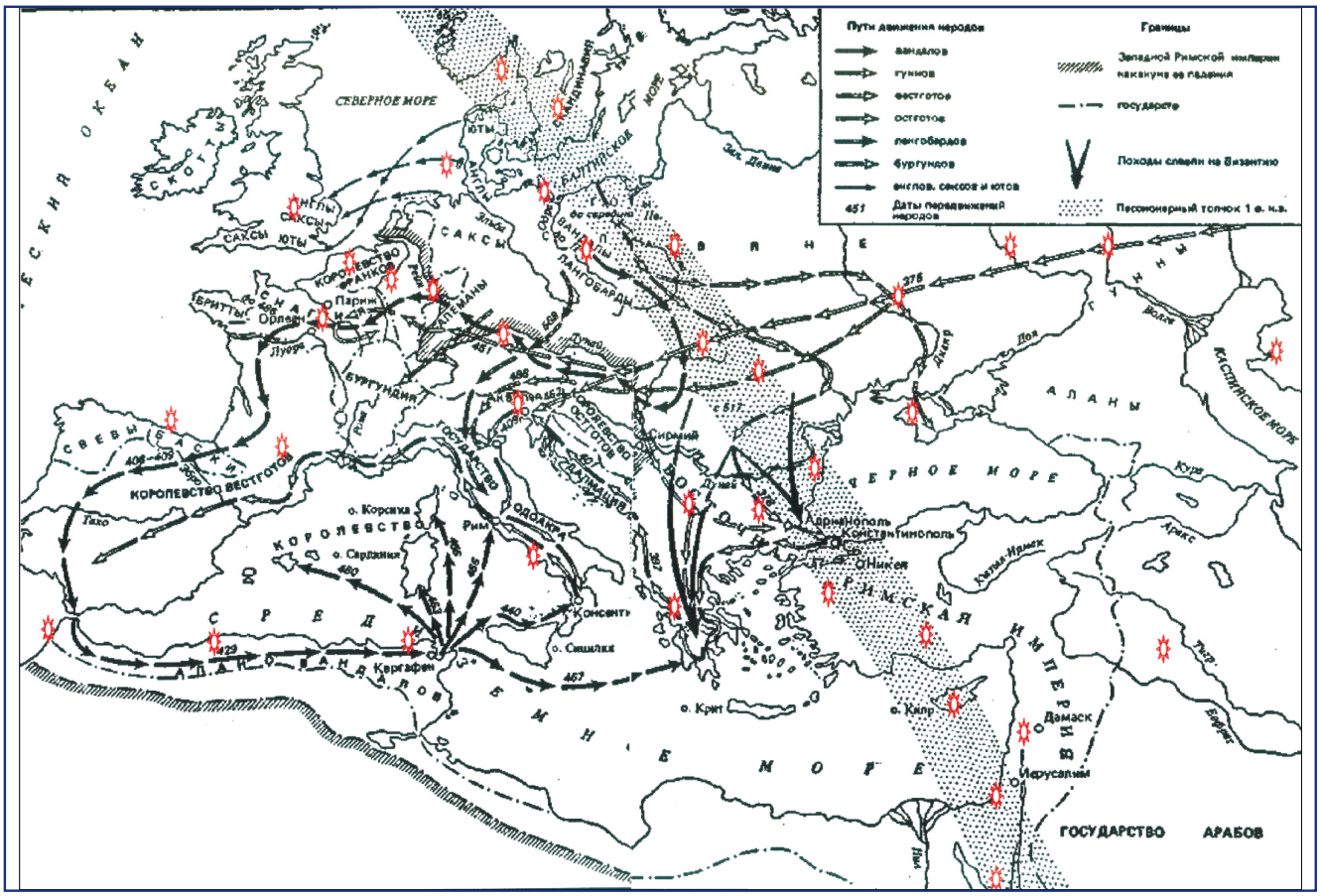


Рис. 5. Гибель римского суперэтноса и пассионарный толчок I в. н.э. [1]

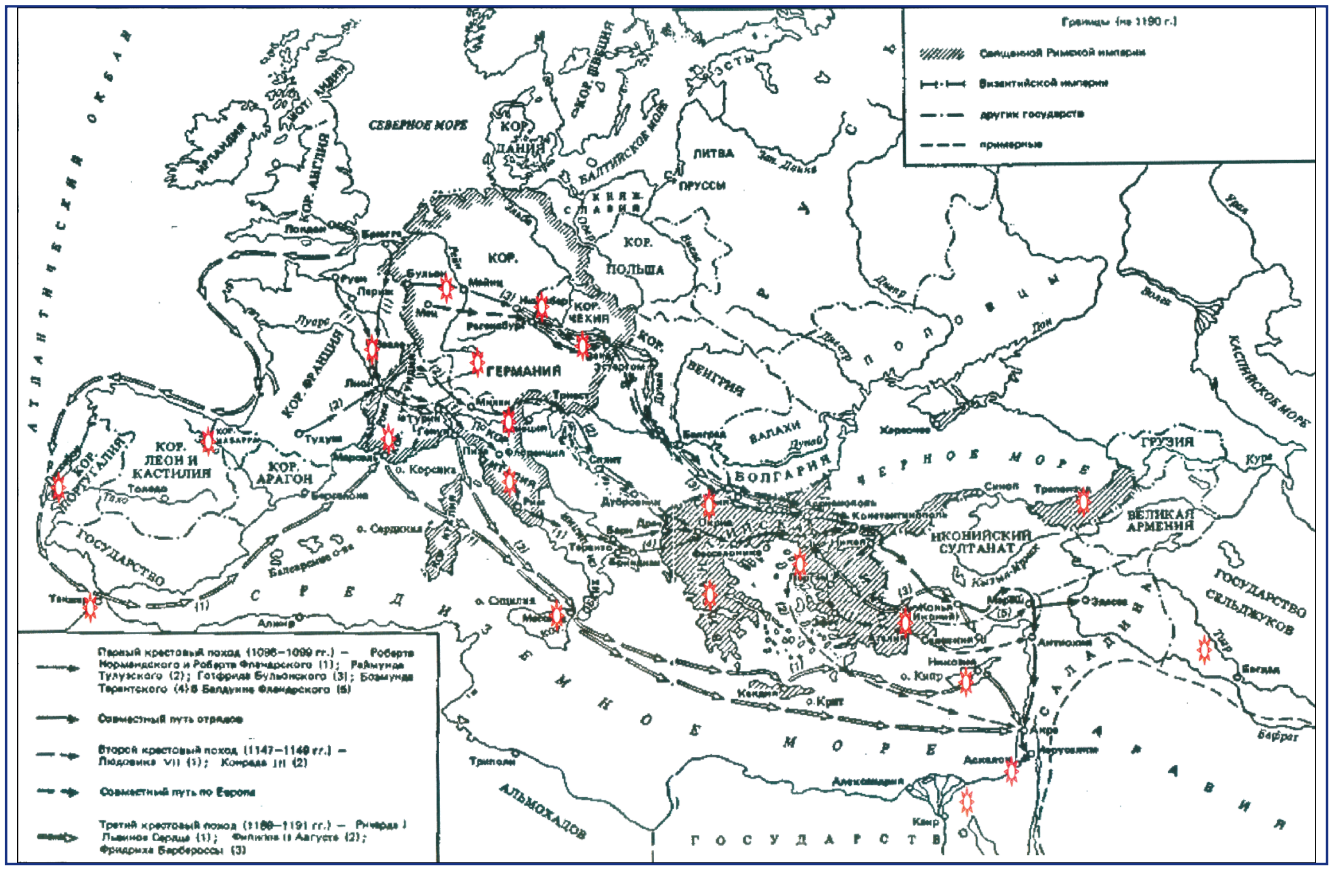


Рис. 6. Акматическая фаза западноевропейского суперэтноса. Крестовые походы [1]

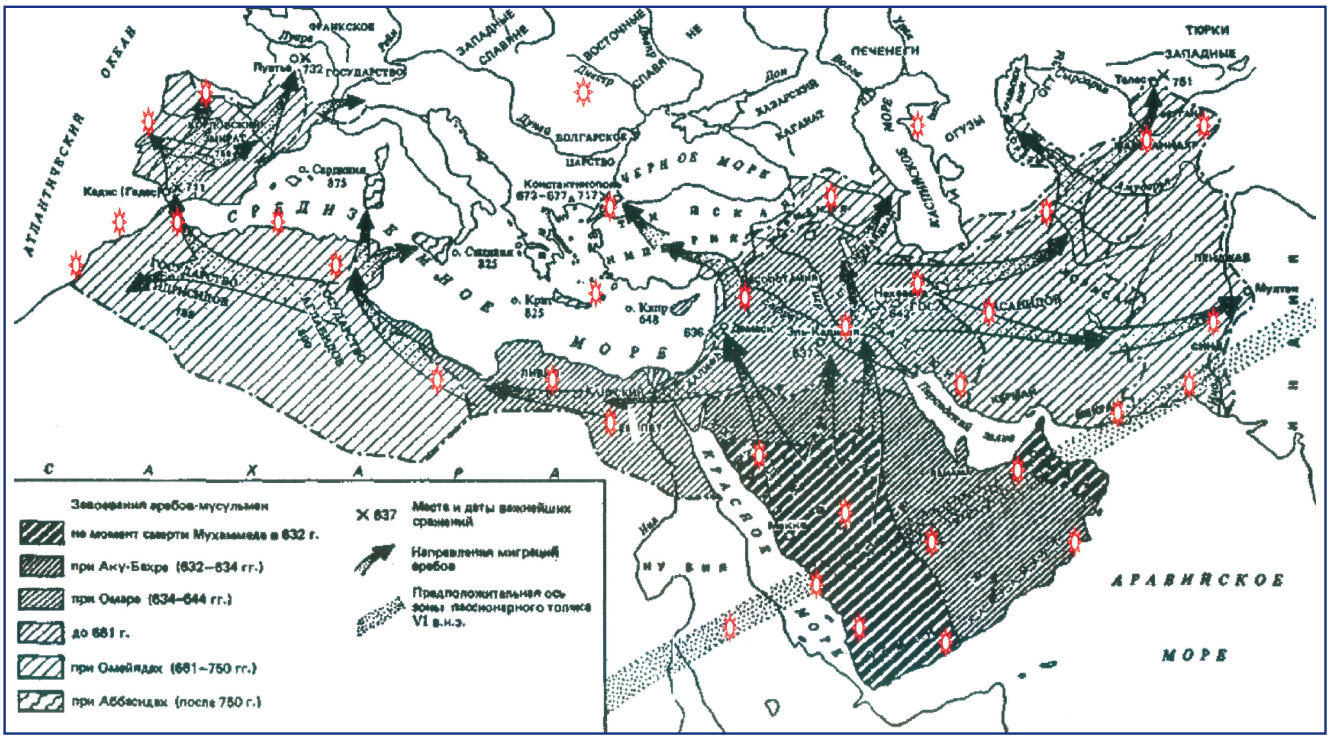


Рис. 7. Вспышка этногенеза арабов-мусульман в VII–IX вв. н.э. [1]

Ситуация на планете резко изменилась с развитием интенсивных технологий земледелия и добычи полезных ископаемых. Когда появились фосфорные и калийные удобрения, возникли техногенные очаги фосфорного загрязнения, зона распространения которых в XX в. охватила все развитые страны. Минеральные удобрения намного увеличили общее содержание мобильного фосфора в биосфере, вызвав появление целого ряда техногеохимических, экологических последствий, имеющих отношение к предмету обсуждения. И хотя процесс этот охватил весь мир, включая американский континент, юго-восточную Азию, Дальний восток, в данной работе в качестве иллюстрации рассмотрим события на Европейском континенте. В качестве примера проанализируем историю фосфатных удобрений в Российской Империи в конце XIX начале XX вв., излагаемую ниже по материалам работы [29].

