

**Министерство образования и науки РФ
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Мурманский арктический государственный университет»
в г. Апатиты**

БУДУЩЕЕ АРКТИКИ НАЧИНАЕТСЯ ЗДЕСЬ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

I-ОЙ РЕГИОНАЛЬНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(28 АПРЕЛЯ 2017 Г.)

**Апатиты
2017**

УДК 001.891(98)
ББК 72.5
Б 90

Редколлегия:
канд. экон. наук Н. Г. Дяченко (отв. ред.)

Рецензенты:
заведующий кафедрой физики, биологии и инженерных технологий,
канд. физ.-мат. наук, доц. В. Г. Николаев («Физика, химия и биология»);
заведующий кафедрой горного дела, наук о Земле и природообустройства,
д-р техн. наук, доц. С. В. Терещенко («Горное дело, экология и охрана окружающей
среды»); доцент кафедры экономики и управления, социологии и юриспруденции,
канд. экон. наук, доц. О. В. Савельева («Экономика»)

Б 90 Будущее Арктики начинается здесь. Сборник материалов I-ой
Региональной научно-практической конференции / Отв. ред.
Н. Г. Дяченко. — Апатиты: Изд-во филиала МАГУ в г. Апатиты,
2017. — № 1. Электронный ресурс.

В первый выпуск сборника научных трудов филиала МАГУ в г. Апатиты вошли избранные материалы, представленные на I-ой Региональной научно-практической конференции «Будущее Арктики начинается здесь». Сборник включает теоретические и практические разработки по научным направлениям в области физики, биологии, горного дела, экологии и охраны окружающей среды, экономики, которые были представлены учеными, научно-педагогическими работниками, а также публикации молодых исследователей, делающих первые шаги в научной деятельности.

Материалы публикуются в авторской редакции. Авторы несут персональную ответственность за содержание материалов, точность перевода аннотации, цитирования, библиографической информации.

УДК 001.891(98)
ББК 72.5

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ
ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ СЛАБЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ**

Бекетова Елена Борисовна

*Кандидат технических наук, доцент кафедры горного дела,
наук о Земле и природообустройства
филиала Мурманского арктического государственного университета
в г. Апатиты*

E-mail: Elena.Beketova@gmail.com

**IMITATIVE SIMULATION OF SEISMIC SIGNALS FOR RECOGNITION OF
WEAK SEISMIC EVENTS**

Elena Beketova

*Candidate of Technical Sciences, Branch of the Murmansk Arctic State University in
Apatity, Associate Professor of the Department of Mining,
Earth Sciences and Environmental Engineering, Apatity*

Аннотация: Цель работы состоит в исследовании возможности применения аппарата нейронных сетей для разделения записей естественных сейсмических событий и взрывов. Выбран подход, в котором модель, описывающая особенности взрывов и землетрясений, не привлекается, а отличительные детали записей выделяются для каждой пары станция – место проведения взрывов из самих записей. Отсеивание взрывов позволяет исключить в промышленных районах от 50 % до 80 % всех взрывов, что позволяет снизить нагрузку на интерпретатора и сконцентрировать его внимание на обработке естественных сейсмических событий.

Ключевые слова: риск возникновения аварийных ситуаций; землетрясение; взрыв; нейронные сети.

Abstract: The aim of the article is to investigate the potential of neural networks approach in separating natural seismic events and explosions in which a model describing the features of explosions and earthquakes is not involved, but details of the records are obtained from the records themselves. This approach can be applied to a specific pair station – the location of the explosions. The screening of explosions allows removing from 50 % to 80 % of all explosions in industrial areas that reduces the load on the interpreter and let him to concentrate on accurate processing of natural seismic events.

Keywords: risk of emergencies; earthquake; explosion; neural networks.

На территории Кольского полуострова планируется строительство магистрального трубопровода «Териберка – Волхов» («Мурманск – Волхов») для транспортировки газа, поступающего со ШГКМ (Штокмановское газоконденсатное месторождение). Магистральные трубопроводы относятся к

объектам повышенного риска, их опасность определяется совокупностью опасных производственных факторов: процесса транспортировки и свойств транспортируемого продукта.

В силу специфики объектов нефтегазового комплекса каждая аварийная ситуация может иметь тяжелейшие технические, экономические и экологические последствия. Даже слабые землетрясения могут спровоцировать значительные разрушения, при сильных же землетрясениях ударные воздействия на сооружения могут стать критическими даже на расстоянии десятков километров от эпицентра. В связи с этим необходима оценка сейсмической опасности при проектировании магистрального газопровода на Кольском полуострове.

При мониторинге локальной и региональной сейсмичности на промышленно-развитых территориях возникают проблемы, обусловленные проведением взрывных работ на рудниках, а также при строительстве зданий и сооружений и дорожных работах. Записи взрывов, во-первых, увеличивают время интерпретации записи сейсмического события, во-вторых, попадают в каталоги землетрясений и они становятся практически непригодными в качестве источника данных для серьезных научных исследований.

Основная цель работы состоит в исследовании возможности применения аппарата нейронных сетей для разделения записей естественных сейсмических событий и взрывов, т.е. установления принадлежности набора записей к одному из двух классов. В качестве классов в нашей задаче выступают взрывы в определенной точке и все остальные сейсмические события. Применение нейросетевого моделирования для решения различных задач науки и техники обусловлено огромными потенциальными возможностями этих технологий. Важным свойством нейронной сети является то, что после обучения она может решать задачу распознавания многократно, используя однажды полученный в процессе обучения набор весовых коэффициентов.

Для решения нашей задачи мы выбрали одну из самых простых моделей нейрона, лежащего в основе искусственных нейронных сетей, так называемую аппроксимирующую нейронную сеть [1, с. 43] (рис.1). Она имеет N входов, к которым прикладываются отсчеты огибающих записей сейсмостанций, и один выход. Входным сигналом нейронной сети является вектор отсчетов огибающих $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N)^T$ состоящий из K субвекторов, $\mathbf{x} = (\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_K)$, где \mathbf{x}_i представляет огибающую, полученную на i -й станции, K – число сейсмических станций. Число отсчетов в каждой огибающей различно, поскольку длительность записи определяется расстоянием от станции до точки, взрывы в которой должны быть исключены из дальнейшей обработки. Мы нормировали амплитуды огибающих в соответствии с фактором геометрического расхождения, принимая амплитуду огибающей на станции, ближайшей к предполагаемой точке взрывов, за единицу.

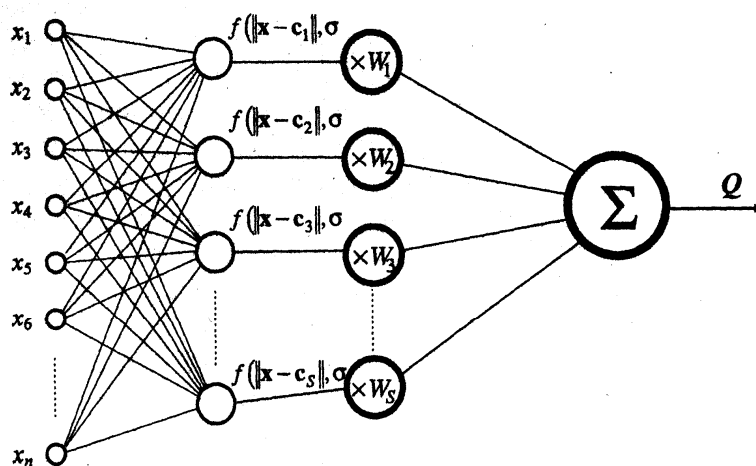


Рисунок 1. Нейронная сеть для классификации сейсмических событий

Пусть единственный выход нейронной сети Q представляет собой классификатор, принимающий значение $Y = 1$ для событий из обучающего набора, состоящего из огибающих взрывов в данной точке. Можно ожидать, что для событий из точки взрывов, не принадлежащих к обучающему набору, выход Q будет принимать значения, близкие к единице, а для событий, далеких от этой точки, значения Y будут близки к нулю. В соответствии с правилами построения аппроксимирующей нейронной сети представим Y в виде суммы функций

$$Y(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^S W_i f_i(\mathbf{x}),$$

где: S – число событий, включенных в обучающую выборку;

$\mathbf{W} = (W_1, W_2, \dots, W_S)^T$ – вектор весов событий из обучающего набора.

Пусть $f_i(\mathbf{x})$ имеет вид гауссовой функции:

$$f_i(\mathbf{x}) = \exp\left(-1/(2\sigma^2) \|\mathbf{x} - \mathbf{c}_i\|^2\right).$$

Здесь норма $\|\mathbf{x} - \mathbf{c}_i\|^2 = \sum_{j=1}^N (x_j - c_{ij})^2$, где N – число отсчетов во входном

векторе огибающих \mathbf{x} , вектор \mathbf{c}_i есть i -я огибающая в обучающей выборке, а параметр σ определяет форму $f_i(\mathbf{x})$. Другими словами, для каждого входного вектора \mathbf{x} , подлежащего классификации, показанная на рис. 1 нейронная сеть вычисляет взвешенную сумму выходных сигналов элементов первого слоя, тогда как каждый элемент вычисляет гауссову функцию $f_i(\mathbf{x})$, центрированную на векторе обучающей выборки \mathbf{c}_i . Значение σ определяется эмпирически, исходя из приемлемых величин ошибок первого и второго рода. При больших значениях этого параметра возрастает риск принять события, не принадлежащей данному руднику, за события из этой точки. При малых σ возникает опасность принять события из данной точки, как не принадлежащие

ей, и включить их в последующий анализ, увеличивая тем самым нагрузку на интерпретатора.

Обучение сконструированной нами нейронной сети состоит в подстройке весовых коэффициентов W_i каждого нейрона. Примем, что наша нейронная сеть будет обученной на данной обучающей выборке \mathbf{c}_i , если при подаче на входы сети каждого вектора \mathbf{c}_i на выходе Q всякий раз получается единица. Тогда будет справедлива система линейных уравнений

$$\sum_{i=1}^S \exp\left(-1/(2\sigma^2) \|\mathbf{c}_i - \mathbf{c}_{ij}\|^2\right) W_i = 1 \text{ для } j = 1, \dots, S,$$

что эквивалентно матричному уравнению $\mathbf{A}\mathbf{W} = \mathbf{1}$. Здесь $\mathbf{1} = (1, 1, \dots, 1)^T$, $A_{ij} = \exp\left(-1/(2\sigma^2) \|\mathbf{c}_i - \mathbf{c}_j\|^2\right)$ и $\mathbf{W} = (W_1, W_2, \dots, W_S)^T$. Очевидно, что матрица \mathbf{A} является положительно определенной и симметричной и содержит S уравнений с S неизвестными, так что трудностей с получением \mathbf{W} быть не должно. Однако на практике может возникнуть ситуация, когда в обучающую выборку будут включены события с практически одинаковыми огибающими. Это может привести к получению плохо обусловленной матрицы \mathbf{A} и, как следствие, к ошибочному вектору весов. Поэтому мы применили метод SVD для решения системы уравнений, хотя способ формирования обучающей выборки предполагает, что в ней не должно оказаться таких событий. SVD автоматически выключит одну из похожих огибающих из дальнейшего анализа, освободив исследователя от опасности сделать ошибку. Очень важно, что выбранный нами способ обучения нейронной сети не включает в себя обратного прохождения ошибок и поэтому не требует привлечения методов оптимизации для расчета весов, что позволяет легко рассчитывать веса для различных конфигураций сейсмических станций и различных обучающих выборок.

Число отсчетов в каждом из субвекторов, как правило, различается. Мы выбираем длину каждого из субвекторов таким образом, чтобы в каждой записи обязательно содержались группы объемных P - и S - волн. Сейсмограммы на станциях отличаются различным уровнем зашумления. Этот факт мы учли при моделировании сейсмических событий.

Для упрощения обработки мы свели трехкомпонентные записи к одной составляющей (трассе) при помощи поляризационного фильтра. Этот фильтр реализует тот факт, что сейсмический шум является некогерентным, а полезный сейсмический сигнал (взрыва или землетрясения) является когерентным по компонентам, т.е. три компоненты имеют связь и на коротких расстояниях эта связь линейна – они обладают линейной поляризацией. Таким образом, задача сводится к поиску линейно-поляризованного сигнала в неполяризованном шуме. Такой подход позволяет упростить обработку сигналов, поскольку анализируется лишь одна запись вместо трех.

Одним из параметров записей является отношение амплитуд S - волны и P -волны, которая, как правило, выше единицы и варьируется в широких

пределах из-за случайной ориентации источника относительно направления на станцию. Сейсмический источник может быть сориентирован так, что на регистрирующей сейсмической станции в основном регистрируют P - волны, или S - волны – это приводит к тому, что изменяются величины отношения амплитуд этих волн. Волновые формы других событий, которые не принадлежат выделенному объекту на который настроена искусственная нейронная сеть, отличаются разницей времени прихода между S - и P - волнами вследствие отличающихся расстояний. Все это было учтено в модели сейсмического сигнала.

С учетом модели среды для Апатитско-Кировского района были смоделированы волновые формы (рис. 2) гипотетического сейсмического события на Расвумчоррском руднике, зарегистрированного станцией в г. Апатиты на расстоянии 18 км при разных уровнях зашумления сигнала. Рисунок 2, а – это модельный сейсмический сигнал без шума, а в другие записи рис. 2, б, в, г отличаются все большей нарастающей, в зависимости от буквенного обозначения рисунка, зашумленностью. Времена вступлений поверхностных волн в локации сейсмических событий не участвуют, поэтому мы их не вносим в модели сигналов.

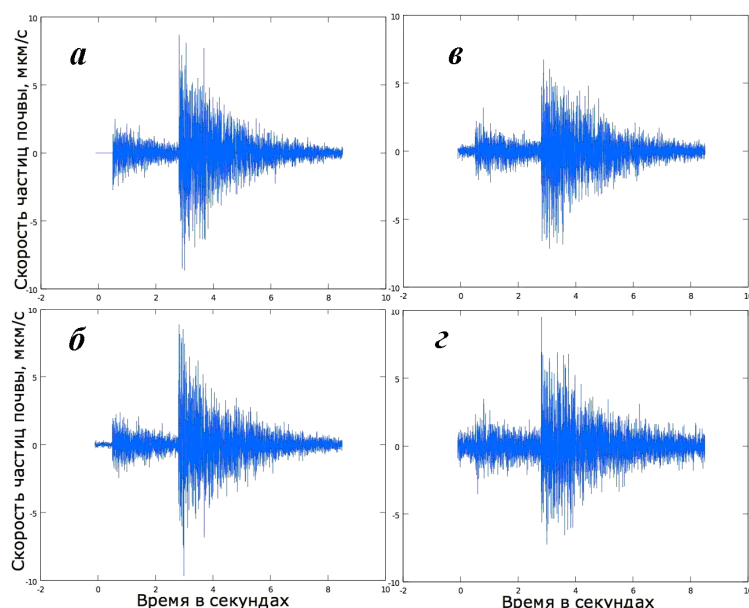


Рисунок 2. Модельные волновые формы предполагаемого сейсмического события при разных степенях зашумления регистрируемого сигнала

Применение поляризационного фильтра полностью решает эту задачу увеличения отношения сигнал/шум. Например, на сильно зашумленной трассе рис. 2, г практически не видно полезного сигнала, а на трассе, показывающей мощность поляризованной части сейсмического сигнала, приведенной на рис. 3. г, присутствие P - волны просматривается достаточно отчетливо.

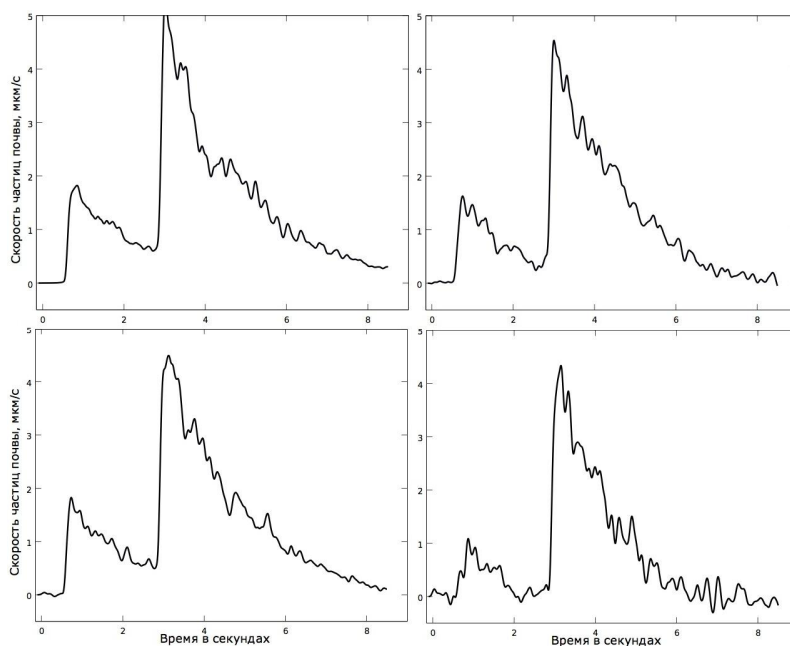


Рисунок 3. Результат поляризационной фильтрации сигналов, показанных на рисунке 2

Для нормальной работы нейронной сети необходимо сформировать обучающую выборку. При этом не требуется аналитического описания событий, достаточно сформировать обучающую выборку и нейронная сеть сама по этой выборке произведет отбор необходимого сигнала. На рисунке 4 показана обучающая выборка искусственной нейронной сети. Разность времен прихода P - и S - волн выбрано одинаковым, поскольку расстояние от сейсмических источников на Расвумчоррском руднике до регистрирующей станции неизменно, варьируется только отношение амплитуд P - и S - волн, т.к. ориентация сейсмического источника неизменна.

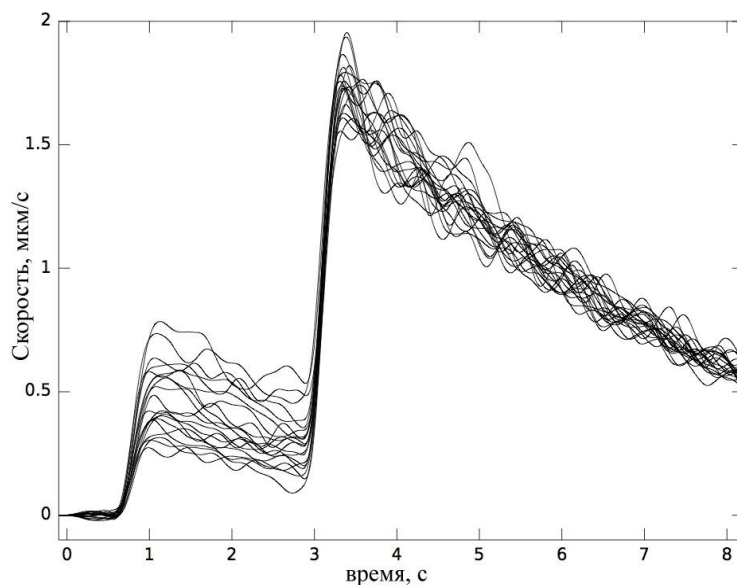


Рисунок 4. Обучающая выборка искусственной нейронной сети

Важным моментом в обучении нейронной сети является выбор параметра σ , определяющий форму нелинейной части нейронной сети. При малых значениях этого параметра нейронная сеть перестает работать как целое, выбирая только события, трассы которых совпадают с событиями, помещенными в обучающую выборку. При больших σ падает селективность нейронной сети.

Рисунок 5 демонстрирует, как можно выбрать для данной обучающей выборки параметр σ . На рисунке показана зависимость сигнала на выходе искусственной нейронной сети (показан цветом) от расстояния до сейсмического источника и значения параметра σ . При малых σ нейронная сеть вообще не распознает сигналы, при больших – все сигналы распознаются как события Расвумчоррского рудника. Видно, что оптимальное значение σ лежит в пределах от 3 до 10 (на рисунке приведен логарифм σ для линейризации оси абсцисс).

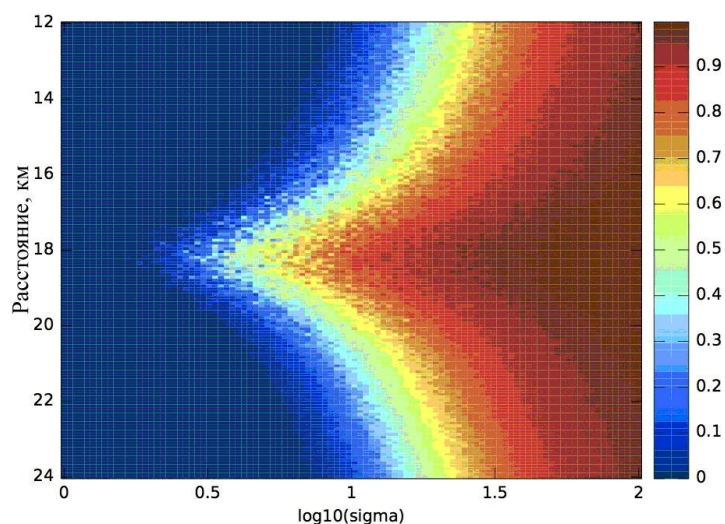


Рисунок 5. Зависимость сигнала на выходе искусственной нейронной сети от расстояния до сейсмического источника и значения параметра σ

Видно, что при $\log_{10} \sigma = 0$ события вообще не проходят на выход нейронной сети. Это происходит потому, что она ищет сигналы, очень похожие на те, что присутствуют в обучающей выборке. При $\log_{10} \sigma = 2$, когда функция пропускания нейронной сети очень широка, практически все сигналы с любого места попадают на выход нейронной сети, и они распознаются как произошедшие на данном руднике. Из рисунка видно, что лучшая избирательность сети может быть достигнута, когда значение σ окажется в районе 10 или немного меньше. Здесь ее распознающая способность узка по расстоянию. В дальнейшем мы будем изменять сигму от 1 до 10, чтобы увидеть, как это влияет на качество распознавания.

На рисунке 6 показаны результаты работы нейронной сети при случайно выбранных эпицентральных расстояниях и разной ориентации источника. Рисунок 6, а отражает результат распознавания сигнала с $\sigma = 1$. Видно, что

ложных распознаваний нет, но подавляющее число сигналов с расстояния 18 км пропущены. Как следует (рис. 6,а) при $\sigma = 1$ практически не ведется распознавание, т.е. все сигналы отбрасываются, как не принадлежащим сигналам с рудника. Очевидно, что такое число неприемлемо, т.е. ложных сигналов практически нет, но, нет и распознаваний и нейронная сеть здесь не работает. Об этом говорит шкала цветов, показанная справа, которая охватывает весь диапазон изменения значений на выходе. Так, мы уже упоминали в начале, что при полном распознавании выход Q нейронной сети должен принимать значения близкие к единице. Здесь Q порядка 0.02, что ясно говорит о том, что распознавание практически не ведется.

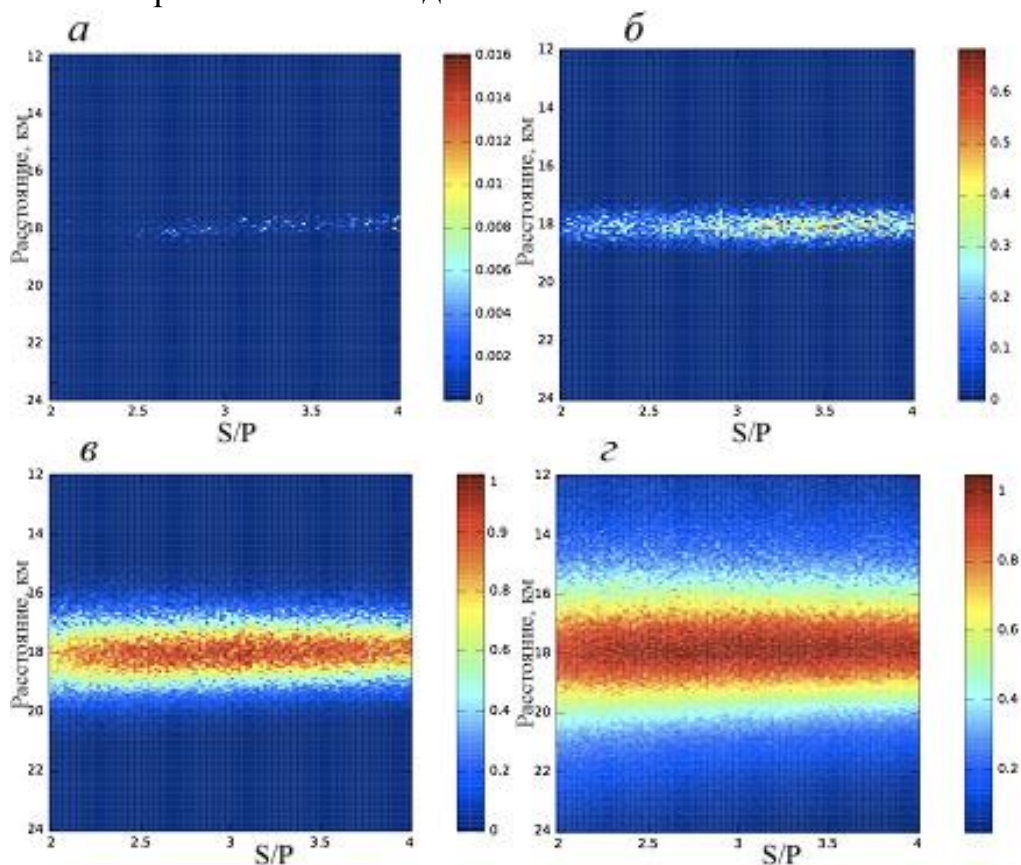


Рисунок 6. Результат распознавания сигналов сейсмических событий с различными отношениями S/P и на разных расстояниях от регистрирующей станции: $a - \sigma = 1$; $б - \sigma = 2$; $в - \sigma = 5$; $г - \sigma = 10$

При $\sigma = 2$ (рис. 6, б) большая часть сигналов пропущена, ложных распознаваний нет, но максимальный сигнал на выходе нейронной сети порядка 0.65-0.7, что говорит о том, что многие сигналы проходят мимо обучающей выборки, т.к. слишком узкое окно заложено в нейронную сеть.

Рисунок 6, в демонстрирует, по-видимому, оптимальный вариант нейронной сети при $\sigma = 5$. Здесь все сигналы, которые распознаются, хотя некоторые выбрасываются (левая сторона) и значения нейронной сети варьируются от 0 до 1, как и ожидалось. Это демонстрирует нормальную работу нейронной сети. Избирательность метода на уровне 0.5 составляет около 2 км,

т.е. все события, которые попадают в двухкилометровую зону, около предполагаемого Расвумчоррского рудника будут распознаны как принадлежащие Расвумчоррскому руднику, все другие, более удаленные события будут отброшены нейронной сетью без обработки.

Вариант работы нейронной сети с $\sigma = 10$ (рис. 6, г) тоже приемлем, т.к. достаточно слабая зависимость качества работы нейронной сети от выбора параметра сигма, при практическом применении это очень важно.

В результате проведенной работы выбрана нейронная сеть, которая не имеет обратной связи, что позволяет очень быстро формировать выборку и быстро обрабатывать сигналы. Эта нейронная сеть испытана на тестовых сигналах при нескольких значениях сигма. Для тестирования предложенного метода классификации были использованы данные гипотетического сейсмического события, зарегистрированного станцией на расстоянии 18 км от г. Апатиты при разных уровнях зашумления сигнала, с учетом скоростной модели среды для Апатитско-Кировского района. Показано, что оптимальным значениям для эпицентрального расстояния 18 км является $\sigma = 5-10$; при формировании обучающей выборки из 10-20 событий ее распознающая способность вполне обеспечивает требуемые параметры.

Отсеивание взрывов даже только с известных мест их проведения в среднем позволяет убрать в промышленных районах от 50 % до 80 % всех взрывов (это число зависит от популярности взрывных работ при строительстве дорог, зданий и сооружений), что позволяет существенно снизить время обработки сейсмограммы и сконцентрировать внимание на тщательном исследовании естественных сейсмических событий.

Результаты работы могут быть использованы для идентификации взрывов и землетрясений, возникающей при интенсивном техногенном воздействии как для Апатитско-Кировского района, так и для других регионов.

Список литературы:

1. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / Саймон Хайкин, пер. с англ., 2-е издание : – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО
ОПЫТА ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА НЕФТЬ И ГАЗ**

Лыткин Виталий Андреевич

*Кандидат геолого-минералогических наук,
доцент кафедры горного дела, наук о Земле и природообустройства
филиала Мурманского арктического государственного университета
в г. Апатиты,
E-mail: lytkin@arcticsu.ru*

**COMPARATIVE ANALYSIS OF DOMESTIC AND FOREIGN EXPERIENCE
OF SEARCHING FOR OIL AND GAS**

Vitaly Lytkin

*Associate Professor of the Department of Mining, Earth Sciences and Environmental
Engineering Murmansk Arctic State University, Apatity Branch*

Аннотация: В связи с неблагоприятной для нас конъюнктурой, сложившейся в последние годы на мировом рынке углеводородов, в статье рассматриваются пути существенного уменьшения затрат на поиски и разведку новых месторождений. Предлагается переориентировать нефтегазопроисковые работы в районы расположения палеоречных дельт крупных сибирских рек, впадавших в прежние геологические эпохи в Северный Ледовитый океан. Для обнаружения этих структур под покровом мощных наносов, рекомендуется: 1) расширить геолого-геофизические изыскания на площадях палеodelт; 2) по полученным материалам отстроить крупномасштабные палеогеографические карты с тем, чтобы перейти от расточительного «коврового» бурения к точечному заданию поисковых скважин.

Ключевые слова: Анализ. Поисковые работы. Шельф. Континентальный склон. Нефть. Газ. Месторождения. Выводы.

Abstract: Due to our unfavorable situation, developed in recent years on the world market of hydrocarbons, the article considers the ways of significantly reducing the costs for prospecting and exploration of new deposits. It is proposed to reorient oil and gas prospecting operations to the location areas of the paleoregical deltas of large Siberian rivers flowed into the Arctic Ocean during the previous geological epochs. For their detection under the powerful sediments, it is recommended: 1) to expand geological and geophysical surveys on the areas of paleodelts; 2) to construct large-scale paleogeographic maps from the received materials in order to move from wasteful multiple ineffective area («carpet») drilling to the point working of exploratory wells.

Keywords: Analysis. Prospecting. Shelf. Continental slope. Oil. Gas. Deposit. Conclusion.

В первом десятилетии XXI века мировая общественность отмечала 150-летие со дня добычи первой тонны сырой нефти. За 150 лет промышленной добычи из земных недр было извлечено примерно 150 млрд тонн нефти. К настоящему времени в мире резко вырос спрос на энергетические ресурсы.

Сегодня уже почти половина стран мира занимается добычей углеводородов (УВ). По производству нефти лидирует Ближний Восток, где из недр извлекается 26 % общемирового объема добычи, за ним следует Северная Америка – около 24 %.

Мировой фонд эксплуатируемых скважин в 2000 году составлял 918 тыс. Из этого количества на долю США приходилось 558 тыс. продуктивных скважин, на долю России – 104 тыс., на долю Саудовской Аравии только 1 тыс. 560 скважин. Из недавнего сообщения министра энергетики РФ А. Новака сегодня в нашей стране находятся в эксплуатации уже более 150 тысяч нефтедобывающих скважин, а на Аравийском полуострове всего 3,5 тысячи с примерно равными объемами извлекаемой из недр нефти. Отсюда следует, что удельный дебит наших скважин более чем в 40 раз ниже удельного дебита скважин стран Персидского залива. Отсюда себестоимость добычи нефти на Ближнем Востоке составляет около 4 долларов за баррель, а у нас, даже в самой перспективной азиатской части России, только – 8.

Причина такого неблагоприятного для нас соотношения кроется в том, что на российской суше эксплуатируются и ищутся относительно простые объекты, преимущественно расположенные в антиклинальных структурах верхней половины осадочного чехла. Сложные же залежи нижней половины чехла располагаются на больших глубинах и, как показало открытие супергигантского месторождения Уренгой, зачастую не в антиклинальных структурах (рисунок 1) [1].

Разведка этого месторождения затянулась на несколько лет из-за того, что применявшаяся как обычно традиционная методика поиска нефтегазовых объектов в антиклинальных структурах здесь оказалась совершенно неприемлемой. В ходе длительных поисков выяснилось, что углеводороды на этом объекте сконцентрированы не в антиклинальных ловушках, а в наиболее погруженных синклинальных структурах нижней половины осадочного чехла на глубинах более 3,5 км. В результате около полусотни скважин на месторождении оказались «сухими». Коэффициент успешности поисковых работ составил всего 25 %, т.е. продуктивной оказалась только каждая четвертая скважина. Объект, по существу, был открыт «ковровым бурением с довольно невысокой успешностью» [1]. Среднее значение показателя успешности нефтегазопроисловых работ в мире сейчас составляет около 40 %. Самый максимальный показатель успешности сегодня достигнут в Египте – на шельфе в дельте Нила он составляет 80 %. В итоге, стремление найти более богатые залежи в нижнем нефтегазоносном комплексе, привели на Уренгое к значительному удорожанию конечного продукта.

В подобном положении оказались не только мы, но и многие другие нефтедобывающие страны. В частности, одна из стран Латинской Америки –

Бразилия, которая на наш взгляд уже нашла выход из этой ситуации. Сейчас в Бразилии ведутся поисковые работы, и уже добыча нефти, за пределами шельфа. Объектами поисковых работ становятся участки с глубинами до 2 км от поверхности океана. Последовательное разбуривание шельфа и континентального склона у берегов Бразилии привело к уникальным открытиям. Здесь себестоимость добычи нефти составляет всего 6-8 долларов за баррель, что сопоставимо с себестоимостью нефти на Ближнем Востоке [5].

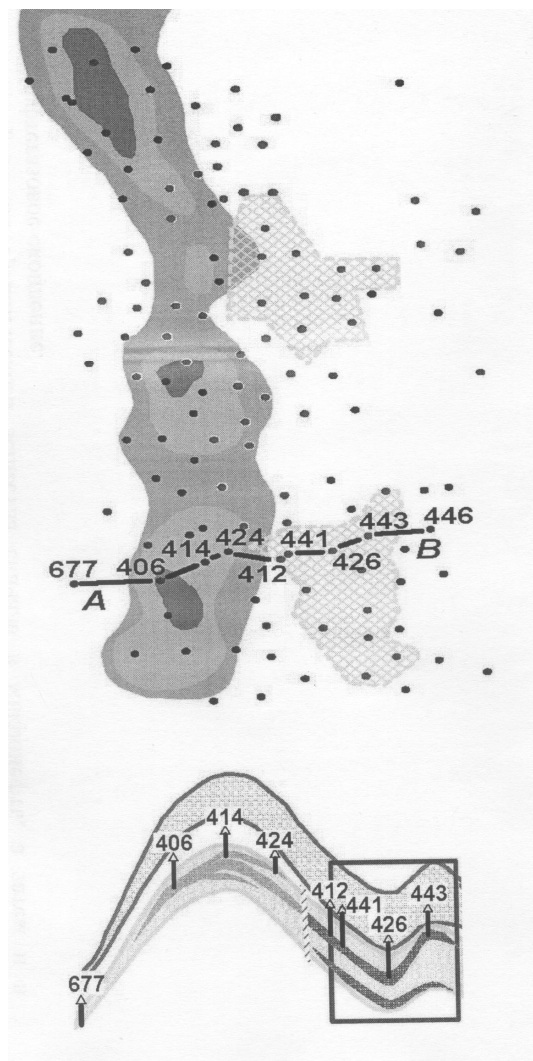


Рисунок 1. Пример открытия сложных залежей углеводородов на восточном склоне Уренгойского поднятия (север Западной Сибири).

Вверху – план размещения поисково-разведочного бурения, внизу – разрез по линии *AB* (по Аплонову, 2000) [1].

Продуктивные скважины располагаются на двух участках, заштрихованных косой клеточкой, на остальной территории – пустые, так называемые геологами, «сухие» скважины

Перед геологической службой встал вопрос: как в наших условиях искать такую же недорогую нефть? Для этого, на наш взгляд, следует в первую очередь обратиться к теоретическим основам биогенного осадконакопления в морях и

океанах.

Почти четверть века назад детальными исследованиями Института океанологии РАН на шельфе морей Северного Ледовитого океана было установлено, что около 93 % взвешенных частиц речного стока и 40 % растворенных солей накапливаются непосредственно на границе река–море, в так называемых маргинальных фильтрах [4]. В тонком (в среднем 40 м) слое жизни принесенное реками органическое вещество (ОВ) становится идеальной пищей для морского растительного планктона и питающегося за счет последнего зоопланктона. В результате именно здесь, в придельтовых водах, как считает А.П. Лисицын (2001), происходит образование биогенной взвеси.

Следует заметить, что при своих малых размерах и относительно небольшой массе, фитопланктон отличается чрезвычайно высокой продуктивностью. Его биопродукция в 150 раз превышает собственную биомассу. Для сравнения: ежегодная продукция $C_{орг}$ во всем Мировом океане составляет в среднем 50 млрд т, в то время как ежегодный твердый сток всех рек в Мировой океан оценивается всего цифрой около 17 млрд т [3].

Итак, ранее fossilized органическое вещество материковой суши бесчисленно раз перелопаченное, измельченное, отмытое и отфракционированное гигантской природной «обогачительной фабрикой», пройдя путь в тысячи километров, достигает рубежа река-море. Какова его дальнейшая судьба? Где оно концентрируется в прибрежной зоне?

Выяснилось что, пропустив через себя эту высококалорийную пищу, морской фито-, а за ним и зоопланктон превращают ее в фекальные массы, которые затем, агрегируясь в так называемые *пеллеты* – комки, быстро (со скоростью до 500 м в сутки) опускается на морское дно. Организмы-фильтраторы, таким образом, удаляют из прибрежной морской воды, как органическое вещество, так и минеральную взвесь. Большинство ученых сейчас полагают, что биофильтры представляют собой мощнейшую систему, в которой весь объем вод Мирового океана может очиститься от взвеси за 1-1,5 года. А воды таких рек, как Обь, Лена или Енисей – всего за 1-3 суток [4].

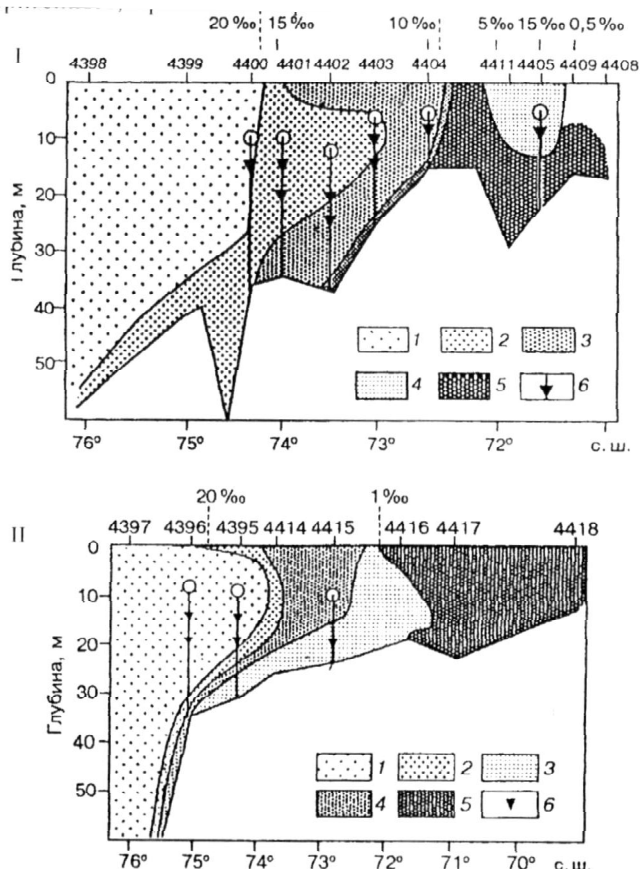


Рисунок 2. Действие маргинальных фильтров на распределение взвеси и терригенного материала в устьях рек Енисей (I) и Обь (II) (по Л.П. Лисицыну, 2001) [4].

Содержание взвеси на разрезах (мг/л) и положение седиментационных ловушек для инситных определений вертикальных потоков осадочного вещества: 1 – меньше 0,5; 2 – 0,5-1; 3 – 1-2,5; 4 – 2,5-5; 5 – более 5; 6 – горизонты установки седиментационных ловушек

В современных отложениях установлена обратная зависимость между гранулометрией и концентрацией ОВ. Высокое содержание ОВ четко коррелируется с повышенной концентрацией частиц субколлоидного размера (1мкм). Поэтому в толщах разного возраста наиболее повышенные концентрации $C_{орг}$ всегда отмечаются в глинистых отложениях, обладающих более высокой адсорбционной способностью.