Создание суперфосфатных производств на отечественном сырье стало предметом специального совещания, созванного в 1908 г. при Департаменте земледелия Главного управления землеустройства и земледелия (ГУЗЗ, бывшее Министерство земледелия). Однако приглашенные в качестве экспертов инженеры-технологи суперфосфатных заводов западных территорий Империи (принадлежавших большей частью немецким туковым корпорациям) утверждали, что отечественные фосфориты непригодны для производства суперфосфата из-за низкого содержания в них фосфорной кислоты (измерявшейся по оксиду фосфора P_2O_5). В мировой практике использовался не менее чем 20 %-й суперфосфат; из русских фосфоритов удавалось получить лишь 10 %-й. Такой продукт считали низкокачественным, "некондиционным", не имеющим удобрительной ценности. Поэтому совещание рекомендовало, начав планомерное изучение известных месторождений фосфоритов, рассмотреть возможности получения из них других удобрений, в частности двойного суперфосфата . Для этих целей в том же году под эгидой Департамента земледелия ГУЗЗ была создана Комиссия по исследованию фосфоритов. Комиссию возглавил известный геохимик и минералог профессор МСХИ Я.В. Самойлов, который отвечал за геологические изыскания и оценку сырьевых залежей. Аналитические работы, в том числе налаживание технологий переработки сырья на удобрения, были поручены Д.Н. Прянишникову и его лаборатории в МСХИ. Проводимые под руководством Я.В. Самойлова геологические изыскания выявили наличие в Империи ряда перспективных фосфоритных месторождений. Кроме Костромского месторождения (на котором с 1910 г. начал работать суперфосфатный завод Бурнаева-Курочкина близ Кинешмы, первый из использовавших отечественное сырье) одно из самых крупных оказалось в Вятской губернии. Пермское и Вятское земства изъявили готовность заняться разработкой месторождения и выпуском удобрений. Были детально исследованы Подольское (с самым высоким содержанием водорастворимой фосфорной кислоты в сырье), Костромское, Вятское, Курское, Смоленское и другие месторождения. Самойлов подтвердил: русские фосфориты не так хороши, как алжирские или канадские, которые использовал весь мир (уже до первой мировой войны химизация сельского хозяйства западной Европы и северной Америки охватывала до

80 % угодий !!!). Они как бы второго сорта и по условиям залегания, и по процентному содержанию фосфорной кислоты. Однако и из них можно получать суперфосфат. Следовательно, Россия обеспечена сырьем для производства фосфорных удобрений. Разумеется, решить проблему фосфорных и других удобрений в масштабах страны ни исследования Комиссии, ни единичные заводы не могли. Российское сельское хозяйство полностью зависело от ввоза удобрений или сырья для них из-за границы, главным образом через Германию и из Германии, имевшей мощные промышленные месторождения фосфатов. Любопытно, что это именно Германия (!) и именно в предвоенный период. По словам Прянишникова, довоенный масштаб применения удобрений в России не мог служить, "даже хотя бы самой приблизительной меркой для руководства", так, например, в то время как в небольшой по размеру Бельгии вносили более 10 пудов удобрений на десятину, в Германии – примерно 7,5 пудов, в США – 5,2 пуда, в России потребление удобрений измерялось ничтожной цифрой – 0,4 пуда на десятину. Из 46 млн пудов общего объема удобрений, заложенных в России под урожай 1913 г., 37 приходилось на фосфорнокислые удобрения, 4 – на азотистые, 5 – на калийные. При этом до 33 млн пудов выписывалось из Германии и только 13 млн пудов производилось в России.

Прежде всего, участники упомянутого совещания еще раз договорились: для России главные удобрения – фосфорные, в первую очередь фосфаты – соли фосфорной кислоты. Прянишников и Самойлов, возглавлявшие Комиссию по фосфоритам, оказались, таким образом, главными ответчиками по научной стороне фосфатного вопроса. Профессор Самойлов проинформировал собравшихся о результатах геологических исследований Комиссии. Подробный реестр залежей фосфоритов на территории Империи он рассчитывал представить через 2–3 года. Но с основными месторождениями работы уже практически завершились. По мощности залегания, доступности для разработки, процентному содержанию фосфорной кислоты в сырье Самойлов выделил пять главных месторождений: Подольское, Костромское, Черниговское, Вятское и Симбирское. Помимо крупных залежей Комиссия рекомендовала обратить внимание на скромные по объему Московское и Калужское месторождения. К другой группе были отнесены менее перспективные смоленские, рязанские и курские фосфориты. Общая мощность залегания – более 100 000 млн пудов. Прянишников от имени Комиссии по фосфоритам заявил, что Россия располагает оригинальными, доказавшими свою эффективность в заводских условиях технологиями производства суперфосфата из отечественного сырья. Комиссия предложила и возможности использования отходов военных производств. Так, на пороховых заводах в качестве побочных продуктов скапливались бисульфаты. Они частично использовались на стекольных заводах, но большей частью просто не находили спроса. Сотрудники Прянишникова В.П. Кочетков, А.В. Казаков и К.Н. Швецов разработали способ получения фосфорных удобрений на основе бисульфатов. Таким методом из размолотых фосфоритов можно было производить преципитат, или осажденный фосфат. В 1915 г. это удобрение еще находилось в стадии агрохимических опытных исследований. Но уже имелись данные о том, что преципитат также достаточно ценное, легко усваиваемое растениями удобрение (опыты И.В. Якушкина). Преципитат удавалось получать даже из фосфоритов с невысоким содержанием фосфора, таких как смоленские, рязанские и курские. Технология оказалась проста – требовались лишь деревянные резервуары для смешивания бисульфатов с фосфоритной мукой. Производство преципитата, считал Прянишников, можно было легко наладить кустарным способом. На основе того же бисульфата из костяной муки получался 11 %-й суперфосфат. Сотрудник Прянишникова С.И. Калинкин разработал эту методику еще в 1911 г., но результат тогда показался недостаточно интересным. В условиях военного времени к этим работам вернулись, и А.В. Казаков занимался совершенствованием процесса, добившись выхода 12 %-го продукта. Итог обсуждения проблемы фосфорных удобрений был сформулирован Прянишниковым в духе известной поговорки, что худо не бывает без добра. Да, война прервала ввоз удобрений и сырья для их производства из-за границы. Но тем самым она активизировала отечественные разработки в области удобрений. Война отняла серную кислоту у суперфосфатных заводов. Но она же привела к расширенному выпуску взрывчатых веществ; появилась возможность использования отходов в качестве материала для приготовления удобрений. По Прянишникову в условиях 1915 г. экономически и технологически оптимальным отечественным удобрением являлся суперфосфат. Для его производства в России имелось все необходимое – фосфориты и военные предприятия. Отсюда и вытекал естественный симбиоз производителей суперфосфата с заводами взрывчатых веществ.

По общему мнению, наиболее удобным регионом для создания суперфосфатных производств оказывалось Поволжье с его костромскими и вятскими фосфоритами, а также Симбирская губерния. Похожие, по сути, события на 20–30 лет раньше происходили в Германии, Бельгии, во Франции. Таким образом, предреволюционная горячка начала века (пик акматической фазы европейского суперэтноса!) начиналась на территориях фосфатных месторождений Европы и России и активно развивалась вследствие распространения именно там фосфорных удобрений в последней трети XIX-го и первых лет XX-го веков. С точки зрения автора, приведенных данных достаточно для того, чтобы можно было утверждать, что возникшая, в том числе и из-за избытка фосфора на всей территории Европы, агрессивная пассионарность масс стала движущей силой тоталитарных режимов, сменивших европейские монархии. Можно

также предположить, что химизация в XX в., став символом нового общественного строя, захватила весь континент, послужив запалом и второй мировой войны, и подсознательной мотивацией для создания противоборствующих военно-политических блоков послевоенного времени. С изложенных позиций нет оснований сбрасывать влияние "фосфоризации" и на сегодняшние геополитические процессы.

Следует отметить, что если природная геохимия фосфора исследована благодаря геолого-ботаническим изысканиям, то техногеохимия фосфора изучена слабо. Наибольшее количество его поступает в окружающую среду при добыче, производстве, использовании фосфорных удобрений и инсектицидов, фосфора, фосфорорганических, фторфосфорорганических (особенно продуктов органической химии), фармацевтических производств, органического синтеза, при получении органического стекла, пластмасс, спичечных, пиротехнических изделий, флотореагентов. Особенно большие массы фосфора попадают в окружающую среду на стадии добычи и получения товарной фосфорной руды; например, на Ковдорском ГОК теряется до 50 %, ПО "Каратау" – 35 %, "Апатит" – 19 %, в среднем по РФ – 28 %. При этом суммарный уровень потерь P_2O_5 от недр до поступления в растения оценивается от 75 до 90 % [28].