На рисунке 2 отчетливо видно, где и в каких объемах происходит накопление основной массы оседаемой биогенной взвеси вместе с тонкодисперсной, главным образом глинистой, фракцией терригенного материала великих сибирских рек Енисея (I) и Оби (II) [3].

Биологическая продуктивность в морских обстановках зависит от многих факторов, таких как свет, температура, минеральные вещества, течения, газовый режим, высота водной толщи, скорость осаждения минеральных частиц и др. Важнейшим фактором, на наш взгляд, в значительной степени определяющим

концентрацию ОВ в донных осадках, является время пребывания частиц в столбе воды. Современные океанологические исследования показывают, что подавляющая часть биопродукции не достигает морского дна. Микробиальные преобразования ОВ начинаются уже в верхнем эуфотическом слое. Первыми разлагаются белки и углеводы с образованием аминокислот, сахаров, фенолов и др. Большая часть белков и углеводов переходит в воднорастворимые соединения и гидролизуются. Основная масса ОВ (85-95 %) минерализуется в толще воды с образованием CO_2 . Минерализующееся ОВ образует «водный гумус». В итоге достигает дна и захороняется лишь 0,4 % от всей массы поступающего в океан ОВ. Поэтому содержание $C_{\text{орг}}$ в океанических осадках обычно не превышает 1 % [2].

На время пребывания частиц в столбе воды влияют скорость осаждения частиц и высота водной толщи. При низкой скорости осадконакопления (2-6 мм за 1000 лет) в осадках сохраняется всего 0,01 % $C_{\text{орг}}$, при умеренной (20-130 мм за 1000 лет) – от 0.1 до 2 %, при высокой скорости (660-1400 мм за 1000 лет) – от 11 до 18 % [5]. Длина же пути осаждения ОВ, с одной стороны, зависит от гипсометрии, рельефа дна бассейна седиментации, с другой стороны от того, кем продуцировано ОВ. В более глубоководных зонах открытого моря в составе фоссилизирующегося ОВ относительно возрастает количество продуктов разложения зоопланктона, биопродукция которого менее подвержена разложению, т.к. содержат в два раза больше липидов, липоидов и полимерных соединений, т.е. природных жиров, не растворимых в воде.

Необходимо также учитывать, что за длительное время на стыке шельфа и континентального склона, т.е. как раз в области маргинальных фильтров, могут накопиться весьма значительные объемы осадочного материала, которые при достижении определенной критической массы будут сползать с бровки шельфа по материковому склону в сторону его подножия. Этот процесс известен в научной литературе под названием *лавинной седиментации* или так называемых *гравитационных потоков*. Наиболее часто гравитационные или турбидные потоки зарождаются на сейсмически активных участках. По выражению А.П. Лисицына [4], материковый склон Мирового океана является гигантской фабрикой гравипотоков.

Турбидный поток возникает в результате оползания или срыва водонасыщенного, слабо консолидированного осадка. Он переносит огромные массы осадочного материала с мелководного шельфа в область континентального склона, его подножия и даже в некоторые части абиссальных котловин. Скорость движения турбидных потоков может достигать 90 км/ч, а объем взвеси, достигающий несколько килограммов на кубический метр может разноситься на расстояния в сотни километров. Так в результате землетрясения 19 ноября 1929 г., мутьевой поток разорвал проложенные по дну Атлантики многочисленные телеграфные кабели из Америки в Европу. Так как кабели рвались в течение более полусуток и в определенной последовательности, удалось вычислить скорость турбидного потока, составившего 40-55 км/ч. Этот поток имел длину 720 км и образовал осадки мощностью до 1 м на площади

более чем 100 тыс. км² [3, стр. 332] При таких скоростях лавинной седиментации ОВ, естественно, не успевает подвергнуться аэробному окислению. Среди прочих составляющих лучше всего сохраняются липиды (кутин, воск, смола).

Итак, тем или иным путем, даже существенно уменьшенное в объеме, планктоногенное ОВ достигает морского дна. Что же происходит с ним в дальнейшем?

Дальнейшая судьба осадков и ОВ в бассейне тесно связана с процессами преобразования рыхлых отложений в породу, т.е. с **диагенезом**. Диагенетический этап является очень важным периодом в геохимической истории ОВ. С накоплением более молодых осадков в бассейне ОВ, вместе с вмещающими их осадочными породами, постепенно все более и более погружается на значительные глубины в недра земли, где начинают действовать уже совсем иные факторы, такие как повышенное давление и температура.

На рисунке 3 схематически изображен весь путь эволюции органического вещества с момента его отложения вплоть до самой глубокой стадии его изменения – **катагенеза**. Катагенез – это направленный постдиагенетический комплекс процессов, протекающих в осадочных отложениях и превращающих их в итоге в метаморфическую породу. С катагенезом связана главная фаза нефтеобразования (ГФН). В **мезокатагенезе** содержание углерода в нефти достигает примерно 85 %. В результате термального разложения появляются конечные продукты преобразования любого ОВ: метан и графит. На завершающем этапе катагенеза – **апогенезе** – снижается генерация метана и прекращается битумообразование [2].

Таким образом, теория с большой долей уверенности ориентирует нас на то, что подавляющая часть промышленных скоплений углеводородов (УВ) должна располагаться неподалеку от существовавшей на тот момент береговой линии. Местоположение ее, а, следовательно, одну из двух координат в каждую историческую эпоху, можно приблизительно установить, зная положение уровня Мирового океана в геологическом прошлом.

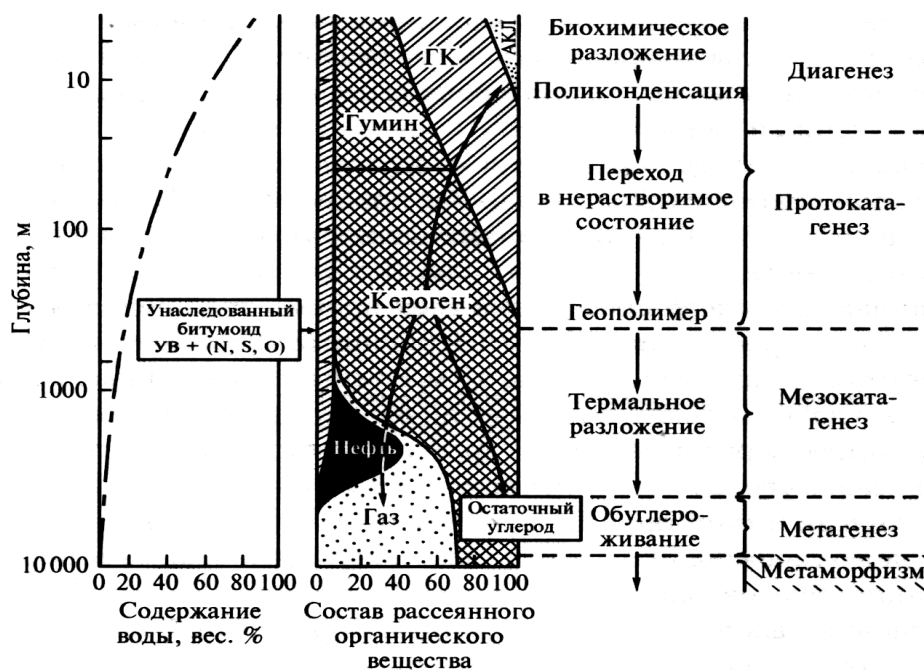


Рисунок 3. Общая схема эволюции органического вещества с момента его отложения до метаморфизма: АК – аминокислоты; ГК – гуминовые кислоты; Л – липиды

К примеру, в настоящее время точно установлено, что Мировой океан медленно поднимается, а его повышение началось с таяния крупных ледниковых покровов в Северной Канаде и Фенноскандии примерно 15 тысяч лет назад. За это время уровень океана повысился на 130 м, затопив приличные площади прибрежной суши с образованием многочисленных шельфовых морей. Следуя принципу актуализма Ч. Лайеля: *«Настоящее – ключ к познанию прошлого»*, можно утверждать, что подобные ситуации могли происходить на Земле и в прошлые геологические эпохи.

П.Р. Вейлом и др. в 1977 году, путем внимательного изучения сейсмических профилей на пассивных окраинах континентов, была разработана методика определения колебаний уровня океана в разные геологические эпохи. Согласно этой методике, самый высокий уровень стояния океана был около 65 млн лет назад, в позднем мелу (~350 м), а самый низкий – 29 млн лет назад, в олигоцене (~30 м) [3]. По этим данным низкий уровень поверхности Мирового океана всегда четко коррелируется с резким похолоданием климата на планете. С наступлением оледенений огромные массы воды на планете переходят в твердое состояние, т.е. в лед и снег. За счет этого существенно уменьшается объем воды в океане и, наоборот, при таянии ледников объем воды в Мировом океане увеличивается, начинаются трансгрессии (наступление моря на сушу).

Особенно сильно влияет резкое колебание климата на изменение контуров внутренних морей. Так, установлено, что в мессинское время (конец миоцена) в результате очередного оледенения, когда уровень всего Мирового океана понизился более чем на 100 м, Каспийский водоем испытал в начале плиоцена

(5,2 млн лет назад) сильнейшую регрессию, сопровождавшуюся колоссальным снижением его уровня (на 500 м). От Каспия тогда в итоге осталась только небольшая по размерам Южно-Каспийская впадина.

Но в позднем плиоцене, после очередного потепления, здесь наступила крупнейшая акчагыльская трансгрессия. Каспийский бассейн расширился настолько, что его воды ингрессировали далеко на север вдоль долины палео-Волги и ее притоков вплоть до палео-Камы (в итоге береговая линия переместилась к северу на 2000 км). Воды Каспия тогда заняли также Терскую и Куринскую впадины, вторглись в речную систему Аму-Дарьи и даже проникли в Арал и южную часть Казахстана (рисунок 4).

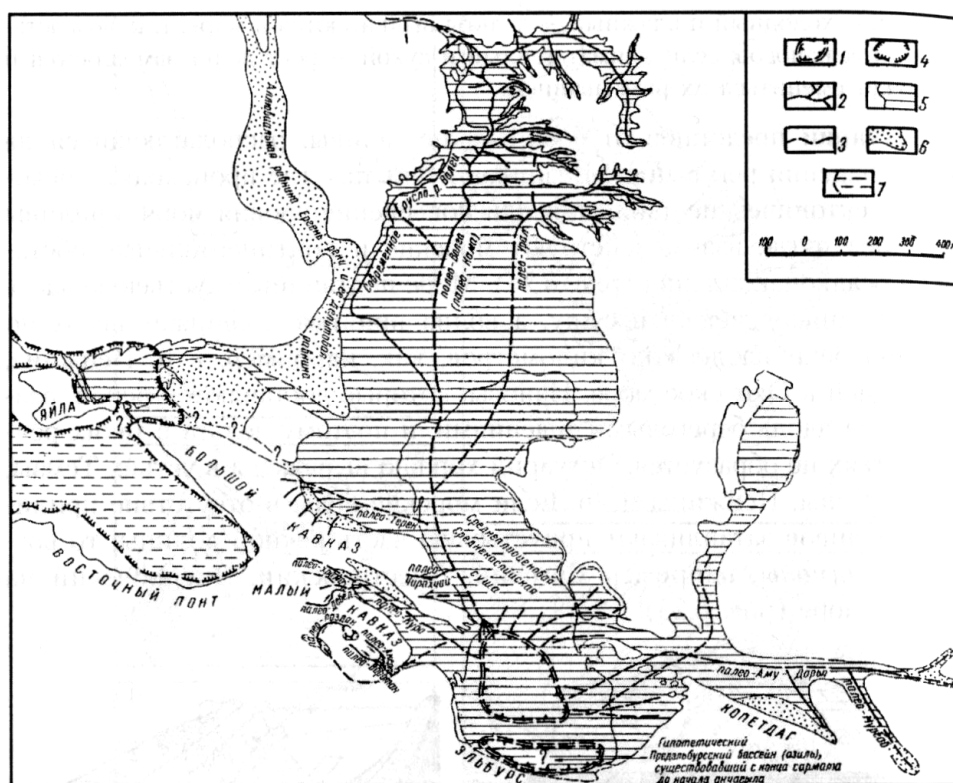


Рисунок 4. Палеогеографическая схема Каспийского и Черноморского бассейнов для среднего и начала позднего плиоцена (акчагыл) (по Е.Е. Милановскому) [6].

Таким образом, около 2 млн лет назад, в период акчагыльской трансгрессии, на возникшей в то время огромной территории Прикаспийской низменности, в многочисленных речных дельтах должны были сформироваться практически идеальные условия для накопления крупных масс органического вещества. Это полностью подтвердилось поисково-разведочными работами, ранее проводившимися на этих площадях в Башкирии и на Каспии. Во второй половине 90-х гг. в казахстанском секторе Каспийского моря были открыты богатейшие месторождения: Тенгиз, Кашаган и др., выдвинувшие Каспий на третье место в мире по нефтегазовым запасам. Новые крупные месторождения обнаружены в азербайджанской и российской зонах шельфа Каспия. Меньше

нефтяных кладов открыто в зоне Туркменистана; и пока ничего не обнаружено у берегов Ирана. Это лишний раз подтверждает идею о связи нефтегазовых скоплений на шельфе с впадающими в бассейн реками. На территории Ирана известна всего лишь одна небольшая речка, впадающая в Каспийское море. А раз нет речного стока, нет и месторождений углеводородов!

Подобные работы, например, сейсморазведчиками были проведены в море Лаптевых, что позволило геологам построить геоморфологическую схему дна этого палеобассейна (рисунок 5).

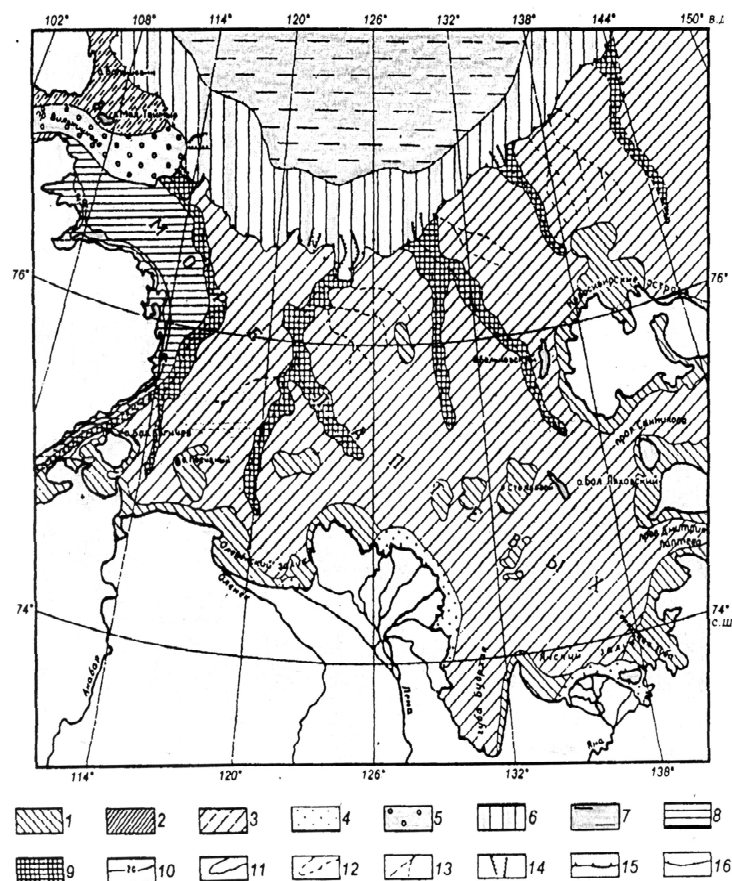


Рисунок 5. Геоморфологическая схема дна моря Лаптевых.

- 1 – абразионно-аккумулятивные равнины прибрежных мелководий;
- 2 – абразионная равнина подводного цоколя Северной Земли;
- 3 – унаследованная морская равнина основной части шельфа;
- 4 – авандельты рек Лены, Яны и Оленека; 5 – аккумулятивная равнина желоба Вилькицкого; 6 – материковый склон; 7 – абиссальная равнина СЛО;
- 8 – экзарационно-аккумулятивный рельеф подводной периферии Таймыра;
- 9 – древние затопленные речные долины; 10 – подводные террасы и их высота, м; 11 – границы древних речных долин; 12 – предполагаемые границы древних речных долин; 13 – тальвеги древних речных долин; 14 – подводные каньоны;
- 15, 16 – границы материкового склона

Следует отметить, что в периоды потепления бурно развивается растительный и бактериальный мир, которому, как известно, необходим

диоксид углерода. Потребляя его из атмосферы они снижают в нем содержание CO_2 . В результате в «теплом покрывале» планеты появляются «дыры», куда тепло уходит в космос и начинается очередное похолодание климата. Огромные массы воды на Земле превращаются в лед, уровень океана в очередной раз понижается, береговая линия шельфовых морей отступает, реки прорезают новые долины, меняют направление своего стока, меандрируют и, следовательно, от эпохи к эпохе изменяются геодезические координаты X и Y палеодельт. Для их определения необходимы геофизические исследования, которые позволят нам увидеть сквозь накопившиеся за многие годы толщи наносов положение палеорусел и палеодельт.

На схеме отчетливо видны многочисленные детали строения морского дна: унаследованная морская равнина основной части шельфа, авандельты рек Лены, Яны и Оленека и их древние затопленные речные долины, нижняя и верхняя границы материкового склона (турбидитово-пелагическая зона), подводные террасы, каньоны и тальвеги древних речных долин и другие абразионно-аккумулятивные формы.

Как уже отмечалось, в дельтах накапливается огромное количество органического материала, который в дальнейшем может трансформироваться в промышленный объект. Поэтому отыскание и детальное картирование палеоречных долин может привести в итоге к новым интересным открытиям. С этих позиций особо пристального внимания заслуживают желоба Святой Анны и Воронина в Карском море (рисунок 6).