Основная фосфорная техногенная нагрузка связана с сельскохозяйственными удобрениями, вносимыми крупными порциями. Выносится фосфор ветровой и водной поверхностной эрозией. Сельскохозяйственное потребление фосфора значительно увеличилось во времени, например в Англии с 1924 по 1950 г. оно возросло от $130 \cdot 10^3$ до $400 \cdot 10^3$ т/год и в последние десятилетия колеблется около этого значения. В нашей стране, за последние десятилетия советской власти, количество удобрений и средств защиты, применяемых в сельском хозяйстве, выросло во много раз.

Производство удобрений и средств защиты растений – это не только клеточная энергетика, но и производство экотоксикантов 3-го класса токсичности. Так фосфорорганические инсектициды характеризуются следующими значениями $ЛД_{50}$ (мг/кг) [17]: тиофос – 6...50; метафос – 35; цианофос – 670; бромофос – 2000; фоксим – 1780; карбофос – 1400; фозалон –100; рогор – 220; метамидофос – 30...50; хлорофос – 220...1200 и др. Значения коэффициентов поступления фосфора в окружающую среду от разных источников приведены в табл. 1.

Но, кроме диссипативных потоков фосфора, не меньшую роль играют и целенаправленные техногенные потоки. Порядка 85 % добываемых фосфатов используются в сельском хозяйстве для производства химических удобрений и кормовых добавок. Остальные 15 % находят применение в различных отраслях промышленности, ведущие позиции среди которых занимает производство моющих средств (12 %). Около 30 % добываемых фосфатов используются непосредственно для производства конечного продукта, преимущественно удобрений и кормовых добавок (93 %). Другие две трети добычи перерабатываются в промежуточный продукт – фосфорную кислоту. Фосфорная кислота с различными концентрациями P_2O_5 используется в производстве удобрений и кормовых добавок с более высоким содержанием фосфора и в промышленности.

Таблица 1

Характерные масштабы техногенного поступления фосфора, г/(м^2·год)

Источник	Высокие	Средние	Низкие
Сельское хозяйство	0,30	0,04...0,17	0,010
Городские стоки*	0,50	0,08...0,30	0,050
Атмосферные осадки	0,060	0,02...0,05	0,015
Лес	0,045	0,015...0,030	0,002
Септические емкости (г/ед.емкости·год)	1800	400...900	300

* Значение зависит от того, разрешено ли в стране использовать фосфатные детергенты

По оценкам US Geological Survey, мировые запасы фосфорсодержащих руд, затраты на добычу которых не превышают $36 за т, составляют примерно 12 млрд т и при сохранении текущего годового объема добычи будут исчерпаны через 85 лет. Мировые запасы фосфорсодержащих руд, затраты на добычу которых не превышают $90 за т, составляют примерно 37 млрд т и при сохранении текущего годового объема добычи будут исчерпаны через 260 лет.

Динамика объема потребления и, следовательно, производства удобрений вплоть до 1988 г. коррелировала с динамикой численности населения. Устойчивость корреляции была нарушена в конце 1980-х – начале 1990-х гг. в основном в связи со спадом в сельскохозяйственном производстве в странах бывшего СССР и восстановилась, лишь начиная с 1994–1995 гг. Наи-

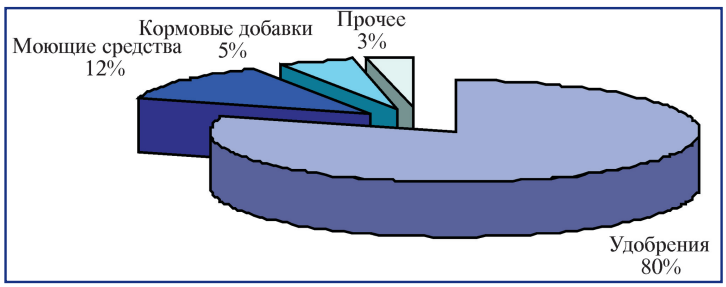


Рис. 8. *Использование добываемых фосфатов для производства продукции*

 ISSN 2073-8323

Таблица 2

Страна	Добыча		Запасы	
	1999	2000	доказанные	извлекаемые
США	40,6	39,7	1 000	4 000
Китай	25,1	26,0	500	1 200
Марокко	24,0	21,0	5 700	21 000
Россия	11,1	11,0	150	1 000
Тунис	8,0	8,0	100	600
Иордания	6,0	6,0	900	1 700
Бразилия	4,1	4,3	330	370
Израиль	4,1	3,8	180	180
ЮАР	2,9	2,6	1 500	2 500
Сирия	2,1	2,4	60	100
Сенегал	1,8	1,8	50	160
Того	1,7	1,5	30	60
Прочие	9,5	11,2	1 200	4 000
Всего	141,0	913,0	12 000	37 000

больший рост потребления фосфорсодержащей руды отмечается сейчас в странах Северной Африки, Среднего Востока и в Китае, т.е. в наиболее пассионарных регионах мира. Хотя проявления пассионарности на этих территориях различны.

Значимой отраслью-потребителем фосфорсодержащего сырья является производство синтетических моющих средств (СМС). Развитие этого производства затрудняется ужесточением законодательства о загрязнении окружающей среды, так как именно при потреблении моющих средств возникают водо-растворимые формы фосфорсодержащих соединений, которые по трофическим цепям поступают в организмы. Однако потребление моющих средств растет в основном за счет развивающихся стран, так как там эти СМС являются немногими доступными средствами санитарии и гигиены для большей части населения. Современная история ежедневно приносит нам новости о локальных пассионарных вспышках именно из этих стран, такие совпадения трудно назвать случайными.

Потребление кормовых добавок зависит, прежде всего, от числа животных на откорме, зависящего в свою очередь от численности населения, диетических предпочтений (замена мяса птицей в развитых странах и рост потребления мяса при росте доходов населения в развивающихся странах) и макроэкономических колебаний (распад СССР). И вновь мы видим трофические цепи поступления фосфора.

В течение пяти лет вплоть до 1993 г. использование кормовых добавок сокращалось в среднем на 2,7 % в год, так как рост потребления в развитых и развивающихся странах не мог противостоять значительному спаду потребления кормовых добавок в странах бывшего СССР и СЭВ. Обращает на себя внимание одновременный рост пассионарности в тех странах, которые были захвачены этим процессом. В настоящее время рост потребления кормовых добавок стабилизировался на уровне 2,0...2,5 % в год [2], что соответствует общему росту потребления на этих территориях. Следует отметить, что рост потребления сопровождается здесь значительным демографическим спадом, т.е. удельное потребление фосфора на душу населения возрастает. Следуя логике наших рассуждений, в ближайшее время ждать спада пассионарной напряженности на этих территориях не приходится и "оранжевые" революции тому примером.

Совокупный объем экспорта фосфатов в последние несколько лет стабилизировался на уровне чуть больше 30 млн т/год. Объем экспорта напрямую зависит от колебаний спроса на фосфорную кислоту – продукцию перерабатывающих фосфаты заводов. Ожидается, что в долгосрочном периоде объемы экспорта руды будут сокращаться, так как страны-производители стремятся наращивать собственные перерабатывающие мощности, диссипируя соединения фосфора на собственной территории.

Шесть ведущих экспортеров (включая Россию) имеют рыночную долю, равную почти 80 % мирового экспорта. При этом десять крупнейших импортеров руды потребляют лишь 58 % объема экспорта [2].

Изложенные аналитические материалы уже дают основания для некоторых выводов:

Рис 9. *Динамика мировой добычи фосфатов, млн т, по годам*

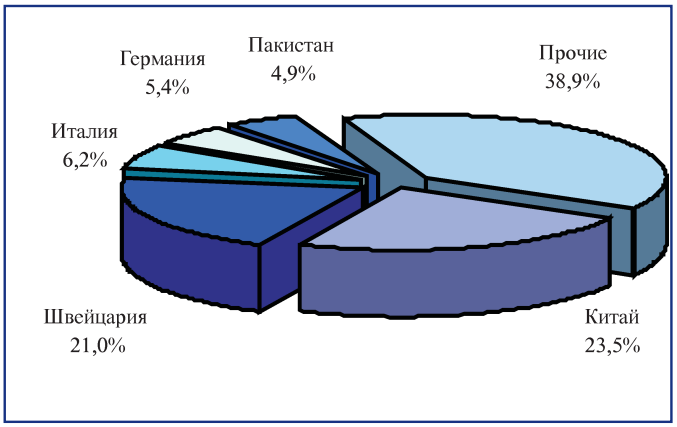


Рис. 10

– "фосфоризация" территорий как стран-потребителей, так и стран-производителей фосфорсодержащей продукции за последние 70–80 лет возросла в разы по сравнению со всей предыдущей историей человечества;

– в этот же период на тех же территориях произошли невиданные ранее выбросы энергии в виде кровавых конфликтов XX-го в., которые, согласно Л.Н. Гумилеву [1], есть проявления пассионарности этносов в акматической фазе этногенеза;

– согласно приведенным оценкам "фосфоризация" территорий будет продолжаться еще около четырехсот лет, при этом, следуя выдвинутой гипотезе, пассионарность будет только возрастать, а устойчивость развития цивилизации, т.е. способность к локализации и купированию конфликтов будет падать.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гумилев Л.Н.** Конец и вновь начало: Популярные лекции по народоведению. Серия "Вехи истории". СПб.: СЗКЭО, Издательский Дом "Кристалл", 2003. 416 с.

2. **Лосев К.С.** Экологические проблемы и перспективы устойчивого развития России в XXI веке. М.: Космосинформ, 2001. 400 с.

3. **Данилов-Данильян В.И.** Экология, охрана природы и экологическая безопасность. М. 1997.

4. **Рузалин Г.И.** Концепция современного естествознания. М. 1997.

5. **Николайкин Н.Н., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П.** Экология: учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Дрофа, 2003.

6. **Реймерс Н.Ф.** Охрана природы и окружающей человека среды: словарь-справочник. М.: Просвещение, 1992. 320 с.

7. **Одум Ю.** Экология: В 2 т. М.: Мир, 1986.

8. **Чукова Ю.П.** Изучение влияния промышленного производства и диагностических процессов на здоровье населения // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. 1997. № 1–2. С. 47–59.

9. **Чукова Ю.П.** Эффект малых доз и его роль в заболеваемости населения больших городов. Междунар. конгр. по проблемам окружающей среды и урбанизации "Человек в большом городе": тез. докл. М.: 1–4 июня 1998. С. 27.

10. **Объяснительная** записка к Металлогенической карте Мирового океана / под ред. С.И. Андреева. СПб. 1998.