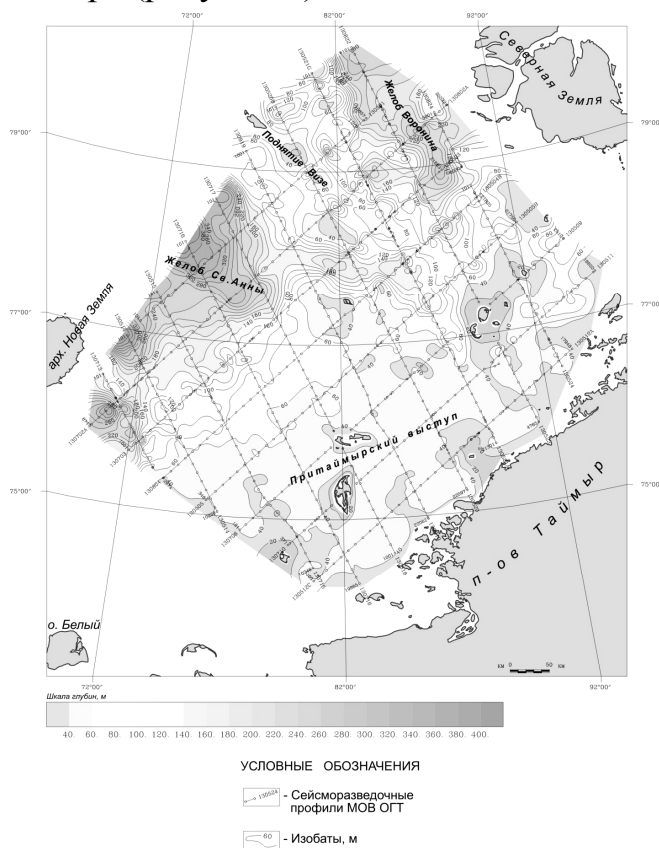


Рисунок 6. Карта рельефа дна северной части Карского моря с сейсморазведочными профилями МОВ ОГТ

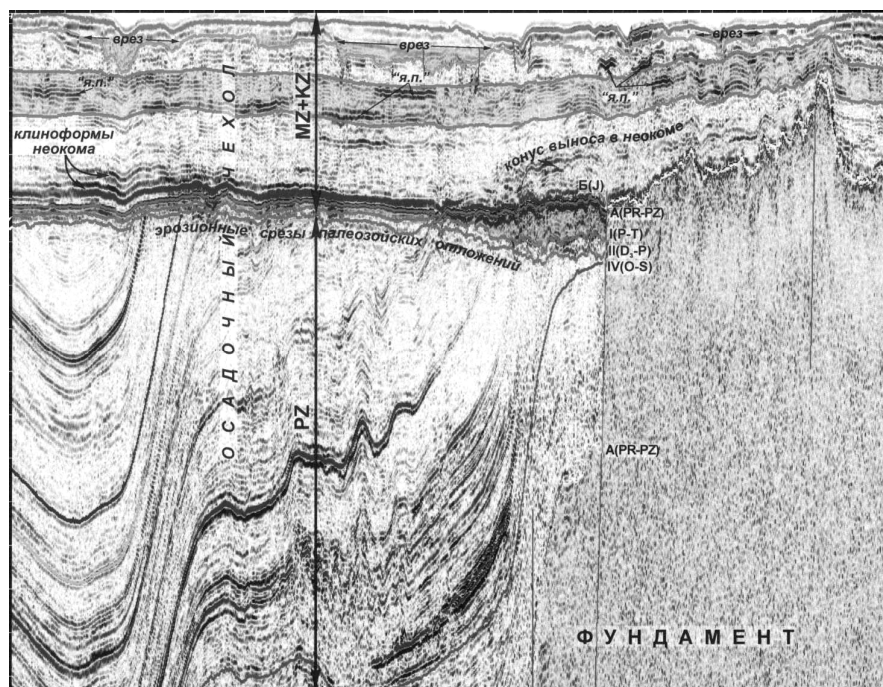


Рисунок 7. Разрез I-I через трог Воронина – восточная часть Карского моря. На эрозионных врезках палеозойских отложений нижней половины осадочного чехла под более молодыми юрскими осадками отмечаются конусы выноса пермо-триасового возраста. Выше по разрезу, на выступах фундамента и на юрских отложениях видны конусы выноса, сформированные в неокоме (Ориентировка профиля 130524А с СЗ на ЮВ, см. рисунок 6)

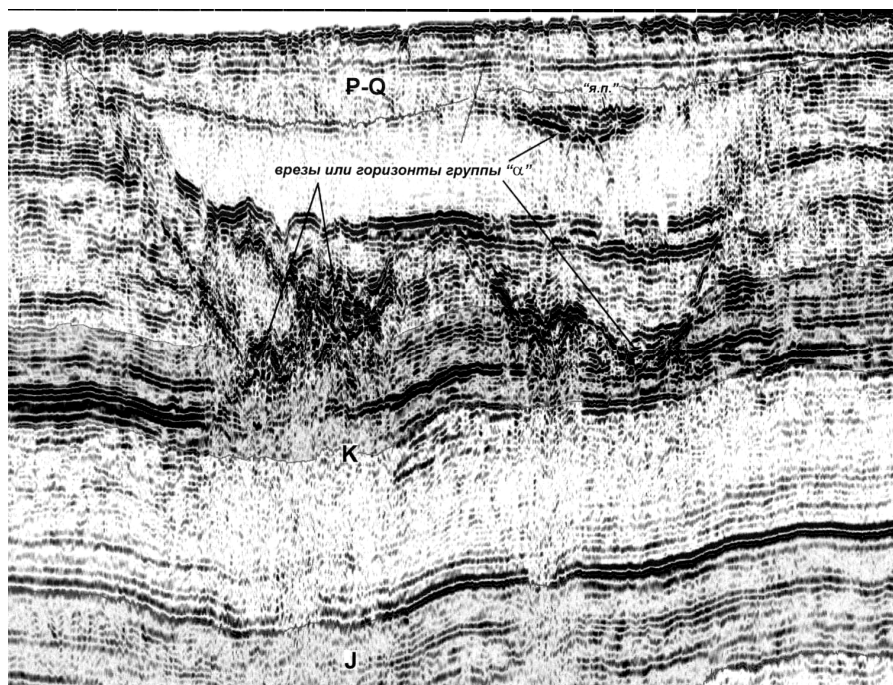


Рисунок 8. Разрез III-III через желоб Святой Анны – западная часть Восточно-Карского моря. Врезы древних речных долин в меловых отложениях верхней половины осадочного чехла (ориентировка профиля 130717 с СЗ на ЮВ, см. рисунок 6)

Процессы образования конусов выноса в триасе и неокоме видны на сейсмическом разрезе I-I (рисунок 7), а на разрезе III-III (рисунок 8) хорошо видны врезы древних речных долин в меловых отложениях верхней половины осадочного чехла. Поэтому троговые структуры типа желобов Святой Анны и Воронина с их лавинной седиментацией следует рассматривать как весьма перспективные объекты на предмет обнаружения в них промышленных скоплений углеводородов.

Каждый объект на картах и разрезах имеет свои координаты X, Y, Z, располагая которыми можно точно задавать поисковые скважины, а современный уровень технологии проводки буровых скважин позволит с точностью до первых метров подсечь выявленные геофизиками перспективные участки. Это в конечном счете, с открытием новых месторождений, должно привести к резкому снижению затрат на разведку углеводородов и повышению коэффициента успешности нефтегазопроисследовательских работ.

Список литературы:

1. Аглонов, С.В. Геодинамика глубоких осадочных бассейнов / С.В. Аглонов. – СПб.: ЦГИ ТЕТИС, 2000. – 210 с.
2. Баженова, О.К. Геология и геохимия нефти и газа / О.К. Баженова, Ю.К. Бурмина, Б.А. Соколов, В.Е. Хаин. – М.: МГУ, 2000. – 384 с.
3. Короновский, Н.В. Общая геология: учебник / Н.В. Короновский. – 3-е изд. – М.: КДУ, 2012. – 552 с.
4. Лисицын, А.П. Литология литосферных плит // Геология и геофизика. Т. 42, 2001. С. 522-559.
5. Лыткин, В.А. Актуальность проблемы нефтегазопроисследовательских работ, освоения и транспортировки углеводородов на Российском Севере. // В.А. Лыткин – Апатиты, Сборник научных трудов КФ ПетрГУ, Выпуск 8, 2015. – С. 22-27.
6. Милановский, Е.Е. Геология России и ближнего зарубежья (Северной Евразии) / Е.Е. Милановский. – М.: МГУ, 1996. – 446 с.

**СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПРИ КОНЦЕНТРИРОВАНИИ
ЗАГРЯЗНЕНИЙ В МНОГОФАЗНЫХ СРЕДАХ СТОЧНЫХ ВОД
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Степанникова Анна Сергеевна

Младший научный сотрудник

Горного института Кольского научного центра РАН, Апатиты

E-mail: 1990nuta2008@rambler.ru

Никитин Роман Михайлович

Научный сотрудник

Горного института Кольского научного центра РАН, Апатиты

E-mail: remnik@yandex.ru

Скорухов Владимир Федорович

Доктор технических наук, ведущий научный сотрудник

Горного институт Кольского научного центра РАН, Апатиты

E-mail: skorohodov@goi.kolasc.net.ru

**THE SYNERGETIC EFFECT IN CONCENTRATION OF POLLUTANTS IN
MULTI-PHASE ENVIRONMENTS OF WASTEWATER OF INDUSTRIAL
ENTERPRISES**

Anna Stepannikova

Associate researcher Mining Institute of the Kola Science Centre RAS, Apatity

Roman Nikitin

Researcher Mining Institute of the Kola Science Centre RAS, Apatity

Vladimir Skorohodov

*D of Engineering, leading researcher, Mining Institute
of the Kola Science Centre RAS, Apatity*

Аннотация: В данной статье рассмотрены методы очистки сточных вод промышленных предприятий. Выявлены и обоснованы достоинства и недостатки существующих методов. На основе проведенных исследований авторами предлагается способ очистки сточных вод, основанный на синергетическом эффекте при концентрировании загрязнений в многофазных средах сточных вод промышленных предприятий. Предложенный способ подготовки сточных вод к сбросу в открытые водоемы позволяет эффективно удалять многокомпонентные примеси без значительных капитальных затрат с требуемой высокой степенью очистки.

Ключевые слова: очистка; сточные воды; флотация; активированная водная дисперсия воздуха.

Abstract: The article considers purification methods for industrial wastewater. The advantages and disadvantages of the existing methods have been revealed and substantiated. Based on the studies carried out the authors propose a wastewater purification method based on a synergetic effect when concentrating the contaminants in multiphase industrial wastewater environments. The proposed method of preparing wastewater for discharge into open water bodies allows efficient removal of multicomponent impurities without significant capital expenditures with the required high purification degree.

Keywords: purification; wastewater; flotation; activated water dispersion of air.

Для очистки сточных вод промышленных предприятий используют различные методы, отличающиеся степенью очистки, сложностью используемого оборудования, энергетическими затратами. Все применяемые методы можно разделить на механические, физико-химические, химические и биологические. Механические методы применяются для очистки сточных вод от грубодисперсных примесей (например, отстаивание, процеживание и фильтрация, центробежное фильтрование). Физико-химические методы применяют для очистки сточных вод от мелкодисперсных примесей, от минеральных и органических примесей (например, коагуляция, флокуляция, ионный обмен, сорбция, осмос, экстракция и др.). К химическим методам относят нейтрализацию, окисление и восстановление, реагентные методы очистки, применяемые для удаления ионов тяжелых металлов. Биохимический метод применяют для очистки хозяйственно – бытовых и промышленных сточных вод от многих растворенных органических и некоторых неорганических веществ.

Механическую очистку применяют для выделения из сточных вод нерастворимых в ней минеральных и органических примесей. Механическая очистка является, как правило, предварительным этапом и служит для подготовки сточных вод к биологическому, физико-химическому или другому методу более глубокой очистки. Механический метод очистки воды заключается в отстаивании и фильтрации. Он не избавляет сточные воды от органических соединений, но фильтрует нерастворимые примеси и дает на выходе чистоту до 75 %. Такая вода отправляется в дренажную канаву и впоследствии попадает в ближайший водоем, не нанося вреда его сложившейся экосистеме. Для механической очистки воды используются сита, решетки, септики, нефтеловушки и отстойники [2].

Механическая очистка сточных вод имеет ряд недостатков, вследствие отсутствия в конструкциях такого типа специальных защитных приспособлений для извлечения более крупных отходов. В результате, устройства работают не всегда надежно и эффективно, сохраняя крупные минеральные загрязнения, осаждаемые на стенках установки. Таким образом, механическая очистка сточных вод в больших объемах является труднодоступной.

Основа метода химической очистки сточных вод в том, что резервуар со

сточными водами добавляют реагенты, преобразующие смеси в труднорастворимый осадок, отделяемый от воды. Очищенная вода поступает в другой резервуар и перекачивается на поля фильтрации, где подвергается дальнейшей обработке. Химическая очистка сточных вод как процесс, подразделяется на две группы: очистка неорганических веществ и очистка химических веществ реактивами. Выделяют два основных метода химической водоочистки [1].

Нейтрализация представляет собой обработку стоков кислотами или щелочами, в результате достигается требуемая величина водородного показателя рН. Этот способ активно используется во многих производственных сферах: в текстильной, химической промышленности, в машиностроении, в металлургии, в фармацевтической промышленности и др. В качестве реагентов, добавляемых в стоки, выступают растворы кислот и щелочей. Иногда воду пропускают через специальные загрузки нейтрализующего действия (магнезит, доломит, мел), для чего предусмотрено специальное оборудование для очистки сточных вод.

Окисление заключается в добавлении в стоки разного рода окислителей. Это может быть сжиженный или газообразный хлор, диоксид хлора, хлорная известь, гипохлорат натрия или кальция, кислород и т.д. Такой метод особенно эффективен для отработанных стоков, в составе которых имеется цианид меди, цинка и другие похожие соединения. Эти стоки являются продуктом машиностроения и приборостроения, свинцово-цинковых производств, горнодобывающей и целлюлозобумажной промышленности. При этом протекают химические реакции, и токсичные вещества становятся безвредными.

Химическая очистка сточных вод, однако, имеет ряд недостатков – необходимость точного соблюдения строгой дозировки дорогостоящих реагентов, что делает этот процесс весьма трудоемким и дорогостоящим. Из бытовых, ставших уже привычными, методов химической очистки сточных вод применяется метод хлорирования жидким хлором или хлорной известью. Однако при сравнительно дешевом реагенте все же наносится огромный экологический вред окружающей среде.

Биологическая очистка сточных вод позволяет достичь степени очищения до 98 %. Что является очень хорошим показателем, по сравнению с теми же септиками, чистящими воду лишь на 45-50 % и требующими постоянной добавки активных микроорганизмов для своей работы. Поэтому станции глубокой биологической очистки сточных вод получили самое широкое распространение в загородном строительстве. Также надо отметить, что такие станции не требуют дополнительного утепления и не выделяют неприятных запахов [1].

Данный метод очистки сточных вод предусматривает то, что органические загрязнения полностью окисляются при помощи аэробных бактерий. Биологический способ очистки предотвращает загнивание сточной воды, сама вода приобретает прозрачность. Высокая скорость очистки

достигается путем дополнительной подачи кислорода. В среде насыщенной кислородом активность аэробных бактерий увеличивается. Очистка воды в биологических станциях происходит при помощи окисления различного рода загрязнений аэробными микроорганизмами. При этом очистка воды аэробными бактериями происходит до полного расщепления примесей и загрязнений. Процесс биологической очистки сточных вод достаточно прост. Сточные воды искусственно насыщаются кислородом. В данной среде аэробные бактерии начинают активно размножаться. В качестве источника питания аэробные микроорганизмы начинают использовать фракции загрязнений. Таким образом, и происходит биологическая очистка. При этом, чем выше степень насыщения среды кислородом, тем интенсивнее происходит окислительный процесс и непосредственная очистка сточных вод.

Основной недостаток большинства биологических методов очистки сточных вод заключается в необходимости удаления излишней биомассы, сложности поддержания популяции бактерий и сохранения их активности. К недостаткам также следует отнести высокие капитальные затраты, необходимость строгого соблюдения технологического режима очистки, токсичное действие на микроорганизмы некоторых органических соединений и необходимость дополнительных мер очистки в случае высокой концентрации примесей. К недостаткам также следует отнести высокие капитальные затраты, необходимость строгого соблюдения технологического режима очистки, токсичное действие на микроорганизмы некоторых органических соединений и необходимость дополнительных мер очистки в случае высокой концентрации примесей [1].

В последние годы область применения физико-химических методов очистки расширяется, а доля их среди других методов возрастает. К физико-химическим методам относятся: коагуляция, флокуляция, флотация, сорбция (адсорбция и абсорбция), экстракция, ионный обмен, диализ, мембранные процессы, эвапорация, выпаривание, кристаллизация, магнитная обработка, а также методы, связанные с наложением электрического поля (электрокоагуляция, электрофлотация, электродиализ и другие). Эти методы используют для удаления из сточных вод тонкодисперсных взвешенных частиц (твердых и жидких), минеральных и органических веществ. Использование физико-химических методов имеет ряд преимуществ:

1. Возможность удаления из сточных вод токсичных, биохимически не окисляемых органических загрязнений.
2. Достижение более глубокой и стабильной степени очистки по сравнению с механической.
3. Меньшие размеры сооружений (по сравнению с механической очисткой).
4. Возможность полной автоматизации.
5. Более глубокая изученность кинетики процессов, происходящих при физико-химической очистке, а также вопросов моделирования, математического описания и оптимизации, что важно для правильного выбора и расчета

аппаратуры.

6. Методы не связаны с контролем над деятельностью живых микроорганизмов в отличие от биохимической очистки [2].

Для решения проблемы снижения загрязнений в сбрасываемых очищаемых водах, в Горном институте КНЦ РАН разработан способ очистки сточных вод, основанный на синергетическом эффекте при концентрировании загрязнений в многофазной системе. Включает коагуляцию, сорбцию и флотацию в активированной водной дисперсии воздуха (АВДВ). Базовым устройством для реализации нового способа для очистки сточных вод является флотационная машина для разделения минералов в АВДВ. Принцип работы предлагаемого устройства для очистки сточных вод основан на способности активированных газовых пузырьков взаимодействовать с загрязнениями, присутствующими в сточных водах.

Для интенсификации процесса извлечения загрязняющих веществ из сточных вод разработаны технологии формирования поверхностных свойств газовой фазы при флотации. Насыщение воздухом жидкой фазы в присутствии модифицированного сорбента на основе вермикулита тонких фракций позволяет получить многофазную систему, стабильную по дисперсному составу газовой фазы, с большой удельной поверхностью.

Из технических достоинств технологического комплекса для очистки сточных вод в АВДВ необходимо отметить следующие:

- отсутствие движущихся частей и деталей;
- потребление низконапорного ($0,2-0,4 \text{ кг/см}^2$) и, в результате, относительно дешевого воздуха;
- полная и надежная изоляция узла приготовления АВДВ от флотационного отделения камеры сепарации, что исключает механический износ рабочих элементов диспергаторов, во много раз увеличивая срок их службы;
- безопасные условия эксплуатации.

Следует отметить, что к достоинствам разработанной технологии также можно отнести исключение необходимости предварительного осаждения взвешенных веществ и скоагулированных растворенных примесей и сокращение объемов отходов, подлежащих утилизации, что в свою очередь делает предлагаемый метод наиболее эффективным по сравнению с другими известными методами.

Принцип работы установки заключается в следующем: очищаемая вода поступает в контактный чан, где происходит ее кондиционирование сначала с сорбентом, а затем с коагулянтом для образования флоккул. Скоагулированные частицы поступают в камеру пневматической флотационной машины, в которой созданы условия для извлечения образованных флоккул в восходящем ламинарном потоке активированной газожидкостной смеси. Это позволяет не разрушать образованные флоккулы и полностью переводить их в пенный продукт, который через разгрузочный карман выводится из процесса и

направляется на утилизацию.

Для интенсификации процесса извлечения образованных флоккул и отработанного сорбента аппарат АВДВ был реконструирован путем установки флотационной машины отделения подготовительной аэрации. Взаимодействие сорбента с загрязнениями, находящимися в сточной воде в присутствии активированных пузырьков воздуха приводит к образованию сложных комплексов, поверхность которых способна взаимодействовать с присутствующими в сточных водах примесями, являясь дополнительными центрами укрупнения образованных комплексов, которые в дальнейшем поступают в разделительную камеру флотационной машины. В камере пневматической флотационной машины созданы условия для извлечения образованных флоккул в восходящем ламинарном потоке активированной газожидкостной смеси. Это позволяет не разрушать образованные флоккулы и полностью переводить их в пенный продукт, который через разгрузочный карман выводится из процесса и направляется на утилизацию.

На основе ранее выполненных исследований и полученных результатов можно сделать вывод, что данная технология по подготовке сточных вод к сбросу в открытые водоемы позволяет достичь высоких показателей и эффективно удалять многокомпонентные примеси без значительных капитальных затрат с требуемой высокой степенью очистки.

Список литературы:

1. Охрана производственных сточных вод и утилизация осадков / Под редакцией В.Н. Соколова – М.: Стройиздат, 2011. – 259 с.
2. Чебакова И.Б. / Учебное пособие. – Омск: Изд-во ОмГБУ, 2001. – 84 с.

**СОЗДАНИЕ УСЛОВИЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В СФЕРЕ
ТУРИЗМА В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ РОССИИ**

Островская Ольга Михайловна

*Кандидат экономических наук, доцент,
директор филиала Мурманского арктического государственного
университета в г. Апатиты
E-mail: olya_ap@mail.ru*

Иванова Медея Владимировна

*Доктор экономических наук, доцент,
заведующий кафедрой экономики и управления,
социологии и юриспруденции
филиала Мурманского арктического государственного университета
в г. Апатиты
E-mail: aprec99@mail.ru*

**CREATION OF CONDITIONS FOR TRAINING IN THE SPHERE OF
TOURISM IN THE RUSSIAN ARCTIC REGION**

Olga Ostrovskaya

*Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Murmansk Arctic State University, Apatity Branch,
Branch Director*

Medeya Ivanova

*Doctor of Economic Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Economics and Management, Sociology and Law
Murmansk Arctic State University, Apatity Branch*

Аннотация: В статье раскрыты возможности образовательной системы Мурманской области (на примере филиала образовательной организации высшего образования) удовлетворить перспективный «кадровый голод» региона в кадрах в сфере туризма. Выявлена актуальность и возможности вуза в развитии данного направления в области. Особое внимание уделено принципам и мероприятиям, направленным на взаимодействие учебного заведения и организаций-работодателей в сфере туризма.

Ключевые слова: высшее образование, подготовка кадров, туризм, сотрудничество с работодателями.