11. **Вернадский В.И.** Избранные сочинения. М., 1954.

12. **Базилевская Е.С., Пущаровский Ю.М.** Океанское марганценакопление в свете исторической тектоники // Российский журнал наук о Земле. 1999. Т. 1. № 3.

13. **Баренбаум А.А., Литвинова Т.В.** Периодичность эпох фосфатонакопления и ее возможные космические причины // ДАН. 2002. Т. 385. № 2.

14. **Баренбаум А.А., Литвинова Т.В.** Распространение солей и фосфоритов в свете космической гипотезы // ДАН. 2003. Т. 389. № 2.

15. **Баренбаум А.А.** Двойственная природа спиральных галактик / Циклы природных процессов, опасных явлений и экологическое прогнозирование. М., 1993. Вып. 3.

16. **Мазур И.И., Молдаванов О.И., Шишов В.Н.** Инженерная экология. Общий курс. В 2-х томах. Т. 2: Справочное пособие / под ред. И.И. Мазура. М.: Высшая школа, 1996. 655 с.: ил.

17. **Новиков Ю.В., Подольский В.М.** Среда обитания и человек. Учебное пособие для студентов мед. вузов: В 2-х частях. М.: Информационно-издательский центр Госсанэпиднадзора России, 1994. Ч. 1. 398 с.

18. **Алекин О.А.** Химический анализ вод суши при стационарном их изучении. Тр. Гидрогеологического Ин-та. Ленинград. 1954.

19. **Алекин О.А.** Химия океана. Ленинград: Наука, 1966.

20. **Милановский Е.Е.** Рифтогенез и его роль в развитии Земли // СОЖ. 1999. № 8. С. 60–70.

21. **Протасов В.Ф.** Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. М.: Финансы и статистика, 1999.

22. **Гумилев Л.Н.** Поиски вымышленного царства: серия "Вехи истории". СПб.: СЗКЭО, Издательский Дом "Кристалл", 2003. 448 с.

23. **Савельева Л.Е., Козаренко А.Е.** Геология. Методы реконструкции прошлого Земли. Основы геотектоники. Геологическая история. В 2-х частях. Владивосток.: Изд-во Владос, 2004. 525 с.

24. **Технологии** фосфорного производства.

25. **Минеральные** ресурсы мира. Сб. статей. М.: Информационно-аналитический центр "Минерал", 2004.

26. **Производство** минеральных удобрений в России: современное состояние и перспективы развития // Рынок Ценных Бумаг. 2000. № 20.

27. **Рынок** фосфорных удобрений. Препринт. Изд-во Министерства антимонопольной политики РФ, 2003.

28. **Вернадский В.И.** Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., 1965.

29. **Елина О.Ю.** Мир, война и "туковый вопрос" (из истории производства минеральных удобрений в России, 1900–1920-е гг.) // Вопросы истории естествознания и техники. 2001. № 3.

Список картографических источников

Актюбинский фосфоритоносный бассейн / В.И. Железко; ... Ин-т геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. 50 [1] с. ил. 20 см. Препр. Свердловск УНЦ АН СССР, 1987.

Баренцевоморский фосфоритовый бассейн – The Barents sea phosphorite basin / В.З. Негруца, А.А. Басалаев, И.В. Чикирев; под ред. Ф.П. Митрофанова; Рос. АН. Кол. науч. центр. Геол. ин-т. 116. [2] с. ил. 26 см. Апатиты КНЦ РАН, 1994.

Вещественный состав эоценовых зернистых фосфоритов Средней Азии: (На прим. Центрально-кызылкум. фосфоритонос. р-на) / В.С. Бойко, Ю.П. Журавлев, А.З. Юлдашев. 43 с. ил. 20 см. М.: Отд-ние НТИ ВИЭМС, 1986.

Геологические проблемы фосфоритонакопления: [Материалы совещ. 11–13 окт. 1983 г., Зарафшан] / Отв. ред. А.С. Соколов 167 [1] с. [1] л. ил. 24 см. М.: Наука, 1987.

Геология и разведка месторождений фосфатных руд / под ред. А.С. Соколова и др. 161 с. ил., 1 л. ил. 21 см. М.: ГИГХС, 1985.

Геология месторождений фосфоритов : сб. ст. / пер. с англ. Г.Н. Соколовой и С.С. Чекина. Сост., ред. и предисл. Ю.Н. Занина 310 с. ил. карт. 1 л. карт. 22 см. М.: Мир, 1983.

Геология месторождений фосфоритов и проблемы фосфоритообразования – Geology of phosphorite deposits and problems of phosphoritegenesis: сб. науч. тр. [Докл. конф., июнь 1980 г. Улан-Батор / редкол.: А.В. Ильин (отв. ред.) и др.] 172 с. ил., 3 л. ил. 20 см. Новосибирск: ИГИГ, 1982.

Геолого-промышленные основы поисков и оценки месторождений фосфоритов / Ю.А. Киперман. 166 с. ил. 21 см. М.: Недра, 1981.

Геолого-технологические модели месторождений фосфоритовых руд / ВНИИ неруд. полез. ископаемых. [Сост. В.С. Бойко и др.] 155 [2] с. ил. 22 см. М.: Недра, 1986.

Геолого-экономическая оценка нетрадиционного высокомагнезиального фосфатного сырья Прибалтики / Ю.А. Киперман, Ф.Д. Ларичкин, В.Г. Загураев и др. 46 с. ил., карт. 20 см. М.: ВИЭМС, 1983.

Геолого-экономическая оценка нетрадиционных источников фосфорсодержащего сырья / Ю.А. Киперман, Ф.Д. Ларичкин, В.Г. Загураев и др. 47 [1] с. 20 см. М.: ВИЭМС, 1987.

Геолого-экономический анализ агрофосфатных ресурсов Сибири / Г.Г. Шалмина. Отв. ред. А.Д. Коробкин, Ю.Н. Занин. 128 с. ил. 21 см. Новосибирск: Наука Сиб. отд-ние, 1984.

Древние фосфатоносные бассейны / А.В. Ильин; Отв. ред. А.Л. Яншин. АН СССР. Ин-т литосферы, Междунар. прогр. геол. корреляции. Проект 156 "Фосфориты" 174 с. ил. 22 см. М.: Наука, 1990.

Задачи изучения и перспективы освоения фосфатного сырья Сибири и Дальнего Востока. Материалы науч.-техн. совещ., 23–25 сент. 1980 г., Улан-Удэ / Под ред. Н.А. Красильниковой и др. 124 с. 21 см. М.: ГИГХС, 1982 (вып. дан. 1983).

Закономерности размещения промышленных месторождений фосфоритов докембрия и фанерозоя мира – Distribution regularitees of precambrian and phanerozoic commercial phosphorite deposits in the world: [Сб. статей]. 207 с. ил., карт. 21 см. М.: Недра, 1981.

Месторождения фосфоритов и апатитов Сибири и Дальнего Востока / Ю.Н. Занин, В.Г. Матухина, Б.Г. Краевский и др.; отв. ред. Ю.Н. Занин, В.Г. Матухина]. 187 с. ил., 2 л. карт. 20 см. Новосибирск: ИГИГ, 1983.

Окино-Китайский фосфоритоносный район и его перспективы / М.М. Язмир, П.А. Егоров, Т.Я. Зарипова и др. 38. [1] с. ил. 20 см. М.: ВИЭМС, 1987.

Проблемы развития и рационального использования ресурсов Прибалтийского фосфоритоносного бассейна / под ред. М.Е. Певзнера, Н.К. Шуваловой. 153 с. ил. 22 см. М.: ГИГХС, 1985.

Ресурсы фосфоритов Марокко: [Обзор] / В.И. Покрышкин, В.Н. Выдрин, И.М. Зубкова. 44 с. 20 см. М.: ОЦНТИ ВИЭМС, 1979.

Фосфатные руды Казахстана – Phosphate rocks in Kazakhstan: Проект 156: Фосфориты / [В.Г. Сагунов, Г.Р. Вирт, А. Несипбаев и др.; Отв. ред. Э.А. Еганов]. АН КазССР. Ин-т геол. наук им. К.И. Сатпаева, [YUCP JUYS UNESCO] 199 [1] с. ил. 22 см. Алма-Ата: Наука КазССР, 1990.

Фосфатоносные отложения ордовика Прибалтики / [В.С. Ванчугов, Э.К. Кивимяги, Л.И. Горбунова и др.; Науч. ред. А.А. Арсеньев, Л.И. Горбунова] 130 с. ил. 21 см. М.: Недра, 1979.

Фосфаты Востока Азии и прилегающих морей: сб. науч. тр. / АН СССР. Дальневост. науч. центр. Амур. комплекс. НИИ; [Редкол.: С.С. Зимин (отв. ред.) и др.] 203 с. ил., 2 л. ил. 21 см. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984.

Фосфаты Дальнего Востока: [Сб. статей] / АН СССР. Дальневост. науч. центр. Дальневост. геол. ин-т. [Отв. ред. С.С. Зимин] 148 с. ил., 1 л. табл. 22 см. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980.

Фосфоритоносные бассейны северной части Аравийско-Африканской фосфоритоносной провинции / В.И. Покрышкин, Е.Д. Сулиди-Кондратьев, В.В. Козлов. 61 с., карт. 20 см.. М.: ВИЭМС, 1979.

Фосфориты Белоруссии (Г.В. Богомолов, В.А. Еременко. Экономико-экологические аспекты промышленного освоения) 118 с. ил. 20 см. Минск: Наука и техника, 1981.

Фосфориты запада Украины: Проект № 86 "Вост.-Европ. платформа (юго-зап. край)" / Ю.Н. Сеньковский, В.В. Глушко, А.Ю. Сеньковский. АН УССР Ин-т геологии и геохимии горючих ископаемых. Нац. ком. УССР Междунар. программы геол. Корреляции. 129 [2] с., [6] л. ил. 26 см. Киев: Наук. думка, 1989.

Фосфориты и фосфатизированные породы Атлантического и Индийского океанов / В.Х. Геворкьян, Г.Н. Батурин, Ю.Г. Чугунный. АН УССР. Ин-т геол. Наук 188 с., [12] л. ил. 26 см. Киев: Наук. думка, 1990.

Фосфориты Центрально-Черноземного района России / А.Д. Савко, В.И. Беляев, С.В. Мануковский. 182, [1] с., [26] л. ил. 21 см. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1994.