Abstract: the article reveals the possibilities of the educational system of the Murmansk region (on the example of the branch educational institution of higher education) to satisfy the prospective «staff hunger» in the region in the touristic area. Identified the relevance and opportunities of the University in the development of this

area field. Special attention is paid to the principles and activities aimed at interaction between educational institutions and employers in the tourism sector.

Key words: higher education, training, tourism, cooperation with employers.

Образование как один из системообразующих институтов оказывает существенное влияние на возможности и способности экономического и социального развития регионов и государства в целом. Последние десятилетия глобализации, развития новой экономики и технологий демонстрируют изменения в различных сферах экономической деятельности, в частности, активным преобразованиям подверглись финансовая система, система государственного управления, социальная система, системы связи и многие другие. Система высшего образования также не может стоять на месте, чтобы удовлетворять сложившиеся потребности, она должна изменяться не просто параллельно, а предвосхищая будущие потребности экономики страны. Образование на протяжении многих веков является одним из основных общественных институтов. В Большой советской энциклопедии понятие «образование» трактуется как совокупность знаний и связанных с ними навыков и умений, необходимых для практической деятельности. Образование достигается в результате обучения в учебных заведениях или самообразованием. Высшее образование всегда имеет специальный характер и направлено на подготовку специалистов высшей квалификации для различных отраслей управления, хозяйства и культуры данного государства. Данные определения четко выявляют одну из целевых функций образования как института – удовлетворение экономического запроса государства [2].

Сегодня в фокусе стратегических, геополитических и социально-экономических планов развития России находится Арктика. Возрастающая заинтересованность государства в развитии арктических территорий влечет разработку и реализацию новых арктических проектов [1]. Выгодное географическое положение нашей страны, обуславливающее активное использование арктических пространств, является принципиально важным для дальнейшего устойчивого развития Российской Федерации и Мурманской области, у которой появляется шанс изменить свою внешнеторговую специализацию, отойти от монопрофильности и монопродуктивности, изменить преимущественно сырьевую ориентацию и снять многие диспропорции в развитии [5]. В связи с этим возникают вопросы не только об обеспеченности территории необходимыми трудовыми ресурсами в настоящий момент, но и о возможностях образовательной системы удовлетворить перспективный «кадровый голод».

При этом среди множества конкурентных преимуществ Мурманской области, таких как энергоизбыточность региона, транспортно-транзитный, природно-ресурсный и промышленный потенциалы немаловажное место занимают высокое качество научного и образовательного потенциала, а также уникальные ландшафты и туристские ресурсы (петроглифы Канозера, сейды, природные и историко-художественные памятники, историко-этнографическое

наследие, связанное с культурой поморов и саамов и др.).

Таким образом, актуальность создания условий для подготовки кадров в сфере туризма в настоящее время продиктована рядом объективных факторов:

1. Наличие нормативных правовых актов, прямо или косвенно направленных на развитие туризма как в России в целом, так и в Мурманской области:

– государственная программа Российской Федерации «Развитие культуры и туризма» на 2013-2020 годы (утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от «27» декабря 2013 г. № 2567-р);

– Стратегия развития туризма в Российской Федерации на период до 2020 года (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 мая 2014 г. № 941-р).

Целью развития туризма в Российской Федерации является комплексное развитие внутреннего и въездного туризма с учетом обеспечения экономического и социокультурного прогресса в регионах Российской Федерации.

Реализация Стратегии обеспечивается за счет консолидации усилий и ресурсов всех заинтересованных сторон, в том числе образовательных учреждений, готовящих кадры в сфере туризма.

– Стратегия социально-экономического развития Мурманской области до 2020 года и на период до 2025 года (утв. постановлением Правительства Мурманской области от 25.12.2013 № 768-ПП/20).

Вместе с технологическим, производственным, транспортно-логистическим, рыбохозяйственным, горно-химическим и металлургическим комплексами (кластерами) регион характеризуется уникальным туристско-рекреационный потенциалом и, наличием обладающих высокой степенью аттрактивности объектов показа. В Мурманской области формируется туристско-рекреационный кластер, который будет состоять из нескольких направлений: горнолыжный туризм, экологический туризм, рекреационное рыболовство, активный туризм (сплав и подъем по рекам, снегоходный, пеший и велосипедный туризм), этнокультурный туризм, круизный и деловой туризм в Мурманске.

Также в области создается образовательный кластер, направленный на получение дополнительного образования и переквалификацию населения. Его деятельность в первую очередь ориентируется на внутренний рынок образовательных технологий. Пространственно-распределенный образовательный кластер локализуется в основных научных и образовательных центрах области – Мурманске и Апатитах [5].

– Федеральная целевая программа «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2011-2018 годы)».

2014 г. – Инвестиционный проект «Создание туристско-рекреационного кластера «Хибины» включен в ФЦП. В результате реализации проекта возрастет количество занятых в сфере туризма, турпоток на территории Кировска увеличится до 40-45 тыс. туристов год.

Программа предусматривает создание точек роста в регионах Российской Федерации на основе кластерного подхода.

2. Индустрия туризма вносит значительный вклад в формирование ВВП, повышение платежного баланса страны, создает дополнительные рабочие места, обеспечивает занятость и повышение качества жизни населения.

На долю туризма приходится 9 % мирового ВВП, при этом количество занятых в индустрии туризма от общего числа работающего населения составляет порядка 8 %.

В РФ доля туризма составляет 1,5 %, а с учетом сопряженных отраслей около 6 %. Занятость соответственно составляет 1,3 и 5,5 %.

В натуральных показателях число туристов в России ежегодно увеличивается на 2-3 %. Число туристских фирм возрастает на 200-300 ед. за год. Большинство фирм (около 60 %) ведут свою деятельность в сегменте международного выездного туризма, 40 % – на внутреннем рынке, а немногим более 12 % – на международном въездном направлении

В Мурманской области наблюдается устойчивый рост количества туристов. По данным аналитического агентства ТурСтат Мурманская область занимает:

- 23 место в рейтинге «Самые популярные туристические регионы России в 2016 году» - 320 тыс. туристов (для сравнения, в 2012 г. – 277 тыс.);
- 8 место в рейтинге «Самые лучшие места для фрирайда в России в 2017 году»;
- 4 место в мире по популярности недорогого горнолыжного отдыха весной.

Также по данным агентства в 2017 году число путешествий с детьми в Хибины выросло на 10 % по сравнению с прошлым годом.

3. На прошедшем в Архангельске 29-30 марта 2017 г. Международном арктическом форуме «Арктика-территория диалога» центральной стала тема «Человек в Арктике».

«В настоящее время в Мурманской области создается крупный опорный региональный вуз на базе Мурманского арктического госуниверситета. Основной его задачей станет обеспечение ценными кадрами горнодобывающей, туристической, транспортно-логистической и других сфер экономики российской Арктики», – Ольга Васильева, министр образования России, 29 марта 2017.

Сегодняшние вузы нацелены на большой выпуск высококвалифицированных кадров, с целью повышения конкурентоспособности. Осуществляя подготовку специалистов, вузам необходимо учитывать потребности и особенности регионального и территориального рынков труда, которые предъявляют свои жесткие и часто противоречивые требования к молодым специалистам [3].

Организации и вузы являются двумя сторонами образовательного процесса. Вуз – производитель, а организация (предприятие) – потребитель специалистов. Поэтому именно от эффективности обратной связи такого

социального партнерства между ними зависит степень соответствия качества подготовки специалистов пожеланиям работодателя, а, следовательно, и востребованность выпускника вуза на рынке труда. Но в то же время, предприятие может быть не только потребителем выпускников образовательного учреждения, а также и:

- заказчиком научно-исследовательских работ,
- поставщиком докторантов и аспирантов,
- поставщиком слушателей курсов переподготовки и повышения квалификации, специалистов для получения второго образования и пр.

Таким образом, организации заинтересованы в получении практически всех видов образовательных услуг, предоставляемых высшим учебным заведением.

В настоящее время филиал Мурманского арктического государственного университета в г. Апатиты (филиал МАГУ в г. Апатиты) способен отвечать на все «вызовы», продиктованные актуальностью создания условий для подготовки кадров в сфере туризма.

В филиале создано и действует 5 кафедр: кафедра экономики, управления, социологии и юриспруденции; кафедра информатики, вычислительной техники и информационной безопасности; кафедра физики, биологии и инженерных технологий; кафедра горного дела, наук о Земле и природообустройства; кафедра общих дисциплин.

С целью реализации образовательных программ высшего образования по состоянию на текущий учебный год в филиале предусмотрено 67 человек профессорско-преподавательского состава, из них:

- на штатной основе – 42 человека (22 кандидата наук, доцента, 1 доктор наук, профессор);
- на условиях внешнего совместительства – 25 преподавателей (14 кандидатов наук, доцентов, 9 доктор наук, профессоров).

Дополнительно к штатным на почасовой основе работает более 200 преподавателей.

30 декабря 2016 г. и 12 апреля 2017 г. филиалом МАГУ в г. Апатиты были получены лицензии на осуществление образовательной деятельности по следующим направлениям и специальностям (Таблица 1):

Таблица 1

Состав лицензии на осуществление образовательной деятельности
филиала МАГУ в г. Апатиты

Программы бакалавриата и специалитета	
Геология	Социальная работа
Биология	Юриспруденция
Информационные системы и технологии	Туризм
Экономика	Электроэнергетика и электротехника
Менеджмент	Ядерная энергетика и теплофизика

Программы бакалавриата и специалитета	
Государственное и муниципальное управление Бизнес-информатика Социология	Техническая физика Горное дело Физические процессы горного или нефтегазового производства
Программы магистратуры	
Экология и природопользование Биология Информационные системы и технологии	Техническая физика Экономика Социология

В распоряжении студентов 4 учебных корпуса, 2 общежития, спортивные сооружения, клуб с библиотекой, студенческие столовые, медицинский кабинет. Филиал имеет 39 современных хорошо оснащенных лабораторий по естественнонаучным, гуманитарным и инженерным дисциплинам.

В сфере туризма филиал предлагает своим студентам и слушателям реализовать себя по следующим направлениям:

1. В сфере высшего образования:

– «Менеджмент», профиль – Производственный менеджмент, отраслевая специализация – Туризм и гостеприимство, заочная форма обучения;

– «Туризм», профиль – Технология и организация туризма, очная и заочная формы обучения. На будущий учебный год в филиале предусмотрено 15 бюджетных мест.

2. В сфере дополнительного профессионального образования:

– повышение квалификации «Технология организации внутреннего и въездного туризма» (72 часа);

– краткосрочное повышение квалификации персонала гостиничного и туристического бизнеса «Английский язык» (по сферам деятельности). Объем программ от 24 до 36 часов.

В ближайшей перспективе филиал совместно с Центром гуманитарных проблем Баренц Региона Кольского научного центра Российской академии наук планирует начать реализацию курсов повышения квалификации персонала сферы туризма и гостеприимства в области истории коренных жителей Кольского полуострова, истории освоения Кольского Севера. Краткосрочные курсы повышения квалификации расширят и дополнят их знания о своем крае, его истории и культуре. В дальнейшем это позволит правильно ориентировать гостей нашего края, оказывать им первичное информационное обслуживание. Небольшой объем программы (не более 16 часов) сделает курс доступным как по стоимости, так и с точки зрения временных затрат на обучение.

Для поступающих на очное обучение в 2017 г. по направлению «Туризм» кафедрой экономики и управления, социологии и юриспруденции разработан учебный план. При его составлении были проведены консультации с работодателями в данной сфере, учтен передовой опыт других вузов. Также кафедра постаралась учесть все возможности и преимущества современных

образовательных стандартов по расширению и углублению знаний, умений и навыков за счет дисциплин по выбору студентов.

Учебный план содержит дисциплины, ориентированные на изучение организационно-управленческой и производственно-технологической деятельности организаций в сфере туризма. Выпускники по данному направлению будут владеть следующими компетенциями (рисунок 1):



Рисунок 1. Компетенции выпускников филиала МАГУ в г. Апатиты по направлению «Туризм»

Однако решение вопроса о подготовке нужных индустрии туризма и гостеприимства специалистов возможно лишь при тесном взаимодействии учебного заведения и организаций данной индустрии, для чего необходимо создание системы, при которой работодатель сможет влиять на состав образовательной программы и заказывать эксклюзивных специалистов, ориентированных на конкретное предприятие, а вуз – иметь полигон, на котором, в процессе обучения, сможет «опробовать» качество и степень подготовки своих студентов.

Функционирование подобной системы возможно на основе следующих принципов реализации сотрудничества:

- ориентация на рынок труда, учет интересов и приоритетов основных потребителей;
- широкое участие работодателей в процессе подготовки кадров для сферы туризма;
- кооперация научной базы системы подготовки на основе вузовской науки, прикладных исследований и реальных потребностей отрасли.

Также вузу и работодателю необходимо предусмотреть комплекс мероприятий, направленных на сотрудничество и модернизацию системы подготовки кадров для индустрии туризма.

Со стороны образовательного учреждения – это:

- разработка образовательных программ, формирующих креативного современного специалиста;
- разработка и внедрение различных образовательных технологий подготовки кадров для индустрии туризма;
- использование различных форм обучения, в том числе дистанционных, при разнообразных формах и видах контроля;
- разработка и проведение по заказу организаций сферы туризма и органов власти программ мониторинга рынка труда и результатов подготовки кадров, выработка предложений и рекомендаций по их коррекции;
- организация научно-практических конференций и симпозиумов по проблемам индустрии туризма и проблемам подготовки кадров;
- привлечение ведущих специалистов индустрии туризма в образовательные учреждения;
- реализация интенсивных курсов повышения квалификации и переподготовки работников сферы туризма.

Со стороны организаций сферы туризма:

- участие в составлении, корректировке и рецензировании образовательных программ;
- широкое участие представителей бизнес-сообщества в экзаменационных комиссиях, особенно итоговой государственной аттестации;
- обеспечение прохождения стажировок профессорско-преподавательского состава на предприятиях индустрии туризма;
- создание учебно-производственных баз для проведения практических занятий, учебных, производственных и преддипломных практик. Возможность для организации увидеть будущих специалистов «в работе»;
- участие организаций в процессе получения студентами практических навыков в ходе подготовки кадров через организацию практик, выполнение курсовых и дипломных работ по заказным темам [4];
- повышение квалификации кадров.

В результате такое взаимодействие позволит выявить перспективные направления деятельности вуза и в результате создать в организациях интеллектуальный капитал, способный работать, разрабатывать и реализовывать стратегические направления развития, как отдельной организации, так и сферы в целом.

Список литературы:

1. Иванова М.В. Актуальные вопросы формирования арктических трудовых ресурсов / М.В. Иванова Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения – 2016: Материалы VIII Международной

научно-практической конференции (Апатиты, 14-16 апреля 2016 г.) / под.общ. ред. Е.П. Башмаковой, Е.Е. Торопушиной. – Апатиты: ИЭП КНЦ РАН, 2016. – 690 с. – С. 293-298

2. Иванова М.В., Шабалина О.В. / Институт высшего образования как инструмент обеспечения доминирования России в арктическом регионе / М.В. Иванова, О.В. Шабалина // Север и рынок: формирование экономического порядка – Апатиты: Изд-во Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина Кольского научного центра РАН. – №51 (т.4), 2016 – С.199-209

3. Островская О.М., Иванова М.В. Экономика знаний Мурманской области: перспективы развития / М.В. Иванова, О.М. Островская // Социальное развитие северных территорий России и зарубежных стран: опыт, проблемы и перспективы: материалы международной конференции, 20-21 ноября 2014 года / [отв. ред. Г.В. Жигунова]. – Мурманск: МГГУ, 2015. – 266 с. – С. 90-93

4. Полевая М.В. Модернизация системы подготовки кадров для индустрии туризма: автореф. дис. докт. экон. наук: 08.00.05 / М.В. Полевая. – Москва, 2011.

5. Стратегия социально-экономического развития Мурманской области до 2020 года и на период до 2025 года [Электронный ресурс] / Министерство экономического развития Мурманской области [сайт] – URL: http://minec.gov-murman.ru/activities/strat_plan/sub02/ (дата обращения: 01.06.2017)

**О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ РЕАЛИЗАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ
ИНТЕРЕСОВ РОССИИ В АРКТИКЕ**

Серова Наталья Александровна

Кандидат экономических наук, старший научный сотрудник

Института экономических проблем

им. Г.П. Лузина КНЦ РАН, г. Апатиты

E-mail: serova@iep.kolasc.net.ru

**ABOUT SOME PROBLEMS OF ECONOMIC INTERESTS REALIZATION OF
RUSSIA IN THE ARCTIC**

Natalia Serova

Candidate of Economic Sciences, Senior Research Officer,

FSBSI Institute of Economic Problems named after G.P. Luzin,

Kola Scientific Center of RAS, Apatity

Аннотация: в статье рассмотрены основные направления и проблемы реализации экономических интересов России в Арктике, в условиях ее возрастающего геополитического и геоэкономического значения и внимания со стороны всего мирового сообщества. Раскрыта значимость Арктической зоны для российской экономики и рассмотрены перспективные направления инвестиционного развития арктических регионов.

Ключевые слова: Арктическая зона РФ, экономические интересы, инвестиционный проект.

Abstract: the article considers the main directions and problems of the realization of Russia's economic interests in the Arctic, in the context of the growing geopolitical and geo-economic importance of the Arctic and attention to it from the whole world community. The importance of the Arctic zone for the Russian economy is revealed and perspective directions of investment development of the Arctic regions are considered.

Keywords: Arctic zone of the Russian Federation, economic interests, investment project.

Конкуренция, развернувшаяся в последние годы между индустриально развитыми странами за освоение уникальных запасов природных ресурсов Арктики, вызвала повышенный интерес к арктической проблематике и в России. Положения новой государственной политики предусматривающей устойчивое развитие Арктической зоны РФ были сконцентрированы в «Основах государственной политики России в Арктике» (утв. Указом Президента РФ от 18.09.2008 г.), «Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности» (утв. Указом Президента РФ от 08.02.2013 г.), а также государственной программе «Социально-экономическое

развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» (утв. Постановлением Правительства РФ от 21.04.2014 г.). Немаловажное значение имеет и законодательное закрепление в 2014 г. сухопутных границ Арктической зоны РФ, площадью 3685,936 тыс. км² (21,5 % общей площади территории России), где проживает всего 2,39 млн. человек (1,64 % населения страны и более 50 % населения всей мировой Арктики) (табл. 1). При этом большую часть российских арктических территорий составляют районы с плотностью населения менее 1 человека на 1 км² (в среднем по России показатель плотности населения составляет 8,54 чел./км²) [1, с.13-20; 2].

Таблица 1

Численность населения сухопутных территорий Арктической зоны России и других приарктических стран, 2015 г.

Приарктические страны	Население, тыс.чел.	Доля в общ. числ. населения, %
ВСЕГО в мировой Арктике, в т.ч.:	4558,94	0,86
Россия (Арктическая зона РФ)	2391,60	1,64
Другие приарктические страны, в т.ч.:	2167,34	0,56
США (Аляска)	738,43	0,23
Норвегия (Финмарк, Тромс, Нурланн, Шпицберген)	482,89	9,35
Исландия	329,10	100,0
Швеция (Норботтен)	249,00	2,55
Финляндия (Лапландия)	180,86	3,31
Канада (Юкон, Нунавут, Нунавик, Сев.-Зап. территории)	131,08	0,37
Дания (Гренландия)	55,98	0,99

Источник: рассчитано автором по материалам официальных статистических служб циркумполярных стран.

Роль Арктической зоны для России определяется, прежде всего, наличием огромного углеводородного потенциала. Согласно наиболее авторитетному и часто цитируемому исследованию арктического углеводородного потенциала «Circum-Arctic resource appraisal: estimates of undiscovered oil and gas north of the Arctic Circle» (Оценка неразведанных запасов нефти и газа к северу от Полярного круга) проведенному Геологической службой США (USGS) в 2008-2011 гг. доля неразведанных запасов российского сектора Арктики составляет 31,87% всех арктических неразведанных запасов нефти, 66,84 % всех арктических неразведанных запасов природного газа и 61,52 % всех арктических неразведанных запасов газового конденсата [3]. В российском секторе Арктики также сосредоточены огромные запасы водных биоресурсов (арктические моря, прежде всего Баренцево море, обеспечивают до 1/4 общероссийского вылова), лесных, земельных и других природных богатств. Здесь находятся крупнейшие месторождения минерального сырья: ртути, вольфрама, железа, свинца, цинка, олова, вольфрама, алмазов, золота, серебра и др. Добывается 90 % никеля и кобальта, 60 % меди, свыше 95 % платиноидов,

40 % золота, 90 % хрома и марганца, 100 % апатитового концентрата и др. Необходимо отметить, что по разнообразию и значимости природных ресурсов среди всех регионов Арктической зоны РФ существенно выделяется Мурманская область, потенциал которой составляют ресурсы как местного (лесные, строительные, гидроэнергетические, водные), так и международного значения (черные, цветные и драгоценные металлы, нефть и природный газ, рыба и морепродукты, рекреационные ресурсы) [4, с. 5-15]. Кроме того, Арктическая зона ЗРФ обладает широкими транспортно-коммуникационными возможностями, включая Северный морской путь – международный транспортный коридор, играющий важнейшую экономическую роль в обеспечении жизнедеятельности населения арктических регионов, освоении углеводородных месторождений и функционировании хозяйственных комплексов [5, с. 30-35].

Освоение и рациональное использование полезных ископаемых составляет основу экономических интересов России в Арктике. Многочисленные исследования показали, что в течение последнего десятилетия государственные инвестиции и сырьевая рента формировали фундамент экономического благополучия арктических регионов, где сконцентрированы предприятия по добыче нефти и газа [1, с. 13-20; 6; 7].

Например, по уровню производства ВРП и инвестициям в основной капитал на душу населения сырьевые Ненецкий и Ямало-Ненецкий АО на протяжении многих лет занимают лидирующие позиции среди всех субъектов РФ (табл. 2).

Таблица 2

ВРП и инвестиции в основной капитал на душу населения, в регионах полностью входящих в состав Арктической зоны РФ, тыс. руб., 2015 г.

Арктические регионы России	ВРП на душу населения		Инвестиции на душу населения	
	тыс. руб.	место среди субъектов РФ	тыс. руб.	место среди субъектов РФ
Ненецкий АО	4990,3	1	2625,9	1
Мурманская область	510,8	14	131,4	12
Ямало-Ненецкий АО	3376,6	2	1451,3	2
Чукотский АО	1269,3	5	290,6	8
<i>Справочно: РФ</i>	<i>444,0</i>	<i>-</i>	<i>94,9</i>	<i>-</i>

Источник: Федеральная служба государственной статистики. URL: www.gks.ru.

Однако наряду с высокоразвитыми сырьевыми регионами, из-за сложности и неоднородности социально-экономической сферы, значительная часть арктических территорий остается депрессивной и характеризуется низким уровнем жизни населения и развития экономики, неразвитостью транспортной инфраструктуры и энергетической системы, значительным сокращением численности населения, преимущественно из-за миграционного оттока [8, с.1-29; 9; 10]. Например, самые негативные тенденции сокращения

численности вследствие миграции и низкого естественного прироста наблюдаются в старопромышленных регионах – Республике Коми, Мурманской и Архангельских областях [11, с.750-755]. В то же время нефтегазовые Ненецкий и Ямало-Ненецкий АО имеют высокий уровень естественного прироста населения и сравнительно небольшой миграционный отток, обусловленный распространением в этих регионах вахтового метода организации труда. В целом, за прошедшие два десятилетия население арктических регионов уменьшилось более чем на 30%, что во многом обусловлено действующей в России системой социальных гарантий и компенсаций, которая не в полной мере обеспечивает дополнительные моральные и физические затраты населению, работающему и проживающему в экстремальных природно-климатических условиях Арктики.

В программе «Социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации до 2020 года», принятой в 2014 г. предусматриваются вложения в экономику Арктической зоны более 1,5 трлн. рублей на развитие транспортной, энергетической и информационно-коммуникационной инфраструктуры, формирование нормативной и научно-технической базы, а также реализацию масштабных инвестиционных проектов (мега-проектов).

На сегодняшний день в российской Арктике реализуется около 150 приоритетных инвестиционных проектов с общим объемом финансирования почти 5 трлн. руб. (89,1 млрд. долларов США), из них более 90 % приходится на следующие направления:

– развитие энергетики (около 40 проектов). В рамках данного направления уже начато строительство плавучей атомной теплоэлектростанции «Академик Ломоносов» (ввод в эксплуатацию планируется в 2019 г.). Предполагается строительство и реконструкция воздушных линий электропередач на Чукотке, в Якутии и Мурманской области, строительство трех новых центров электрического питания в Ямало-Ненецком АО.

– развитие нефтегазового и горнопромышленного секторов (около 15 проектов). Крупнейшим реализуемым нефтегазовым проектом в российской Арктике является «Ямал СПГ» (Ямало-Ненецкий АО). В рамках данного проекта ведется строительство завода по сжижению природного газа в районе поселка Саббета, в 2013-2015 гг. введены в эксплуатацию одноименные морской порт и аэропорт (общий объем инвестиций в проект оценивается в триллион рублей).. Кроме того, рассматривается вариант реализации аналогичного проекта «Печора СПГ», предполагающего строительство завода по сжижению природного газа и морского терминала в районе поселка Индига (Ненецкий АО).

– развитие транспортной инфраструктуры и судостроения (более 50 проектов). В рамках данного направления предусматривается модернизация и развитие арктической транспортной системы, а именно развитие Северного морского пути и всего комплекса транспортных средств, морских и речных судоходных линий, авиационных маршрутов, трубопроводного, железнодорожного и автомобильного транспорта, ледокольного флота,

береговой инфраструктуры (портов, средств навигации, гидрографии, гидрометеорологии, связи и др.). Например, в целях общей модернизации Северного морского пути предусматривается реконструкция действующих арктических портов в Мурманске, Архангельске, Кандалакше, Витино, Варандее (в остальных портах арктического бассейна реализация крупных инвестиционных проектов не предусмотрена), а также создание морских глубоководных многофункциональных портов в Индиге (Ненецкий АО) и Харасавее (Ямало-Ненецкий АО). Кроме того, предполагается строительство новых рейдовых отгрузочных (Варандей, Приразломное, Игарка) и контейнерных терминалов (Мурманск, Тикси, Эгвекинот, Провидения) [12, с. 69-72].

Перспективы роста перевозок в результате освоения нефтегазовых месторождений на Ямале и в Баренцевом море, обуславливают и строительство новых транспортных коридоров [13, с. 80-85; 14]:

– проект «Северный широтный ход», является одним из основных приоритетных проектов развития всей Арктической зоны (общая стоимость составляет 190 млрд. рублей). Проект включает строительство железной дороги Обская – Салехард – Надым – Пангоды – Новый Уренгой – Коротчаево, общей протяженностью 707 км, которая объединит Северную и Свердловскую железные дороги.

– проект «Белкомур» планируется реализовать на основе государственно-частного партнерства с привлечением государственной поддержки (общая стоимость превышает 170 млрд. рублей). Проект включает строительство и модернизацию железной дороги Архангельск – Сыктывкар – Пермь, общей протяженностью 1252 км, которая свяжет промышленные районы Западной Сибири с морским портом в Архангельске, а также позволит на 800 км сократить путь для грузов, поставляемых по железным дорогам из Китая и Казахстана в Европу. Однако проект приобретает значимость только в случае синхронной реализации проекта строительства глубоководного порта в Архангельске.

Большинство проектов реализуется на территориях западной и центральной частей российской Арктики: 23 проекта в Ямало-Ненецком АО (общий объем финансирования более 40 %); 72 проекта в Мурманской области (около 39 %); 7 проектов в Красноярском крае (около 10 %); 38 проектов в Архангельской области (около 7 %). Наибольший объем государственной поддержки на сегодняшний день приходится на Мурманскую область, где расположено федеральное государственное предприятие «Атомфлот», являющееся заказчиком строительства новых атомных ледоколов, а также на Ненецкий и Ямало-Ненецкий АО, где ведется строительство заводов по сжижению природного газа. В восточных регионах российской Арктики, например на Чукотке, объемы инвестиций крайне непостоянны и связаны с развитием единичных промышленных проектов.

Таким образом, основные экономические интересы России в Арктике связаны с реализацией инвестиционных проектов как целиком приуроченных к

Арктической зоне РФ (преимущественно с реализацией проектов по освоению и рациональному использованию полезных ископаемых), так и интегрирующих арктические территории с освоенными районами страны. Однако следует понимать, что хозяйственная деятельность в Арктике связана с экстремальными природно-климатическими условиями, обуславливающими удорожание капитальных затрат по сравнению с центральными регионами, а также крайней уязвимостью природной среды, что вызывает необходимость дополнительных природоохранных затрат при реализации здесь инвестиционных проектов [15, с. 28-43; 16, с. 21-26]. Также сдерживающими факторами реализации экономических интересов в Арктике выступают неразвитость производственной, транспортной и социальной инфраструктуры, полная зависимость хозяйственной деятельности и жизнеобеспечения населения от «северного завоза», территориальные споры, которые оставляют открытым вопрос применения национального законодательства на некоторых участках Арктики.

Без решения указанных проблем невозможно обеспечить реализацию экономических интересов России в Арктике, что требует особых подходов к управлению социально-экономическим развитием арктических территорий. Основными направлениями деятельности государства в Арктической зоне в первую очередь должны стать развитие и приумножение человеческого потенциала, что вызвано потребностями в трудовых ресурсах во вновь осваиваемых районах Арктической зоны РФ. Для привлечения и закрепления населения необходимо повышение качества и доступности социальных услуг, оказываемых населению, принятие комплекса экономических стимулов и социальных гарантий, позволяющих сделать арктические территории более привлекательными для жизни. В целях обеспечения экологической безопасности в Арктике, необходимо создание системы мониторинга реализации инвестиционных проектов с целью разработки превентивных мероприятий направленных на ликвидацию экологических последствий хозяйственной деятельности, а также сохранение и обеспечение защиты природной среды. Необходимо выработать механизмы финансовой ответственности отечественных и зарубежных компаний в случае аварии, а также поддерживать разработку новых конкурентоспособных и экологически чистых технологий. Кроме того, важнейшими факторами обеспечения экономических интересов России в Арктике являются диверсификация экономики арктических регионов, в том числе путем установления пониженных ставок налога на прибыль хозяйствующим субъектам, осуществляющим деятельность в Арктической зоне, при реализации ими инвестиционных проектов, реализация инвестиционных проектов на основе государственно-частного партнерства, кардинальное обновление инфраструктуры Арктической зоны РФ, развитие техники и технологий и др.

Представляется, что реализация указанных мер позволит активизировать инвестиционные процессы в арктических регионах и повысить их инвестиционную привлекательность.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект №16-32-00019 «Новые проблемы и перспективы социально-экономического развития регионов российской Арктики в условиях кризиса».

Список литературы:

1. Серова, Н.А. Особенности инвестиционной политики регионов Арктической зоны / Н.А. Серова // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2016. – №3. – С. 13-20.
2. World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables. – United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2015. – 59 s., P. 15-17.
3. Bird, K.J. Circum-Arctic resource appraisal: estimates of undiscovered oil and gas north of the Arctic Circle / K.J. Bird, R.R. Charpentier, D.L. Gautier, D.W. Houseknecht, T.R. Klett, J.K. Pitman, T.E. Moore, C.J. Schenk, M.E. Tennyson, C.J. Wandrey // U.S. Geological Survey Fact Sheet, 2008-3049, P. 4.
4. Бакланов, П.Я. Географические и геополитические факторы и направления долгосрочного развития Арктической зоны России / П.Я. Бакланов, А.В. Мошков, М.Т. Романов // Вестник ДВО РАН. – 2015. – №180. – С. 5-15.
5. Серова, В.А. Транспортная инфраструктура Арктической зоны: новый этап развития / В.А. Серова // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2014. – Т.2. – №39. – С. 30-35.
6. Север и Арктика в новой парадигме мирового развития: актуальные проблемы, тенденции, перспективы: научно-аналитический доклад / под науч. ред. д.э.н. В.С. Селина, д.э.н. Т.П. Скуфьиной, к.э.н. Е.П. Башмаковой, к.э.н. Е.Е. Торопушиной. – Апатиты: КНЦ РАН, 2016. – 420 с.
7. Серова, Н.А. Инвестиционный климат северных территорий: региональный и муниципальный уровни: монография / Н.А. Серова, Е.Е.Емельянова; под науч. ред. д.э.н. Т.П. Скуфьиной. – Апатиты: КНЦ РАН, 2015. – 164 с.
8. Фаузер, В.В. Демографический потенциал северных регионов России как фактор экономического освоения Арктики / В.В. Фаузер // Арктика и Север. – 2013. – №10. – С. 1-29.
9. Лукин, Ю.Ф. Российская Арктика в изменяющемся мире: монография / Ю.Ф. Лукин; Северный (Арктический) федеральный университет им.Ломоносова. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. – 281 с.
10. Региональная экономика и вопросы североведения: монография / под науч. ред. д.э.н., В.С.Селина, д.э.н. Т.П. Скуфьиной. – Апатиты: КНЦ РАН, 2013. – 272 с.
11. Баранов, С.В., Современные векторы социально-экономического развития арктического региона – Мурманской области через призму истории / С.В. Баранов, Т.П. Скуфьиной, Н.А. Серова, Т.А. Шаталова // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11. – С. 750-755.

12. Серова, В.А. Новый этап развития транспортной системы Арктики / В.А. Серова // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2014. – №5. – С. 69-72.

13. Тараканов, М.А. Транспортные проекты в Арктике: синхронизация, комплексность / М.А. Тараканов // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2014. – №1. – С. 80-85.

14. Транспортно-инфраструктурный потенциал российской Арктики: монография / под науч. ред. д.э.н. Селина В.С. – Апатиты: КНЦ РАН, 2013. – 279 с.

15. Тишков, А.А. «Арктический вектор» в сохранении наземных экосистем и биоразнообразия / А.А. Тишков // Арктика: экология и экономика. – 2012. – №2(6). – С. 28-43.

16. Зерщикова, Н.И. Современное социально-экономическое состояние Арктической зоны Российской Федерации как основа обеспечения безопасности страны / Н.И. Зерщикова // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2014. – №1(38). – С. 21-26.

**МАЛАЯ АВИАЦИЯ В РЕГИОНАХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

Серова Наталья Александровна

Кандидат экономических наук, старший научный сотрудник
Института экономических проблем
им. Г.П. Лузина КНЦ РАН, г. Апатиты
E-mail: serova@iep.kolasc.net.ru

Серова Валентина Анатольевна

Научный сотрудник Института экономических проблем
им. Г.П. Лузина КНЦ РАН, г. Апатиты
E-mail: vaserova@iep.kolasc.net.ru

**SMALL AIRCRAFT IN THE RUSSIAN ARCTIC REGIONS: PROBLEMS
AND DEVELOPMENT PROSPECTS**

Natalia Serova

*Candidate of Economic Sciences, Senior Research Officer,
FSBSI Institute of Economic Problems named after G. P. Luzin,
Kola Scientific Center of RAS, Apatity*

Valentina Serova

*Research Officer, FSBSI Institute of Economic Problems named after G. P. Luzin,
Kola Scientific Center of RAS, Apatity*

Аннотация: статья посвящена проблемам авиасообщения в отдаленных, труднодоступных и малонаселенных регионах Арктической зоны РФ. Авторами рассмотрены существующие проблемы и перспективные направления развития и поддержки воздушного транспорта в регионах Арктической зоны РФ. Даны рекомендации для эффективного обеспечения авиасообщения в Арктической зоне России.

Ключевые слова: Арктическая зона РФ, воздушный транспорт, малая авиация.

Abstract: the article is devoted to the problems of air communication in remote, hard-to-reach and sparsely populated regions of the Arctic zone of the Russian Federation. The authors consider existing problems and perspective directions of development and support of air transport in the regions of the Arctic zone of the Russian Federation. Recommendations are given for effective provision of air communication in the Arctic zone of Russia.

Keywords: Arctic zone of the Russian Federation, air transport, small aviation.

За 20-летний период реформ в российской гражданской авиации, особенно малой, назрело множество проблем, которые привели к фактическому разрушению системы авиасообщения в стране. Значительно сократились регулярные пассажирские и грузовые перевозки, возросла доля изношенного оборудования аэропортов и самих воздушных судов. Интенсивность полетов малых воздушных линий упала в 45-65 раз, практически исчезли многие виды востребованных работ для сектора малой авиации по отраслям экономики [1, с. 160-165]. Несмотря на значительные объемы субсидирования, рынок местных и региональных перевозок с 2000-х годов находился в стагнации, что во многом обусловлено концентрацией авиаперевозок преимущественно в Московском аэроузле (например, в 2012 г. на столичный аэроузел приходилось 74,3 % полетов на внутренних авиалиниях, в то время как доля региональных перевозок составляла 8,5 %, а местных – 4,3 %) [2, с. 54-57].

Сложившиеся негативные тенденции особенно заметно отразились на регионах Арктической зоны РФ, где малая авиация зачастую является единственным средством обеспечения круглогодичной транспортной доступности. Из-за низкой плотности населения арктических регионов интенсивность пассажиропотоков здесь незначительна, а высокая себестоимость авиаперевозок определяет убыточность авиапредприятий на рынке местных перевозок и приводит к закрытию авиалиний, банкротству авиаперевозчиков, сокращению аэродромной сети и других объектов наземной инфраструктуры.

В 2015 г. в Арктике насчитывалось 266 посадочных площадок для малой авиации и 73 аэродрома, из которых только один (Талаги в г.Архангельск) оборудован по I категории ИКАО, 26 сооружений имеют искусственное покрытие, а на остальных 47 самолеты садятся на грунт. Это на 17 % выше, чем в среднем по России, но в 1,5-3 раза меньше, чем в сходных условиях Канады или Аляски, что не достаточно для обеспечения транспортной доступности населенных пунктов [3, с. 53-59]. Однако основная масса этих аэродромов в настоящее время не действует. Например, в Мурманской области имеется 41 аэродром, но в рабочем состоянии находятся только 10, в Чукотском АО из 33 аэродромов воздушные суда принимают 15, в Ямало-Ненецком АО – 12 из 19. Ситуацию усугубляет высокая стоимость ГСМ, критическое состояние инфраструктуры, нехватка квалифицированных авиационных специалистов из-за общего оттока населения из арктических регионов.

Тем не менее, в последние годы в большинстве арктических регионов наблюдается положительная динамика по пассажирским (рис.1) и грузовым перевозкам, что во многом обусловлено увеличением добычи углеводородов на шельфе Арктики, реализацией транспортных мегапроектов и развитием Северного морского пути [4, с. 130-133]. Это позволяет сделать вывод, что, находясь в тяжелейшем положении, воздушно-транспортная инфраструктура регионов Арктической зоны РФ, поддерживает минимальный уровень транспортной доступности населенных пунктов.

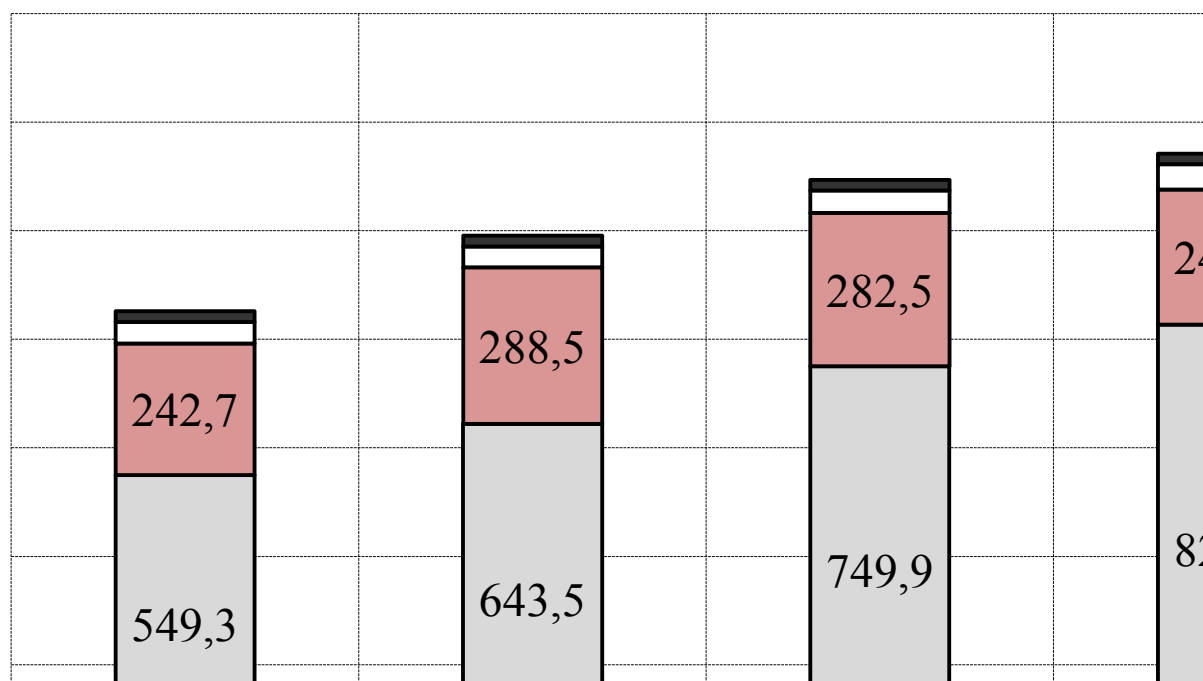


Рисунок 1. Динамика объемов пассажирских перевозок по регионам полностью входящим в Арктическую зону РФ, тыс. чел.