Фосфориты Каратау / Под ред. А.С. Соколова и др. 181 с. [4] л. ил. 22 см. М.: ГИГХС, 1987.

Фосфориты Китая / А.В. Ильин 51. [1] с. ил. 20 см. М.: ВИЭМС, 1986.

Центральнокызылкумский фосфоритоносный район и его перспективы / Т.Ш. Шаякубов, А.С. Михайлов, В.С. Бойко и др. 28 с. ил. 20 см. М.: ВИЭМС, 1983.

Эпохи промышленного фосфатообразования и перспективы развития сырьевой базы: Тез. докл. всесоюз. науч. совещ., посвящ. памяти выдающегося исследователя фосфоритов Б.М. Гиммельфарба / [Отв. ред. А.С. Соколов] 84. [1] с. портр. 20 см. Черкассы: Отделение НИИТЭхима, 1990.

Яхонтова Л.К., Зверева В.П. Основы минералогии гипергенеза: учеб. пособие. Владивосток: Дальнаука, 2000. 331 с. ISBN 5-7442-1235-3.

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОСНОВНЫХ СООРУЖЕНИЙ КОМПРЕССОРНОГО ЦЕХА МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА

О.В. Лукьянов, канд. техн. наук, главный инженер проекта ЗАО "НПФ "ДИЭМ"

В статье обосновано применение геодинамического мониторинга на промплощадке компрессорной станции и рассмотрены вычислительные аспекты обработки информации о деформациях фундаментов и сооружений.

Ключевые слова: геодинамический мониторинг, магистральный газопровод, безопасная эксплуатация.

GEODYNAMIC MONITORING MAIN STRUCTURES OF THE PIPELINE COMPRESSOR PLANT

O.V. Luk'yanov, Ph.D., deputy director for project activities of JSC SPC "DIEM"

The geodynamic monitoring application in the industrial area of compressor station is substantiated and the computational aspects of information processing on deformations of foundations and structures are discussed in this article.

Keywords: geodynamic monitoring, pipeline, safe operation.

Введение

Объекты транспорта газа, в первую очередь магистральные газопроводы, компрессорные станции, подземные хранилища представляют собой весьма сложные и ответственные сооружения, безопасность и эффективность работы которых должна обеспечиваться в течение длительного времени. Нарушения в их работе могут сопровождаться весьма тяжелыми последствиями не только для самих сооружений, но и для окружающей среды [1].

В последние годы произошел радикальный пересмотр взглядов на роль геодинамического фактора при оценке риска наступления чрезвычайных ситуаций, возникающих при функционировании указанных объектов. Известны случаи интенсивных (более метра) просадок земной поверхности, техногенной сейсмичности и резкой активизации разломов на ряде газовых месторождений, которые неоднократно приводили к эколого-экономическому ущербу. Выявлена связь аварийности отдельных участков магистральных трубопроводных систем с зонами геодинамически активных разломов. При этом аномальная геодинамическая активность разломов характерна как для сейсмоактивных, так и для асейсмичных регионов. Все это определяет необходимость регламентации безопасного функционирования объектов газовой промышленности с учетом геодинамического фактора [2, 3, 12, 13].

Геодинамический мониторинг (ГМ) основных сооружений в энергетике, добывающих отраслях промышленности и на транспорте предназначен для своевременного выявления критических значений величин ускорений и деформаций земной коры, которые могут привести к нарушению пределов и условий безопасной эксплуатации промышленных объектов, составления прогнозов развития опасных изменений и выработки управленческих решений [1, 2].

Система геодинамического мониторинга (СГМ) включает в себя две базовые подсистемы: сейсмологического мониторинга (СМ) и геодеформационного мониторинга (ГДМ). СМ предназначен для наблюдения за промышленными объектами на территориях с заведомо высокой вероятностью сейсмических событий [3]. Примером такого объекта может служить магистральный газопровод "Сахалин–Хабаровск–Владивосток". Информационной основой СМ является наземное оборудование, включающее систему станций, оборудованных сейсмометрами, а также системами связи и обработки информации, обеспечение временной привязки осуществляется с помощью глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) [4].

Геодеформационный мониторинг в основном используется для выявления критических деформаций земной коры на территориях с различным уровнем сейсмической активности, к которым относится большинство районов России. При этом величины среднегодовых скоростей относительных деформаций могут достигать значительных величин ($5\cdot10^{-5}...5\cdot10^{-4}$ в год). Такие деформации, учитывая, что опасные деформации регламентируются нормативами на уровне 10^{-3}, представляют собой существенную опасность, поскольку за период эксплуатации особо ответственных сооружений (50–100 лет) они могут достигать критических (пороговых) величин [12].

ГНСС в таких измерениях ГДМ не всегда могут обеспечить достаточную чувствительность, даже при использовании одновременно 5 и 6 спутников [4].

Информационной основой ГДМ является система реперов, традиционные геодезические сенсоры (цифровые нивелиры, лазерные дальномеры, электронные тахеометры) и программные средства обработки информации о вертикальных и горизонтальных перемещениях реперов во времени.

В статье обосновано применение геодинамического мониторинга на промплощадке компрессорной станции и рассмотрены вычислительные аспекты обработки информации о деформациях фундаментов и сооружений.

Воздействие магистрального газопровода (МГ) как технологического объекта уникальной мощности и масштабности на окружающую среду является соразмерным его характеристикам. Однако и внешняя среда воздействует на объекты МГ и влияет на показатели их работы, поэтому в системах ГДМ объектов МГ нужно обеспечивать контроль и результат этого воздействия.

Одним из факторов непосредственного воздействия внешней среды на объекты МГ является *геодинамика* – движения земной коры в районе размещения МГ. Геодинамика приводит к деформации оснований *промышленных площадок* (ПП), то есть оснований под объектами, смещениям элементов МГ, воздействиям на режим их работы, ухудшению характеристик, снижению эффективности и ускоренному износу. Все эти эффекты способствуют возникновению нештатных ситуаций и даже аварий на МГ, при которых в полной мере проявляются мощные негативные воздействия МГ на окружающую среду [1–3].

Множество факторов, определяющих геодинамику ПП, можно условно разделить на три группы [5, 6]: эндогенные (современные тектонические движения земной коры), экзогенные (оползневые процессы, карстовые явления) и техногенные, определяемые нагрузками в пределах площади основания, механическими свойствами подстилающих горных пород и процессами отбора подземных вод и сброса сточных вод в подстилающие пласты.

Применительно к условиям работы МГ техногенными факторами, определяющими геодинамику ПП, являются различные производственные объекты МГ. В составе МГ самыми мощными и энергоемкими объектами являются *компрессорные станции* (КС) или *компрессорные цеха* (КЦ). Основное оборудование КЦ – *газоперекачивающие агрегаты* (ГПА); обычно в составе КЦ несколько ГПА. В качестве ГПА на МГ применяются мощные газотурбинные компрессоры на базе авиационных двигателей.

Объекты КЦ оказывают физическое воздействие на окружающую среду, прежде всего, в виде мощной вибрации, создаваемой технологическими агрегатами (ГПА, установка охлаждения газа, объекты электроснабжения и др.), а также при заборе подземных вод через артезианские скважины для технических нужд и сброс отработанных сточных вод, в частности, в подземные естественные емкости, то есть в пласты подстилающих горных пород. Оборудование и обвязка КЦ приспособлены к переменному режиму работы газопровода: количество газа, перекачиваемого через КЦ, регулируется включением и отключением работающих ГПА, изменением частоты вращения силовой турбины ГПА и т.д. Вспомогательное технологическое оборудование используется в случайных сочетаниях и режимах и случайным образом во времени. Вследствие этого воздействие КЦ на ПП, или *вибросейсмическое воздействие* (ВСВ), является случайным как по мощности, так и по форме и может вызывать разнообразные эффекты [7, 8].

Установлено, что флюидонасыщенный пласт можно рассматривать как блочно-иерархическую структуру с различными размерами геоблоков. Геоблоки разделены трещинами, заполненными флюидом, и находятся в напряженном состоянии из-за горного давления. Известно, что такая структура обладает следующими свойствами:

- существуют доминантные (квазирезонансные) частоты, на которых происходит увеличение амплитуд колебаний геоблоков;
- в структуре геоблоков возникают низкоскоростные (300...600 м/с) деформационные и маятниковые волны;
- возникает эффект аномально низкого трения из-за уменьшения площади контакта в режиме маятниковой волны и из-за соразмерности рельефа шероховатости поверхности геоблока с амплитудно-фазочастотными характеристиками деформационных волн.

При работе сейсмоисточника на доминантной частоте пласта уровень смещения породы составляет ~10 Нм, а мощность сейсмического сигнала, доведенного до пласта, составляет $10^{-3}...10^{-4}$ Вт/м^2, что обеспечивает максимальную амплитуду колебаний геоблоков. Поле упругих колебаний столь малой интенсивности само по себе не может вызвать таких больших изменений в структуре пласта, которые существуют в реальности.

Объяснение этому несоответствию состоит в том, что источником энергии для изменения структуры пласта является горное давление, а сейсмическое поле малой интенсивности играет роль своеобразного "спускового крючка" для высвобождения энергии напряженного состояния геоблоков. Можно считать, что обводненный пласт, находящийся под давлением, представляет собой неравновесную среду. Для неравновесных сред характерно появление существенных последствий в ответ на малые воздействия (порядка нанометров). В результате в структуре пласта происходят заметные геодинамические изменения [8].

Информационные основы ГДМ. В настоящее время наиболее развитым методом определения деформаций грунтовых оснований площадок промышленных

объектов являются геодинамические измерения с использованием сети глубинных реперов, размещенных на площадке объекта и в основаниях сооружений [5, 6]. Естественно, как и все на поверхности Земли, эти глубинные реперы испытывают на себе влияние тектонических смещений, равно как и грунтовые реперы, исключая, по-видимому, сезонные колебания грунта из-за тяжести главного корпуса КЦ, а также смещения, вызванные осадками из-за механики грунтов и деформациями фундамента.

Координаты реперов периодически определяются геодезическими сенсорами и заносятся в базы данных информационной части системы ГДМ. Поскольку множество реперов окружает фундаменты основных сооружений КЦ и размещается на стенах и выхлопных трубах сооружений, в ряде работ по прикладным методам обработки геодинамических данных предлагается использовать представления совокупностей геодинамических наблюдений (временных рядов), полученных в одном цикле наблюдений, в виде некоторых геометрических фигур [9–11].