Источник: рассчитано по данным Федеральной службы государственной статистики и официальных сайтов регионов Арктической зоны РФ.

На сегодняшний день в России реализуется целый ряд федеральных целевых программ предусматривающих мероприятия по совершенствованию и развитию воздушного транспорта, в том числе путем субсидирования деятельности северных аэропортов, магистральных перевозок, создания казенных аэропортовых предприятий, частичной компенсации платежей при покупке или лизинге воздушных судов [5, с. 58-59].

Данные программы непосредственно связаны и с Арктической зоной РФ. Например, в соответствии с Программой обеспечения доступности воздушных перевозок пассажиров с Дальнего Востока в европейскую часть страны и в обратном направлении выполнялись регулярные рейсы из арктических аэропортов (Анадырь, Норильск, Певек, Тикси, Нарьян-Мар и др.) по 18 маршрутам. В 2014 г. на эти цели были выделены субсидии в размере 3,372 млрд. рублей, а в 2015 г. – 9 млрд. рублей. Благодаря субсидированию воздушных перевозок за период 2000-2014 гг. прирост авиаперевозок через все аэропорты, расположенные в Арктической зоне РФ, увеличился более чем в 2 раза. Однако в 2014 г. с началом кризисных явлений в экономике перевозки снизились на 16 % и имеют тенденцию к дальнейшему снижению. На 2017-2019 гг. на субсидии по обеспечению доступности воздушных перевозок пассажиров с Дальнего Востока в европейскую часть страны и в обратном направлении планируется выделять ежегодно около трех миллиардов рублей (87,3 % к 2016 г.). Дотации аэропортам, расположенным в районах Крайнего

Севера и приравненных к ним местностях, на этот же период составят по 10 млн. рублей ежегодно (16,8 % к 2016 г.).

Кроме того, в ряде регионов разработаны и реализуются собственные программы развития и поддержки воздушного транспорта. Например, на Ямале принята окружная долгосрочная целевая программа «Развитие аэропортов на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (2012-2020 годы)», в рамках реализации которой ведется модернизация поселковых аэропортов (реконструкция аэропортового комплекса и взлетно-посадочной полосы в аэропорту Красноселькуп), обновление и расширению парка отечественных воздушных судов (заменены устаревшие Ту-134, Як-40 и Ан-24 на воздушные суда нового поколения, отвечающие современным требованиям), приобретение специальной техники и специального оборудования для аэропортов округа. В рамках проекта «Ямал СПГ» в феврале 2015 г. начал прием воздушных судов международный аэропорт «Сабетта», являющийся одним из первых построенных с нуля российских арктических аэропортов. За счет окружного бюджета субсидируется 4 межрегиональных и 30 межмуниципальных направлений (из них 21 – регулярные рейсы, 9 – резервные, осуществляемые в периоды межсезонья между населенными пунктами, не имеющими наземной связи, а также в случае неблагоприятных погодных условий для речного транспорта в период навигации). Субсидии предоставляются авиаперевозчикам на возмещение затрат, образующихся в результате выполнения регулярных пассажирских перевозок по специальным и льготным тарифам, установленным ниже экономически обоснованных расходов авиапредприятий. За 2014 г. по межмуниципальным маршрутам выполнено 1445 рейсов и перевезено 46,9 тыс. пассажиров, по межрегиональным маршрутам выполнено 829 рейсов и перевезено 119,04 тыс. пассажиров.

В целях сохранения и развития местных и региональных авиаперевозок в северных регионах государство сделало основной упор на объединении местных аэродромов и посадочных площадок в федеральные казенные предприятия (ФКП). Их основное преимущество заключается в искусственном занижении аэропортовых сборов (тем самым сдерживается рост цен на билеты), а также в направлении финансовых потоков в наземную инфраструктуру местных воздушных линий, что позволяет учитывать современные требования к безопасности полетов. Однако темпы консолидации остаются не очень высокими, так как объекты наземной инфраструктуры воздушного транспорта в регионах в настоящее время имеют разные формы собственности [6, с. 60-68].

На сегодняшний день создано 7 федеральных казенных предприятий, 4 из которых функционируют непосредственно в арктических регионах и включают в себя 27 аэропортов аэропорта и 27 посадочных площадок: ФКП «Аэропорты Севера» (Республика Саха (Якутия)) – 12 аэропортов, ФКП «Аэропорт Амдерма» (Ненецкий АО) – 1 аэропорт, ФКП «Аэропорты Красноярья» (Красноярский край) – 5 аэропортов, ФКП «Аэропорты Чукотки» (Чукотский АО) – 9 аэропортов. Рассматривается вопрос о создании ФКП «Аэропорты Северо-Запада» путем реорганизации ФКП «Аэропорт Амдерма» и

объединения региональных аэропортов Северо-Западного федерального округа. Благодаря поддержке государства в 2014 г. ФКП арктической зоны обслужили более 290 тыс. пассажиров. За 2015 г. объем перевозок здесь составил более 3 млн. пассажиров, обработано более 20,5 тыс. т груза и почты [7].

Также в соответствии со Стратегией развития Арктической зоны РФ в ближайшие годы планируется формирование крупных транспортно-логистических узлов (арктических хабов) для магистральных и международных перевозок на базе аэропортов Мурманск, Архангельск и Анадырь. Проектируется развитие сети малых аэропортов с взлетно-посадочными полосами для грузопассажирских перевозок в районы Арктики. Планируется реконструкция и обновление навигационного оборудования [8, с. 237-247; 9; 10, с. 25-34; 11, с. 25-34; 12].

Актуальной проблемой остается и обновление парка малой авиации, вертолетов и региональных самолетов. Перспективными направлениями развития полярной авиации может стать разработка технических решений по совершенствованию конструкции и увеличению дальности полета перспективных вертолетов, реализация проектов новейших транспортных средств (экранопланов, аэросаней, дирижаблей, беспилотных летательных аппаратов). Большое значение для труднодоступных регионов Севера будет также иметь и использование воздушных судов безаэродромного базирования и амфибийной авиации, которые могут значительно улучшить транспортное обслуживание при умеренных капиталовложениях. На сегодняшний день уже существует несколько подобных проектов: комбинированное воздушное судно «Атлант» с грузоподъемностью до 250 тонн и дальностью полета до 5 тыс. км, морской многоцелевой грузопассажирский экраноплан нового поколения «Чайка-2» с грузоподъемностью равной ИЛ-18.

Таким образом, на пути возрождения регионального и местного авиасообщения сделаны первые действенные шаги. Однако следует понимать, что этот сектор воздушного транспорта требует не только финансовых вложений, но и комплексного подхода к решению многих проблем. Поэтому для эффективного обеспечения авиасообщения в Арктической зоне на наш взгляд необходимо

- разработать комплекс мер по импортозамещению в воздушном флоте гражданской авиации;
- завершить доработку проекта Федерального закона «Об аэродромах, аэропортах и аэропортовой деятельности в Российской Федерации»;
- разработать механизмы привлечения негосударственных инвестиций при финансировании строительства и реконструкции аэропортов в регионах;
- усовершенствовать механизмы субсидирования авиаперевозок путем разделения субсидирования по социальным местным маршрутам и другим;
- инициировать создание единых правил и стандартов для развития малой и региональной авиации;

- осуществлять меры финансовой и иной поддержки авиакомпаний, понесших финансовые потери в связи с ограничениями и запретами полетов в отдельные страны и регионы;
- обеспечить снижение НДС для авиакомпаний на внутренних воздушных линиях с 10 % до 0 %;
- разработка механизма инфраструктурного сбора не облагающегося налогами для реконструкции и строительства региональных аэродромов.
- ускорить создание ФКП «Аэропорты Северо-Запада» с целью координации работ по реализации проектов региональных и местных воздушных линий и их финансирования, привлечения частных инвестиций и создания ГЧП.

Список литературы:

1. Фридлянд, А.А. Экономика авиаперевозок и текущее состояние российского авиатранспортного рынка / А.А. Фридлянд, Р.Р. Низаметдинов // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2012. – № 2. – С. 160-165.
2. Рябухин, С.Н. Только самолетом можно долететь / С.Н. Рябухин // Финансовый контроль. – 2012. – № 2. – С. 54-57.
3. Лесничий, И.В. Применение авиации в Арктической зоне и Антарктике в интересах Российской Федерации / И.В. Лесничий, М.А. Бородин, В.И. Самойлов, О.А. Кауркина, Д.А. Кипчарский // Научный вестник ГосНИИГА. – 2012. – №2. – С. 53-59.
4. Серова, В.А. Текущее состояние воздушного транспорта в Арктической зоне РФ / В.А. Серова // Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения – 2016: Материалы VIII международной научно-практической конференции (Апатиты, 14-16 апреля 2016 г.) / под общ. ред. Е.П. Башмаковой, Е.Е. Торопушиной. – Апатиты: ИЭП КНЦ РАН, 2016. – 690 с. – С. 130-133.
5. Серова, В.А. Перспективы авиационной деятельности в арктических регионах / В.А. Серова // Социально-экономические аспекты развития современного государства: материалы IV международной научно-практической конференции (Саратов, 23 октября 2014 г.) в 2-х частях – часть 2 / отв. ред. А.Н.Плотников – Саратов: ЦПМ «Академия бизнеса», 2014. – 103 с. – С. 58-59;
6. Горшкова, И.В. Экономический анализ перспектив развития воздушного транспорта в малонаселенных регионах России / И.В. Горшкова, В.В. Клочков // Проблемы прогнозирования. – 2011. – № 6. – С. 36-52.
7. Волосов, Е.Н. Региональная авиация Дальнего Востока: проблемы и перспективы / Е.Н. Волосов // Проблемы социально-экономического развития Сибири. – 2016. – № 4(26). – С. 60-68.
8. Байбеков, Ш. Региональная авиация: время вставать на крыло. [Электронный ресурс] / Ш. Байбеков // Все о транспорте. URL: www.transport-book.ru/vozdushnyiy-transport/regionalnaia-aviaciia-vre-miavstavat-na-krylo.html (дата обращения: 25.05.2017).

9. Серова, Н.А. Инвестиционная политика регионов Арктической зоны РФ / Н.А. Серова // Россия в глобальном мире. – 2017. – №10(33). – С. 237-247.

10. Цыганкова, А.А. Инфраструктура Арктической Зоны РФ: состояние, экономические инструменты развития и приоритетные проекты / А.А. Цыганкова, О.В. Романченко, О.Л. Шеметкова // Региональная экономика и управление. – 2016. – №4(48). URL: <http://eee-region.ru/article/4816/> (дата обращения 23.05.2017).

11. Скуфьина, Т.П. Новая региональная политика в контексте проблемы сбалансированного развития северных территорий России / Т.П. Скуфьина // Региональная экономика: теория и практика. – 2015. – №29(404). – С. 25-34.

12. Серова, Н.А. Инвестиционный климат северных территорий: региональный и муниципальный уровни: монография / Н.А. Серова, Е.Е. Емельянова; под науч. ред. д.э.н. Т.П. Скуфьиной. – Апатиты: КНЦ РАН, 2015. – 164 с.

**О ТРАНСФОРМАЦИИ СБЕРЕЖЕНИЙ НАСЕЛЕНИЯ В ИНВЕСТИЦИИ:
ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ**

Чапаргина Анастасия Николаевна

Кандидат экономических наук, старший научный сотрудник

Института экономических проблем

им. Г.П. Лузина КНЦ РАН, г. Апатиты

E-mail: nastyia@iep.kolasc.net.ru

**ABOUT TRANSFORMATION OF THE POPULATION'S
MONEY SAVINGS INTO INVESTMENT: INSTITUTIONAL ASPECT**

Anastasia Chapargina

Candidate of Economic Sciences, Senior Research Officer,

FSBSI Institute of Economic Problems named after G. P. Luzin,

Kola Scientific Center of RAS, Apatity

Аннотация: Сегодня задача мобилизации и вовлечения в инвестиционный процесс внутренних источников, в первую очередь, сбережений населения, приобретает особую актуальность. В статье рассмотрен процесс трансформации сбережений населения в инвестиции с точки зрения институциональной теории. Приведены различные определения понятия «институт», раскрыта сущность формальных и неформальных институтов. Доказано, что институциональное доверие является наиболее существенным институциональным фактором, а основой развития процесса трансформации сбережений в инвестиции выступают институциональные изменения, направленные на согласование интересов участников.

Ключевые слова: сбережения населения, инвестиционные ресурсы, согласование интересов, институциональная теория, формальные и неформальные правила.

Abstract: today the task of mobilizing and engaging in investment process domestic sources, first and foremost, the population's savings, *becomes important*. The article describes the process of transformation of savings into investments in terms of institutional theory. The different definitions of «institution» are shown, the essence of formal and informal institutions are examined. It has been proven that institutional trust is the most important institutional factor, and institutional changes aimed at harmonizing the interests of participants are the basis for the development of the process of transformation of savings into investments.

Key words: population savings, investment resources, coordination of interests, institutional theory, formal and informal rules.

Сбережения населения являются важным инвестиционным ресурсом региона, поэтому изучение условий трансформации сбережений в инвестиции

региона имеет теоретическую и практическую значимость. К основным условиям, обеспечивающим трансформацию сбережений в инвестиции, можно отнести: институты, инфраструктуру (развитая инфраструктура ослабляет эффект удаленности регионов, стимулирует сбережения, обеспечивает доступность разнообразных форм сбережений), стабильность макроэкономической среды, развитость финансового рынка, обеспечение эффективности и надежности финансовых инструментов.

В рамках данного исследования процесс трансформации сбережений в инвестиции рассмотрен с позиций институциональной теории. Особое внимание уделено институтам как определенным рамкам, которые формируют систему стимулирования и сдерживания сберегательных процессов.

В научных трудах Дж. Шмоллера, Д. Норта, Т. Эггертссона, Г.Б. Клейнера, А.А. Аузана, А.Н. Олейника, В.Г. Гребенникова и др. можно столкнуться с различными трактовками понятия «институт».

Так, Дж. Шмоллер под *институтом* понимает «...определенный порядок совместной жизни, который служит конкретным целям и обладает потенциалом самостоятельной эволюции. Он закладывает прочную базу для упорядочивания социальных действий на длительный период времени, как, например, собственность, рабство, брак, опека, рыночная система, монетная система, свобода торговли...» [1].

Е. Остром определяет *институт* как «...совокупность действующих правил, на основе которых устанавливается, кто имеет право принимать решения в соответствующих областях, какие действия разрешены или ограничены, какие общие правила будут использоваться, каким процедурам необходимо следовать, какая информация должна предоставляться... Все правила содержат предписания, которые запрещают, разрешают или требуют определенных действий или решений...» [2].

Понятию института А.А. Аузан дает следующее определение: *институт* – это совокупность, состоящая из правила или нескольких правил и внешнего механизма принуждения индивидов к исполнению этого правила [3].

В.Г. Гребенников предлагает связывать термин «институт» с понятием «внешняя норма» и утверждает, что *институт* – это и есть фактически действующая рефлексивная норма и ничего кроме нее [4].

При исследовании процессов трансформации сбережений в инвестиции будем придерживаться определения Д. Норта, который определяет *институт*, как «правила игры» в обществе или созданные человеком ограничительные рамки, которые организуют взаимоотношения между людьми [5]; «правила, механизмы, обеспечивающие их выполнение, и нормы поведения, которые структурируют повторяющиеся взаимодействия между людьми» [6]; «набор формальных правил, неформальных ограничений и механизмов их принудительного осуществления» [7]. Отметим, что Д. Норт в своих работах часто приводит определения институтов, которые заметно различаются между собой. Не всегда в определениях Д. Норта упоминаются механизмы принуждения к выполнению правил, как и соответствующие санкции, но при

этом в них всегда просматривается социальный характер тех норм, которые составляют понятие института.

Сберегательный процесс предполагает наличие индивида, стремящегося к удовлетворению своих потребностей, институтов (формальных и неформальных правил), в рамках которых индивид принимает сберегательные решения, и целенаправленную деятельность.

Институты, представленные формальными и неформальными правилами, образуют институциональную среду сберегательного процесса. В рамках этой среды население, государство и финансовые посредники взаимодействуют с целью создания дохода, повышения экономического благосостояния и обеспечения социально-экономического развития. Институциональная среда имеет сложную структуру, в которой различные правила могут тесно переплетаться между собой, образуя сложные взаимосвязи норм, не допускающих какого-либо изменения только одной из них или какой-то группы в результате случайного или целенаправленного воздействия.

Формальные правила, влияющие на сберегательное решение индивида, определяются действующей нормативно-правовой базой, а именно федеральными, региональными и местными законами, а также инструкциями, положениями и актами, характеризующими деятельность сберегательных институтов. Их условно можно разделить на правила, косвенно влияющие на сберегательный процесс (регулирование рынков, валютное регулирование), и на правила, оказывающие прямое влияние на формирование сбережений (например, система гарантирования вкладов). Одни из наиболее существенных формальных правил представлены системой налогообложения, которая оказывает влияние на объемы сбережений через регулирование заработной платы (налог на доходы физических лиц), а также определяет приоритеты вложения временно свободных денежных средств в финансовые инструменты [8].

Формальные институты должны быть направлены на оптимизацию сберегательно-инвестиционного климата в стране (регионе) с учетом требований социально-экономической, финансовой и денежно-кредитной политики. Они призваны поддерживать стабильность сберегательной системы и не допускать сберегательных кризисов, защищать экономические интересы сберегателей, расширять и совершенствовать объекты сбережений. Государство, устанавливая те или иные формальные правила, может как способствовать формированию сбережений и их последующей трансформации в инвестиции, так и сдерживать сберегательный процесс (например, с помощью фискальной политики).

Отметим, что региональные власти могут влиять на сберегательный процесс лишь косвенными методами, поскольку деятельность финансовых посредников, обеспечивающих процесс трансформации сбережений в инвестиции, в основном регулируется федеральным и отраслевым законодательством. Тем не менее, ряд мер может быть направлен на формирование благоприятных условий функционирования финансовых

посредников в регионе.

Экономические интересы участников процесса трансформации сбережений в инвестиции (государства, предприятий, финансовых посредников, населения) взаимосвязаны, но при этом могут как дополнять друг друга, так и быть противоположными.

Интересы государства, например, такие как создание рабочих мест, увеличение благосостояния населения, социальная стабильность в обществе и др., соответствуют таким интересам населения как увеличение дохода, стабильный уровень цен и соответственно расширение возможностей формировать сбережения. Основным интересом предприятий – получение прибыли – отвечает интересам государства, связанных с получением налогов. Интересы финансовых посредников коррелируют с интересами предприятий. Финансовые посредники стремятся привлечь свободные денежные ресурсы и направить их на кредитование, а предприятия – получить необходимые инвестиции.

Противоречие интересов участников процесса трансформации сбережений в инвестиции, например, может проявляться в том, что цель населения – получить максимальный доход за счет надежных вложений денежных средств; цель финансовых посредников – привлечь свободные денежные ресурсы и разместить их на рыночных условиях, при этом обеспечив максимальную маржу; цель предприятий получить необходимые инвестиции под низкие процентные ставки. В результате получается, что интересы населения противопоставляются интересам финансовых посредников, а интересы финансовых посредников не совпадают с интересами предприятий.

Согласование интересов и соответственно эффективное использование сбережений населения как потенциальных инвестиционных ресурсов возможно при соблюдении «процентных ножниц» (вкладчик получает привлекательные (не менее инфляции) проценты по вкладу, но и не слишком высокие, поскольку ресурсы должны быть достаточно дешевыми для инвесторов).