Так, в [11] предложена идея математического моделирования совокупности геодинамических измерений, выполненных на площадке промышленного объекта, в виде "оформляющих" геометрических фигур (прямой, плоскости, окружности и эллипса). Для определения вертикальных деформаций оснований площадок предложено применить методику "отклонений от оформляющей плоскости", для определения горизонтальных деформаций – методики "отклонения от оформляющей окружности" или от оформляющего эллипса, а деформации линейного объекта, например, высокой выхлопной трубы можно оценивать по методике "отклонения от оформляющей прямой".

Важно подчеркнуть, что математическим аппаратом оценки параметров «оформляющих» геометрических фигур является совокупность аналитической геометрии и метода наименьших квадратов, что снижает в итоге погрешности измерений отдельных координат геодезическими сенсорами.

Так, например, уравнение "оформляющей прямой" $Y = a\,X + b$ проходит через центр тяжести массива экспериментальных координат

$$X_{\text{ср}} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i\ , \qquad Y_{\text{ср}} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Y_i\ ,$$

где $X_{\text{ср}}$ и $Y_{\text{ср}}$ – координаты центра тяжести прямой, проведенной через точки с координатами реперов (X_i, Y_i) ($i = 1, ..., n$), а коэффициенты уравнения определяются выражениями

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - Y_{\text{ср}} \sum_{i=1}^{n} X_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - X_{\text{ср}} \sum_{i=1}^{n} X_i}\ , \qquad b = Y_{\text{ср}} - a\,X_{\text{ср}}\ .$$

В результате перемещений горных пород такие виртуальные "оформляющие" фигуры с течением времени перемещаются в пространстве. По перемещениям центров фигур и нормалей к плоскостям рассчитываются деформации грунтового основания объектов. Эти деформации сравниваются с нормативными допустимыми деформациями грунтового основания площадки. При превышении реально рассчитанной деформации над нормативным ее значением эксплуатационные службы промышленного объекта должны провести компенсирующие мероприятия, обеспечивающие безопасность работы объекта в сложившейся ситуации, либо вывести объект из эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ярыгин Г.А., Равикович В.И., Темкин В.М., Лукьянов О.В., Хвастина А.С.** Опыт проектирования, разработки и внедрения систем производственного экологического контроля и экологического мониторинга для топливно-энергетического комплекса // Экология и энергетика: Сб. докл. конф. М.: ИРЦ Газпром, 2004.
2. **Кузьмин Ю.О., Фарафонов А.С., Никонов А.И., Лукьянов О.В., Равикович В.И.** Методика оценки современной геодинамической опасности трасс магистральных трубопроводов углеводородов: тр. конф. "Современная геодинамика недр и эколого-промышленная безопасность объектов нефтегазового комплекса" (Выпуск 2). М.: ИА РАН, 2009. С. 102–109.
3. **Лукьянов О.В., Равикович В.И.** Магистральный газопровод "Сахалин–Хабаровск–Владивосток". Система непрерывного геодинамического мониторинга // Сейсмологическая и геодеформационная подсистемы о. Сахалин. Программа ПД:17.3-0.10.1.6 ГДМ. ЗАО "Научно-производственная фирма ДИЭМ". М.: 2010. 78 с.
4. **Антонович К.М.** Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. Т. 1. ГОУ ВПО "Сибирская государственная геодезическая академия". М.: ФГУП "Картгеоцентр", 2005. 334 с.
5. **Федунец Н.И., Гурьева Е.А.** Инструментальные средства определения микродеформаций грунтовых оснований площадок промышленных объектов. // Программные продукты и системы. 2008. № 2. С. 27–31.
6. **Гурьева Е.А.** Определение деформационных характеристик грунтовых оснований стратегических промышленных объектов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 6. С. 150–152.
7. **Алексеев А.С.** Вынужденные колебания трещиновато-блочных флюидонасыщенных слоёв при вибросейсмических воздействиях // ФТПРПИ. 2001. № 6. С. 3–13.
8. **Бурьян Ю.А., Сорокин В.Н.** Вибросейсмическое воздействие на нефтегазовые пласты – технология XXI века // Национальные приоритеты России. Новые технологии и оборудование производства. 2009. № 1. С. 78–83.
9. **Веселов В.В.** Об оценках геодинамической активности территории по исследованиям устойчивости реперов геодинамических полигонов. // Научные аспекты формирования интеллектуальной собственности специалистов АПК России. Сб. научн. тр. ВГАУ. Воронеж, 1993.
10. **Волков В.И., Севергин Е.М.** Исследование влияния вертикальных движений земной коры на устойчивость энергетических объектов // Геодезия и картография. 1989. № 2. С. 23–26.
11. **Лопанчук А.А., Новиков А.Д.** Регрессионный метод оценки осадок и деформаций оснований и фундаментов инженерных сооружений // Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. № 2. М. 1994.
12. **Ишков А.Г., Ярыгин Г.А., Кузьмин Ю.О., Лукьянов О.В., Фарафонов А.С.** Оценка современной геодинамической опасности при проектировании и строительстве магистральных трубопроводов // Наука и техника в газовой промышленности. 2011. № 1. С. 66–71.
13. **Кузьмин Ю.О.** Современная геодинамика и оценка геодинамического риска при недропользовании. М.: АЭН, 1999. 220 с.

ДИНАСТИЯ ВЕРНАДСКИХ НА ТАМБОВЩИНЕ

Евгений Буковский г. Моршанск

В.И. Вернадский с женой и дочерью, Петроград, 1921 г.

Династия Вернадских на протяжении более 100 лет была тесно связана с нашим краем. Четыре поколения Вернадских, жизненное кредо которых было "знание и труд", с 1812 по 1917 год пополняли своей интеллектуальной деятельностью культурную копилку Тамбовщины. Каждое поколение Вернадских видело свое предназначение в служении своей стране и своему народу через любимое дело.

Первое упоминание о Вернадских на Тамбовщине связано с деятельностью Василия Ивановича Вернадского, военного врача, коллежского советника, который оказывал медицинскую помощь и нашим раненым землякам – участникам Отечественной войны 1812–1814 гг.

Затем в историю Тамбовщины вошел профессор Иван Васильевич Вернадский, который освободил крестьян своего имения, находящегося в Моршанском уезде, от крепостничества за пять лет до отмены крепостного права в России, настоял на строительстве железной дороги, станции и медпункта вблизи Шигаевского хутора Моршанского уезда.

Самый значительный вклад в развитие нашего региона был сделан академиком Владимиром Ивановичем Вернадским. Построив усадьбу на территории перешедшего ему в наследство Шигаевского хутора, он внедрял современные формы ведения сельского хозяйства у себя в имении, оказывал помощь голодающим в годы засухи, участвовал в работе уездного и губернского земства, организовывал новые школы, библиотеки и больницы, открыл полезные ископаемые – марганцевые и фосфоритные руды.

Далее принял эстафету Вернадских профессор Георгий Владимирович Вернадский, который в начале XX-го столетия оказывал помощь голодающим, бесплатно пополнял книгами школьные библиотеки Моршанского уезда.

Таким образом, каждое поколение Вернадских представляет собой образец духовно-нравственного, ответственного отношения к делу своей жизни и окружающим людям.

Владимир Иванович Вернадский

Владимир Иванович Вернадский – явление воистину уникальное в истории мирового естествознания. По мощи ума, по широте кругозора, разносторонности интересов и поражающей творческой активности в самых различных областях человеческой мысли он стоит в одном ряду с такими универсальными гениями, как Г. Галилей, М. Ломоносов, Ч. Дарвин, которые открыли людям новые горизонты познания природы и общества. При жизни на долю В. Вернадского выпало три революции и две мировые войны. В его мировоззрении отразились перипетии русской жизни и мысли XX века. Он обладал высоким уровнем понимания предсказательной силы науки. В. Вернадский предвидел торжество новой эпохи в развитии коллективной формы Разума человечества. Он говорил: "Я не представляю себе жизни без сознания". Его жизненный путь и как гражданина страны, и как ученого формировался и на Тамбовщине: в Моршанске и Тамбове, в усадьбе Вернадовка.

22 июня 1886 г. Владимир Иванович Вернадский прибывает в Вернадовку, откуда отправляет свое первое письмо с Тамбовщины невесте: "Дорогая моя, только сегодня приехал в Вернадовку и спешу написать Вам, моя дорогая, мое все, не могу, не могу не писать Вам и буду писать часто..." Далее в письме Владимир Иванович признается в своей любви к Наталье Егоровне.

Решение жениться на Наталье Старицкой было принято на Тамбовщине.

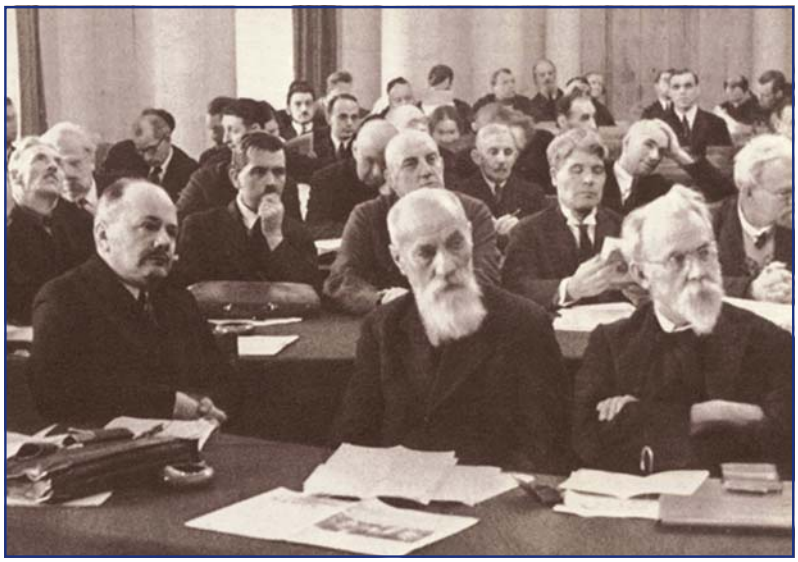
В Вернадовке Владимир Иванович собирается сдать землю своим крестьянам. Несмотря на хозяйственные хлопоты, он думает и о просвещении народа. Перемещаясь по землям своего имения, Вернадский ведет собственные наблюдения за тягостной жизнью вернадовских мужиков, уточняет границы своего земельного владения.

По делам оформления документов своего наследства Владимир Иванович Вернадский выезжает 3 июля 1866 г. в Тамбов, 4–5 июля – в Грязи и Липецк, 6 июля – в Моршанск.

В июле 1886 г., вдохновленный любовью к Наталье Старицкой и общением с тамбовской природой, Владимир Вернадский по ночам пишет новеллу "Все для Вас", посвященную своей возлюбленной. К сожалению, это первый и последний опыт написания литературно-художественного произведения Вернадским.

"ПРИЮТИНСКОЕ БРАТСТВО"

Евгений Буковский г. Моршанск



В.И. Вернадский на собрании Академии наук. Ленинград, конец 1920 гг.

В общей сложности В. Вернадский отдал общественно-политической деятельности на Тамбовщине 26 лет. У него перед этим уже сложились стойкие либеральные взгляды, которые сформировались под влиянием семьи, родственников, друзей из представителей либеральной русской и украинской интеллигенции, преподавателей и студентов Санкт-Петербургского университета.

В. Вернадский был одним из организаторов "Приютинского Братства" – кружка студенческой молодежи, решившей посвятить себя науке и служению народу.

Главным идеологом "Братства" был Дмитрий Шаховской, изложивший свои мысли относительно союза единомышленников в письме "Что нам делать и как нам жить?". Письмо включало в себя три аксиомы: так жить нельзя; все мы ужасно плохи; без братства мы погибли. Далее Шаховской пишет, что для самосовершенствования "Братства" как свободного соединения единомышленников необходимо придерживаться следующих принципов и правил. Они, по его мнению, просты:

1. Работай как можно больше.
2. Потребляй (на себя) как можно меньше.
3. На чужие беды смотри как на свои.

Проект "Братства", по мысли Вернадского, должен стать "боевой единицей", где его члены должны были заниматься физическим трудом, вести совместное хозяйство, иметь общий стол, обходиться без прислуги, сообща воспитывать детей.

К свободомыслию членов "Братства" побуждали и собственные наблюдения за тягостной жизнью мужиков на селе.

В 1890 г. члены "Братства" составили ядро московского неофициального кружка земских деятелей, а через год начали кампанию общественной помощи голодающим крестьянам Центральной России.

В ноябре 1891 г. Вернадский безвозмездно выделил 2,7 десятины земли под строительство железнодорожной ветки, которая соединяла Вернадовку и Земетчено.

В октябре 1892 г. Вернадский избирается гласным Моршанского уездного земства и Тамбовского губернского земского собрания. Там он принимает участие в работе ревизионной и сметной комиссий, а затем – бюджетной, сельскохозяйственной, докладной и других комиссий, становится почетным мировым судьей.

Участие В. Вернадского в земской деятельности не преследовало личных целей, а вызывалось стремлением – как это тогда называлось – к служению народу в виде создания условий для повышения благосостояния бедствовавшего крестьянства.

В период после засухи и, как следствие, дефицита денежных средств Вернадский вместе с крестьянами – гласными Моршанского уездного собрания – отстаивал необходимость сохранения сети земских школ.

Вернадский апеллирует к местным помещикам с просьбой взять на себя часть расходов по финансированию земских школ. Он сам выделил 150 руб. на покупку школьного инвентаря и принадлежностей. Особой его заботой была организация библиотек и школ в округе Вернадовки.

Летом 1893 г. В. Вернадский в с. Подъем открывает избу-читальню и безвозмездно передает туда около 200 книг, собранных членами "Приютинского Братства". Этим же летом Владимир Иванович решил удовлетворить просьбу жителей села Подъем о строительстве новой школы. В. Вернадский решил построить школу имени Николая Вернадского (старшего брата В. Вернадского) на средства от дохода с усадьбы в с. Старо-Пластиково.

С 1894 по 1895 г. В. Вернадский активно поддерживал в Тамбовском земстве вопрос об отмене телесных наказаний крестьян. Решение земцев по данному вопросу не утверждалось, оно блокировалось правительством России. Борьба против телесных наказаний, обмен адресами губернских земств стали первой попыткой консолидации земцев. Объединение происходило в полулегальных "Беседах", а затем на земских съездах в "Союзе освобождения".

Практически с 1899 по 1905 г. В. Вернадский обдумывает в Вернадовке рабочие материалы по созданию политической партии либеральных реформ: кружка "Беседы" (1899), союза "Освобождение"

(1903), Союза земцев-конституционалистов, Академического союза, Бюро земских съездов.

В 1900 г. в селе Подъем была построена школа имени Николая Вернадского. Это было довольно большое кирпичное здание, крытое железом. В нем были две классные комнаты, библиотека и помещение, где жил учитель.

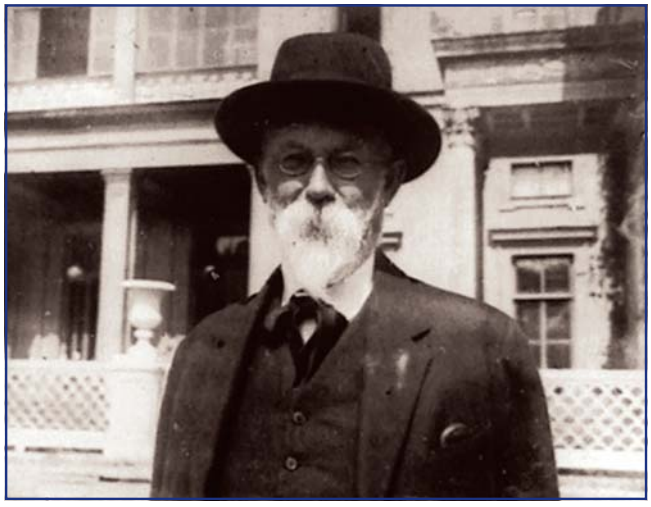
В 1903 г. Вернадский настоял на переносе телеграфно-почтового отделения из с. Пичаево на станцию Вернадовка, для чего опять выделил под строительство бесплатно участок земли и заплатил свои деньги в размере 1,5 тыс. руб. В этом же году было принято решение земства о строительстве дороги с твердым покрытием от станции Вернадовка до с. Пичаево. Содействуя строительству, Вернадский на свои деньги построил мост через речку Красная.

В июле 1904 г. В. Вернадский у себя дома в Вернадовке принимал гостей из Москвы – Д. Шаховского, И. Петрункевича и Ю. Новосильцева, соседа по Тамбовской губернии, где обсуждали вопросы будущего московского совещания земских и городских деятелей, программу и устав конституционно-демократической партии.

Опыт земской деятельности привел членов "Братства" и других общественных деятелей к мысли созвать общерусский земский съезд, который мог бы потребовать самоуправления для всей страны, ограничив тем самым произвол царской власти. В ноябре 1904 г. в Петербурге состоялось общерусское земское собрание, в котором приняло участие сто земских деятелей, в том числе и Вернадский, Шаховской, Петрункевич.

5 декабря 1904 г. В. Вернадский присутствует на уездном земском собрании в Моршанске. 6–8 декабря 1904 г. В. Вернадский участвует в губернском земском собрании.

Одним из важнейших и повседневных земских дел было здравоохранение. В разгар русско-японской войны 1904–1905 гг. Моршанское уездное земство обсуждало перспективу открытия больницы в селе Салтыки. Собрание решило поручить управе сделать заем в 15 000 руб. из пенсионного капитала, приобрести землю под постройку и осуществить строительство больницы за один год.



В.И. Вернадский на отдыхе в Петергофе, 1931 г.

В 1905 г. на Тамбовщине вновь был неурожайный год. Вновь, как 15 лет назад, либеральная интеллигенция стала организовывать бесплатные столовые для голодающих крестьян. Их организатором стал сын В. Вернадского Георгий.

С апреля 1906 г. В. Вернадский заседал в Государственном совете с двумя перерывами вплоть до зимы 1916 г. Избирался он от "академической" курии и защищал интересы своей конституционно-демократической партии, сохраняя членство в совете исключительно по просьбе ЦК.

В Вернадовке произошло желаемое для молодого ученого сближение с народом. Беспросветность и безысходность крестьянской жизни, которую он наблюдал повсюду, сделали его активным уездным и губернским лидером. 16 лет в общей сложности он избирался земским гласным Моршанского уезда и гласным Тамбовского губернского земского собрания. В. Вернадский принимал участие в земских собраниях в качестве избранного уездного гласного Моршанска с 25 октября 1892 г. по 1906 г. и с 1910 г. по 1912 г. Как бы подводя итог своей деятельности в земстве, Вернадский пишет из Моршанска жене несколько писем 11 и 12 октября 1910 г.:

"...Любопытно, как, несмотря ни на что, жизнь идет своим чередом. Я помню, как еще недавно 80–90 школ в Моршанском уезде казались чем-то большим, сейчас их 120 и будет скоро больше 300!..."

Значительным шагом вперед стало создание земских агрономических участков. В 1910 г. по инициативе Моршанского уездного земства, гласным которого был Вернадский, в Тамбовской губернии стали работать агрономы при всех 12 уездных земствах.

Осенью 1912 г. В. Вернадский последний раз участвует в моршанских уездных земских собраниях.

Вернадовский период жизни Владимира Ивановича закончился в 1912 г. Двадцатишестилетнее общение с людьми Моршанского уезда и Тамбовской губернии укрепило в В. Вернадском любовь и уважение к простому народу.

С 1913 г. общественно-политическая деятельность В. Вернадского перешла на более высокий уровень. Он становится членом Государственного совета страны, в котором работает с апреля 1906-го вплоть до зимы 1916 г. с двумя перерывами, а также активно участвует в политической жизни конституционно-демократической партии.

9 августа 1917 г. Вернадский вступает в исполнение обязанностей товарища министра народного просвещения. В момент кризиса Временного правительства с 4 октября Вернадский официально вступает в должность товарища министра народного просвещения.

После Октябрьской революции 1917 г. в петроградской газете кадетов Владимир Иванович Вернадский подписал последнее обращение Временного правительства к гражданам России. В нем, в частности, говорилось: "Временное правительство призывает всех граждан армии и тыла к единодушной защите Учредительного собрания для обозначения ему воз-

можности властно и твердо выразить народную волю. В уверенности, что усилиями народа будет положен конец господству насильников в самом ближайшем будущем, Временное правительство призывает всех граждан в эти дни великих испытаний сплотиться вокруг Учредительного собрания для осуществления своей воли. В спокойном ожидании справедливой оценки действий своих и работы своей в интересах свободы и революции со стороны Учредительного собрания Временное правительство с презрением откидывает все лживые обвинения в использовании каких-либо своих обещаний. Народу и революции изменяют те, кто распыляет народные силы, действуя насилием и по всей Земле Русской зажигая пожар злобы, ненависти и гражданской войны".

В 1923 г., находясь во Франции, В. Вернадский окончательно порывает с политической деятельностью.

Через 20 лет, в 1943 г., в год 80-летнего юбилея со дня рождения Владимира Ивановича, в Свердловске было проведено торжественное заседание Академии наук СССР. Правительство страны наконец-то признало заслуги ученого перед Родиной. Несмотря на тяжелое военное время, юбиляр получил большое количество поздравлений. Академия наук СССР учредила премию имени В. Вернадского, которая присуждается один раз в три года за лучшие работы в области минералогии, геохимии и биогеохимии, опубликованные за предшествующее трехлетие.

Это был первый случай, когда именная премия учреждалась при жизни ученого, что свидетельствовало о глубоком понимании значения трудов В. Вернадского его коллегами. Правительство СССР присудило ему Сталинскую премию 1-й степени – 200 тыс. руб. – за многолетние выдающиеся работы в области науки и техники, наградило его орденом Трудового Красного Знамени за выдающиеся заслуги в развитии геохимии и генетической минералогии.

В благодарственной телеграмме Сталину Вернадский написал так: "Дорогой Иосиф Виссарионович, прошу из полученной мной премии Вашего имени направить 100 000 руб. на нужды обороны, куда Вы найдете нужным. Наше дело правое и сейчас стихийно совпадает с наступлением ноосферы – нового состояния области жизни, биосферы – основы исторического процесса, когда ум человека становится огромной геологической силой. Академик Вернадский".

Второй половиной премии Вернадский распорядился следующим образом. 1000 руб. посылает своему ученику Личкову, который, находясь в ссылке в Средней Азии, умирал с голоду. 2000 руб. послал своему старому другу Сергею Платоновичу Попову, который пережил кошмар оккупации в Воронеже. 6000 руб. посылает бедствующей в Саратове вдове Елене Григорьевне Ольденбург с просьбой написать свои воспоминания о муже Сергее Федоровиче. Вернадский покупает для Академии наук СССР коллекции минералов у геологов якобы от имени государства. По словам В. Неаполитанской, почти вся вторая половина премии была роздана.

То был настоящий пример милосердия в духе старого "Приютинского Братства".

САД ЕГО МЕЧТЫ

В засушливое, жаркое лето 1891 г. Вернадский готовился в Вернадовке к защите магистерской диссертации. В свободное время он ездил по полям, наблюдал картину страшного из-за небывалой засухи неурожая. В связи с этим в своем письме к жене от 4 июля он делится планами об изменении севооборота: "Надвигался голод, он грозил катастрофическими последствиями, если бы в борьбу с ним не включились люди разных сословий, профессий, взглядов".

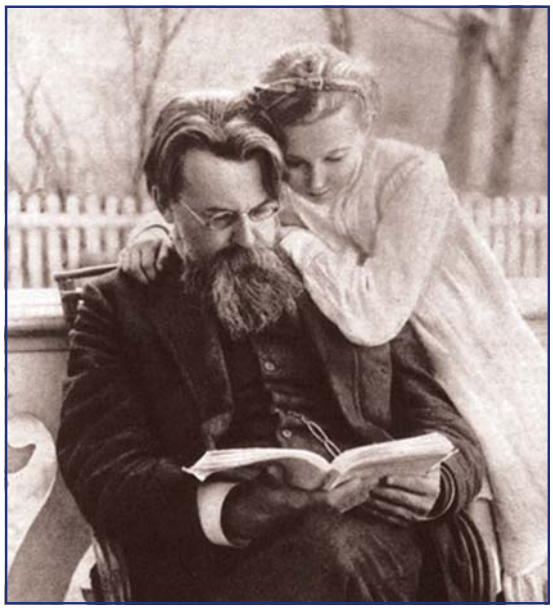
После успешной защиты диссертации 28 октября 1891 г. в родных стенах Петербургского университета Вернадский со своими друзьями (Гревс, Шаховской, Ольденбург) создает комитет помощи голодающим.

"Мы решили помогать из беднейших самым бедным, то есть таким, у которых нет ни сохи, ни бороны, ни коня", – писал А. Корнилов в своем отчете "Семь месяцев среди голодающих крестьян".

Устройством общественных столовых занялись университетские друзья В. Вернадского вместе с группой студентов Московского университета. Они начали обследование деревень вокруг Вернадовки. Заходили в каждую избу, определяли имущественное и продовольственное положение и составляли списки нуждающихся в помощи.

Первоначально друзья В. Вернадского пожертвовали свои средства. Ими было собрано 3300 руб., но эти деньги были несоизмеримы с масштабом беды.

3 декабря 1891 г. В. Вернадский обратился в Московский комитет грамотности с просьбой оказать помощь школам в голодающих местностях. Комитет открыл сбор пожертвований и образовал особую комиссию для распоряжения ими, которая, по представлению В. Вернадского, ассигновала на устройство столовых при школах сел Каменка, Липовка, Подъем и Поминайка сумму в размере 1778 руб. В декабре 1891 г. в Вернадовку пригласили известного статиста и журналиста К. Арсеньева. Он опубликовал статью в журнале "Вестник Европы" о положении дел в Моршанском уезде и привлек к проблеме голода внимание всей страны.



В.И.Вернадский с дочерью Ниной. Полтава, 1910 г.

Смертность населения Моршанского уезда в конце 1891 г. возросла в пять раз. В конце декабря этого года вокруг Вернадовки были открыты первые столовые, в которых уже кормилось свыше 400 человек крестьян.

Но собранных средств было недостаточно. Неожиданно к К. Арсеньеву обратился великий князь Николай Михайлович Романов, дядя царя Николая II, считавшийся в царской семье "красным", который хотел оказать помощь голодающим. Он не доверял правительственным бюрократам и искал частный комитет, способный разумнее распорядиться его 30-ю тысячами рублями. Князь пожелал остаться неизвестным и в отчете Корнилова, возглавлявшего работу по голоду, фигурировал как Н.М. В списке также указаны две ученицы Строгановского училища, которые пожертвовали 40 коп. Крупные средства поступали из-за границы. В итоге за семь месяцев до 8 июля 1892 г. было собрано 45 359 руб. 94 коп. и 16 000 франков. На эти деньги:

– были открыты 121 столовая на 50–55 человек каждая, их посетили 6256 человек; в том числе было открыто 11 особых столовых – для самых маленьких детей;

– закупались корма для крестьянских лошадей, которые тоже страдали от бескормицы. Подкормлены 1558 животных;

– безлошадным крестьянам были закуплены и розданы лошади, так, в Моршанском уезде – 454 лошади, в Кирсановском – 24;

– наиболее остро нуждающимся крестьянам бесплатно выдавались семена для посева овса, проса, картофеля;

– помогали одеждой, обувью, деньгами для закупки стройматериалов многочисленным погорельцам, оказывалась медицинская помощь, ремонтировались школы грамотности.

После ликвидации голода на людей нагрянула другая беда – холера и прочие эпидемические заболевания. Оставшиеся деньги после закрытия столовых были потрачены на лечение людей, ослабленных голодной зимой.

Думая о своем вековом долге, В. Вернадский приступает с весны 1890 г. к реализации своей цели – созданию усадьбы в Вернадовке. Был заложен именной парк, посажены фруктовые деревья, начато строительство хозяйственного двора. Усадьба расположилась на окраине хутора, в 200 м западнее от железнодорожной станции Вернадовка. На севере усадьба ограничивалась дорогой, ведущей в с. Подъем. На западе и юге – крутыми склонами верховой балки р. Красная. На востоке – двумя прудами, лугами и дорогой, ведущей в с. Пичаево. Общая протяженность усадьбы с запада на восток – 1020 м, с юга на север – 420 м, площадь – 42 Га.

Если посмотреть на парк с высоты птичьего полета, то можно различить три обособленных участка, на которых деревья высажены по очертаниям букв "В", "И" и "В", которые расшифровываются как Владимир Иванович Вернадский.

До наших дней в парке сохранилось 32 великана сибирской лиственницы с широкой деформированной от морозов кроной (из 150 посаженных) и 21 дуб. Средний возраст экземпляров 118 лет. Практически по всей территории парка встречаются шиповник собачий, малина лесная, ежевика сизая. В северной части парка растет рябина мучнистая. Из древесных аллей сохранился фрагмент липовой аллеи из 18 деревьев, 7 ив – на въездной дороге в усадьбу, 9 ив – вдоль двух плотин, 12 серебристых тополей – по границе на северном участке сада.

Подводя итог своей хозяйственной деятельности, В. Вернадский писал 9 июня 1903 г. жене: "...Я впервые чувствую прелесть деревни здесь в Вернадовке. Сад подрос, и я думаю, что теперь и тебе, привыкшей всю жизнь к городу и городским дачам, будет легче переносить мелкие неудобства деревенской жизни. Все-таки уже более устроенной. С будущего лета, если не погибнет урожай, можно надеяться поставить правильнее и лучше и домашние отрасли. Купим сепаратор для масла и построим чистую избу для молочного хозяйства, а то теперь все это делается грязно. Но, действительно, негде. Теперь виден конец налаживания хозяйства, длившийся среди целого ряда неудач 11 лет. Как много прошло времени!..."

После своего избрания в 1911 г. в Государственный совет, ставший верхней палатой парламента, В. Вернадский уже не мог уделять прежнего внимания своему имению. Поэтому он сдал все свое поместье на 11 лет в аренду. В том же году он передал доверенность на управление усадьбой своему сыну Георгию.

Создание усадьбы в Вернадовке – центра культуры и просвещения – это первый практический шаг молодого тридцатилетнего В. Вернадского как гражданина, осознающего свою ответственность перед обществом, переживающего за свой народ. При помощи знания и науки он стремился найти тот "волшебный фонарь", который может осветить мир светом гармонии природы, общества и человека. Поиски этого "волшебного фонаря" привели его от романтических идей "Братства" к активной земской деятельности в Моршанском уезде и Тамбовской губернии и, как логическое завершение, к участию в создании партии кадетов России, одним из неформальных лидеров которой он был.

3 сентября 2005 года состоялось открытие восстановленного дома В. Вернадского. В доме расположился научный культурно-просветительский ноосферный центр имени ученого.