В современных условиях роста российской экономики усиливаются противоречия между частным и общественным интересами. Противоречивость интересов участников приводит к выбыванию из экономического оборота значительной части сбережений и их размещению в неорганизованной форме. В этой связи государству в лице федеральных и региональных органов власти необходимо с помощью изменений в формальных правилах стремиться максимально согласовывать интересы участников процесса трансформации сбережений в инвестиции.

Таким образом, основой развития процесса трансформации сбережений в инвестиции выступают институциональные изменения (изменения формальных правил), направленные на согласование интересов участников, т.е. решение проблемы «принципал-агент», возникающей в результате конфликта интересов.

Кроме формальных правил, оказывающих воздействие на процесс трансформации сбережений в инвестиционный ресурс региона, существуют и неформальные, которые закреплены обычаями, нормами, религиозными

убеждениями, стереотипами. Эти правила в большей мере влияют на процесс формирования сбережений, население учитывает их, принимая сберегательные решения. Неформальные правила значительно разнятся в субъектах России, для разных профессиональных и возрастных групп населения.

Несмотря на существование тесной связи между формальными и неформальными институтами, они отличаются друг от друга по целому ряду параметров. Неформальные правила в отличие от формальных правил могут претерпевать изменения без всякой целенаправленной деятельности, изменения в неформальных нормах часто «являются подсознательными, формируя у индивидов альтернативные модели поведения, связанные с новым восприятием выгод и издержек» [9]. Неформальные правила опираются на культурные ценности и традиции. Они формируются на протяжении длительного периода и более устойчивы, чем формальные правила.

Кроме институциональной среды на формирование сбережений и их последующую трансформацию в инвестиции непосредственное влияние оказывают институциональное доверие, финансовая грамотность населения и информационная среда. Отметим, что перечисленные факторы взаимосвязаны между собой. От финансовой грамотности населения и наличия информации о различных финансовых инструментах и услугах зависит уровень институционального доверия.

Информированность при формировании сбережений выступает важным фактором для сопоставления альтернативных решений о вложении денежных средств в зависимости от квалификации субъекта. Например, навыки использования информационных ресурсов Интернета позволяют принимать решения в условиях большей информированности.

В условиях сложившейся институциональной среды возможность населению управлять своими денежными средствами дают знания в области финансов, позволяющие правильно оценивать ситуацию и принимать рациональные сберегательные решения. При низком уровне финансовой грамотности население не будет проявлять спрос на финансовые услуги, не понимая в них выгоды и имея по отношению к ним низкую степень доверия. И как следствие это также отрицательно скажется на государстве, финансовых посредниках, предприятиях и обществе в целом.

Степень развития институциональной среды влияет на формирование институционального доверия, уровень которого особенно важен для формирования организованных сбережений в российских условиях. Для России характерна тенденция потери доверия населения к рыночным преобразованиям, проводимым в стране. После нескольких финансовых кризисов, сопровождавшихся банкротством банковских институтов и обесцениванием сбережений, население отреагировало снижением уровня институционального доверия.

В 2015 году максимальный уровень доверия у населения по-прежнему наблюдается в отношении банков, несмотря на существенное снижение (уменьшился за год на 18 пунктов). Уровень доверия страховым,

инвестиционным компаниям и негосударственным пенсионным фондам (НПФ) находится на низком уровне. Максимальное недоверие у населения вызывают микрофинансовые организации (МФО) (таблица 1) [10].

Таблица 1

Индекс доверия финансовым институтам¹

	2012	2013	2014	2015
Уровень доверия банкам	64	78	74	56
Уровень доверия страховым компаниям	35	41	38	35
Уровень доверия инвестиционным компаниям	17	19	19	16
Уровень доверия микрофинансовым организациям	14	13	11	8
Уровень доверия негосударственным пенсионным фондам	19	19	19	19

Кредитными организациями, занимающими лидирующее положение почти на всех региональных рынках банковских услуг остаются региональные подразделения Сбербанка России с долей на рынке вкладов от 35 % до 85 %. Это связано с тем, что основным предпочтением большинства населения остается надежность и сохранность своих денежных средств [11].

Таким образом, при рассмотрении процесса трансформации сбережений в инвестиции с точки зрения институциональной теории установлено, что на сберегательные решения населения, которое заинтересовано в надежности финансовых сделок и сохранности своих сбережений, в значительной степени влияют институциональные факторы. Из них наиболее существенным является институциональное доверие, базирующееся на развитой институциональной среде в виде финансового законодательства и других гарантий. При этом институциональная среда должна обеспечивать снижение неопределенности и обеспечение уверенности в сохранности денежных средств. Поэтому правила, образующие институциональную среду, должны быть более или менее *согласованы* одно с другим, *понятны* участникам, действия которых с их помощью регламентируются, в достаточной степени *стабильными*, что в условиях неопределенности позволяет согласовывать ожидания субъектов, принимающих решения. Следовательно, основой развития процесса трансформации сбережений в инвестиции выступают институциональные изменения, направленные на согласование интересов участников.

¹ Инициативный всероссийский опрос НАФИ проведен в апреле 2015 г. Опрошено 1600 человек в 132 населенных пунктах в 46 регионах России. Статистическая погрешность не превышает 3,4%.

Список литературы:

1. Фуруботн Э.Г. Институты и экономическая теория: Достижения новой институциональной экономической теории / Э.Г. Фуруботн, Р. Рихтер // /пер. с англ./ под ред. В.С. Каткало, Н.П. Дроздовой. – СПб., 2005. – 736 с.
2. Ostrom E. Governing the Commons: The Evolution of Institution for Collective Action / E. Ostrom // Cambridge, 1990. – 220 с. URL: http://www.burmalibrary.org/docs20/Ostrom-1990-governing_the_commons.pdf (дата обращения: 03.06.2017)
3. Институциональная экономика: новая институциональная экономическая теория: Учебник / Под общ. ред. д.э.н., проф. А.А. Аузуна. – М.:ИНФРА-М, 2006. – 416 с.
4. Введение в институциональную экономику: учеб. пособие / под ред. Д.С.Львова. – М.: Экономика, 2005. – 639 с.
5. Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики / Д. Норт // пер. с англ. А.Н. Нестеренко. – М.: Фонд экономической книги «Начало», 1997 – 190 с.
6. Норт Д. Институты и экономический рост: историческое введение / Д. Норт // Тезис. М., 1993. – Т. 1. Вып. 2. – С. 73.
7. Норт Д. Вклад неоинституционализма в понимание проблем переходной экономики. URL: http://www.institutional.boom.ru/North/Ronimanie_tranzitologia.htm (дата обращения: 03.06.2017)
8. Чапаргина А.Н. Факторы сберегательного процесса и основные институты их регулирующие // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения-2016» / под общ. ред. Е.П. Башмаковой, Е.Е. Торопушиной. – Апатиты: ИЭП КНЦ РАН, 2016. – С. 622-626.
9. Норт Д. Институциональные изменения: рамки анализа // Вопросы экономики. – 1997. – № 3. – С. 9.
10. Доверие финансовым институтам URL: <http://nafi.ru/analytics/doverie-finansovym-institutam-snizilos/> (дата обращения: 03.06.2017)
11. Чапаргина А.Н. Состояние и перспективы развития рынка банковских услуг для населения северных регионов // [Север и рынок: формирование экономического порядка](#). – 2014. – Т. 2. – № 39. – С. 51а-56.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ *SANGUISORBA OFFICINALIS* L. (ROSACEAE) В УСЛОВИЯХ ТРАВЯНЫХ БОЛОТ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Асминг Светлана Викторовна

Кандидат биологических наук,

*доцент кафедры физики, биологии и инженерных технологий
филиала Мурманского арктического государственного университета*

в г. Апатиты

E-mail: asming@yandex.ru

METHODS TO DETERMINE THE POTENTIAL SEED PRODUCTION OF *SANGUISORBA OFFICINALIS* L. (ROSACEAE) AT HERBAL FENS CONDITIONS IN THE MURMANSK REGION

Svetlana Asming

*PhD, The Physics, Biology and Engineering Technologies department,
assistant professor of Apatity Branch of Murmansk Arctic State University*

Аннотация: описаны два метода подсчета цветков для определения потенциальной семенной продуктивности ресурсного вида *Sanguisorba officinalis* L. на травяных болотах Мурманской области. Выявлены достоинства и недостатки каждого. Оба метода показали сопоставимые результаты – потенциальная семенная продуктивность *S. officinalis* L. в условиях Крайнего Севера достаточно высокая, составляет от 59 до 192 цветков на особь.

Ключевые слова: методика подсчета цветков, *Sanguisorba officinalis*, *Rosaceae*, травяные болота, потенциальная семенная продуктивность.

Abstract: two methods of potential seed production determination of *Sanguisorba officinalis* L. at herbal fens in the Murmansk region have been described. Advantages and disadvantages have been revealed. Both methods demonstrate comparative results. Potential seed production determination of *Sanguisorba officinalis* L. at high North conditions is quite high, is 59-192 flowers at one individual.

Keywords: methods to calculate flowers, *Sanguisorba officinalis*, *Rosaceae*, herbal fens, potential seed production.

Размножение особей растений, или репродукция, – одна из важнейших характеристик, которая обеспечивает их самоподдержание в популяциях и определяет устойчивое существование в экосистемах [7, 8]. Одной из основных форм репродукции является половая, или генеративное размножение, связанное с образованием гамет, их слиянием и образованием зиготы, обладающей комбинированным генотипом.

Основным показателем репродуктивного потенциала является количество

производимых семян в расчете на особь, или семенная продуктивность [6, 9]. Однако подсчет диаспор, когда они мелкие и многочисленные, вызывает определенные затруднения (высокая трудозатратность, большой объем работ и пр.). Поэтому важным условием успешного определения семенной продуктивности является удачный выбор методики.

Объектом, для которого определяли семенную продуктивность, была выбрана кровохлебка лекарственная – *Sanguisorba officinalis* L. из семейства *Rosaceae*. Это травянистый многолетник, ценное лекарственное растение, корневища которого издавна применяют в медицине [10, 1]. Местообитаниями *S. officinalis* в Мурманской области являются болота, заболоченные разнотравные луга и лужайки, опушки и вырубki травяных березняков и сосново-моховых лесов, долины, берега рек и озер [10, 11, 12].

В 2011-2012 гг. в юго-восточных окрестностях г. Апатиты была заложена серия травяных болотных фитоценозов для многолетнего мониторинга [2]. Сообщества такого типа являются редкими для области, они флористически богаты, по типу питания относятся к мезотрофным и эвтрофным болотным сообществам [4, 5]. Исследование подобных экосистем и, соответственно, слагающих их видов и популяций, их эколого-биологических особенностей является актуальным и необходимым для их поддержания и сохранения. Одним из таких видов является кровохлебка лекарственная, которая в данных сообществах является субдоминантом и играет важную роль в функционировании подобных экосистем [3, 15, 14].

Цель данной работы – найти оптимальную методику определения семенной продуктивности *Sanguisorba officinalis*. Для ее достижения нами были взяты под наблюдение пять популяций *S. officinalis* в выше указанных пяти фитоценозах (юго-восточные окрестности г. Апатиты, Мурманская область).

Соцветия *Sanguisorba officinalis* овально-шаровидные, головчатые, небольших размеров, с расположенными на них мелкими сидячими пурпуровыми цветками. Цветонос заканчивается в большинстве случаев одним соцветием, но встречаются экземпляры, у которых может быть и несколько соцветий. У таких особей можно выделить центральное соцветие, которое, как правило, самое крупное 21(60) мм, и боковые, меньших размеров (8-14 мм).

В качестве счетной единицы семенной продуктивности были выбраны цветки. В случае с *Sanguisorba officinalis* это можно допустить, т.к. плоды у этого вида односемянные, следовательно, число цветков равняется числу семян. Поскольку в данной работе единицами подсчета были цветки, а не семена, то по результатам исследования можно говорить только о *потенциальной* семенной продуктивности *S. officinalis*, которая наряду с реальной также является важной характеристикой репродуктивного потенциала.

Цветки у *Sanguisorba officinalis* мелкие, сидячие, плотно расположены на цветоносе, в полевых условиях посчитать их трудно. Поэтому все соцветия были условно разделены на три группы по длине: крупные, средние и мелкие. На каждой особи было посчитано число соцветий каждой группы и измерена длина каждого из них (от верхнего цветка до нижнего). Результаты

ФИЗИКА, ХИМИЯ И БИОЛОГИЯ

статистической обработки приведены в табл. 1. Статистическая обработка проводилась встроенным блоком статистического анализа в программе Microsoft Office Excel 2010.

Таблица 1

Метрические и меристические параметры репродуктивных органов *Sanguisorba officinalis* в пяти популяциях на травяных болотах Мурманской области (длина соцветия и их число)

	число крупных соцветий, шт	число средних соцветий, шт	число мелких соцветий, шт	длина крупных соцветий, мм	длина средних соцветий, мм	длина мелких соцветий, мм
<i>Популяция №1</i>						
Min	0	0	0	40	0	0
Max	11	1	2	95	21	20
Average	2	0	1	61,3	3,7	12,8
Σ	52	6	29	1839	111	383
SD	3,4	0,4	0,4	12,2	7,6	5,0
n=30						
<i>Популяция №2</i>						
Min	0	0	0	44	0	0
Max	9	4	3	106	22	16
Average	3	1	1	73,3	7,5	10,0
Σ	83	16	36	2199	226	299
SD	3,8	0,8	0,8	18,5	9,0	5,6
n=30						
<i>Популяция №3</i>						
Min	0	0	0	40	0	0
Max	7	2	3	102	22	16
Average	1	1	1	70,4	10,6	10,7
Σ	33	20	42	2113	319	320
SD	2,3	0,7	1,0	16,0	9,6	5,7
n=30						
<i>Популяция №4</i>						
Min	0	1	0	39	15	0
Max	9	1	5	83	32	15
Average	2	1	1	61,0	19,9	5,3
Σ	70	30	31	1830	596	159
SD	3,4	0,0	1,5	9,7	4,1	5,9
n=30						
<i>Популяция №5</i>						
Min	0	0	0	49	0	0
Max	11	2	9	106	30	16
Average	4	1	3	71,3	14,0	10,6
Σ	120	23	77	2139	419	319
SD	3,8	0,5	2,2	15,2	9,2	5,7
n=30						

Затем были собраны соцветия разной длины, и в лабораторных условиях

на них было посчитано число цветков (табл. 2).

Таблица 2

Метрические и меристические параметры репродуктивных органов *Sanguisorba officinalis* в пяти популяциях на травяных болотах Мурманской области (длина соцветия, число цветков)

№ особи	крупное соцветие		среднее соцветие		мелкое соцветие	
	длина, мм	число цветков	длина, мм	число цветков	длина, мм	число цветков
1	19	39	15	31	8	14
2	23	35	13	28	11	14
3	26	59	12	27	6	10
4	20	45	13	28	7	15
5	18	45	10	21	10	19
6	22	50	15	39	9	18
7	24	42	14	31	6	17
8	18	48	15	57	8	18
9	16	40	17	58	7	22
10	20	54	16	71	8	21
11	29	100	13	37	8	29
12	20	65	13	53	4	18
13	19	71	15	50	4	17
14	23	87	14	52	7	17
15	19	48	15	42	10	24
16	17	76	15	43	9	21
17	18	58	14	55	9	40
18	21	66	13	55	10	32
19	24	110	15	72	4	14
20	20	85	12	55	8	25
21	17	70	11	46	9	39
23	26	100	12	54	6	20
Min	16	35	10	21	4	10
Max	29	110	17	73	11	40
Average	20,7	63	13,7	47	7,5	21
∑	477	1455	316	1078	173	477
SD	3,4	21,3	1,7	15,0	2,0	7,8

Используя полученные цифры, определили *плотность цветков на соцветии*. Для этого объединили сумму всех цветков разделили на сумму длин всех соцветий:

$$(1455+1078+477) / (477+316+173) = 3010 / 966 = 3 \text{ шт/мм (табл. 3).}$$

Число цветков на одной особи рассчитывали по следующей формуле:

$$n_{\text{цв}} = n_{\text{к}} * h_{\text{к}} * \text{Пл} + n_{\text{с}} * h_{\text{с}} * \text{Пл} + n_{\text{м}} * h_{\text{м}} * \text{Пл}, \text{ где}$$

$n_{\text{к}}$ – число крупных соцветий, шт,

$h_{\text{к}}$ – длина крупных соцветий, мм,

$n_{\text{с}}$ – число средних соцветий, шт,

h_c – длина крупных соцветий, мм,
 n_m – число крупных соцветий, шт,
 h_m – длина крупных соцветий, мм,
 Пл – плотность цветков на соцветии, 3 шт/мм.

Этот метод определения потенциальной семенной продуктивности по плотности цветков удобен – достаточно один раз собрать соцветия в полевых условиях, посчитать на них число цветков в лабораторных условиях, а затем, в полевых условиях, считать только количество соцветий и измерять их длину, а потом по формуле рассчитывать число цветков.

Число цветков определяли и другим способом: по формуле считали число цветков на всех соцветиях, используя средние значения числа цветков на соцветиях разной длины:

$n_{цв} = a * x + b * y + c * z$, где
 a – число крупных соцветий на одном побеге,
 b – число средних соцветий на одном побеге,
 c – число мелких соцветий на одном побеге,
 x – среднее число цветков крупных соцветий (63, табл. 2),
 y – среднее число цветков средних соцветий (47, табл. 2),
 z – среднее число цветков мелких соцветий (21, табл. 2).

В отличие от первого второй метод, по длине соцветий, более удобен, т.к. нет необходимости измерять длину соцветий в полевых условиях.

Сводные результаты по потенциальной семенной продуктивности *Sanguisorba officinalis*, посчитанной двумя методами, приведены в таблице 3.

В среднем количество цветков у особей *Sanguisorba officinalis* в изученных популяциях составляет от 59 до 192 цветков, минимальное количество варьирует в пределах 21-63, максимальное – от 147 до 507. Оба метода показали сопоставимые результаты. Полученные данные позволяют сделать вывод, что репродукция особей *S. officinalis* в условиях травяных болотах Мурманской области достаточно высокая – растения хорошо размножаются генеративно.

Таблица 3

Потенциальная семенная продуктивность особей *Sanguisorba officinalis* в пяти популяциях на травяных болотах Мурманской области, посчитанная двумя методами

	Популяция №1		Популяция №2		Популяция №3		Популяция №4		Популяция №5	
	Метод №1	Метод №2	Метод №1	Метод №2	Метод №1	Метод №2	Метод №1	Метод №2	Метод №1	Метод №2
min	27	21	30	47	30	47	45	63	60	63
max	147	157	216	252	243	267	321	319	381	507
average	59	65	86	103	99	113	104	120	168	192
Σ	1764	1951	2568	3078	2979	3381	3123	3599	5052	5761
SD	30,4	34,8	51,6	59,8	54,6	57,2	68,4	74,1	96,6	109,4

Оба метода можно применять в исследованиях потенциальной

продуктивности многих других видов с подобным, головчатым, типом соцветия, с соцветиями разной длины и с многочисленными мелкими сидячими цветками, например, как у видов родов *Plantago*, *Polygonum*, *Triglochin* и др.

Список литературы:

1. Атлас лекарственных растений СССР. 1962. М., Медгиз.
2. Блинова И.В. 2012. О некоторых особенностях структуры популяций сосудистых растений в фитоценозах травяных болот Мурманской области // Биоразнообразии и культуроценозы в экстремальных условиях: Материалы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием. Апатиты: «К&М». С. 17-19.
3. Болотные экосистемы севера Европы: разнообразие, динамика, углеродный баланс, ресурсы и охрана. 2006. Материалы международного симпозиума. Петрозаводск: КрНЦ РАН, 396 с.
4. Боч М.С., Мазинг В.В. 1973. Список болот европейской части СССР, требующих охраны. Бот. журн., № 8. С. 1184-1196.
5. Боч М.С., Смагин В.А. 1987. Редкие ассоциации болот Северо-Запада Европейской части СССР. // Бюл. МОИП. Т. 92, Вып. 4. С. 104-110.
6. Вайнагий И.В. 1974. О методике изучения семенной продуктивности растений. Бот. журн. Т. 59. № 6. С. 826-881.
7. Злобин Ю.А. 1992. Популяция – единица реальной жизни растений. Природа. № 8. С. 47-59.
8. Злобин Ю.А. 1993. Механизмы, лежащие в основе динамики популяций растений. Журнал общей биологии. Т. 54. № 2. С. 210-222.
9. Злобин Ю.А. 2009. Популяционная биология растений. Сумы. – 263 [2] с.
10. Орлова Н.И. 1959. Семейство *Rosaceae* // Флора Мурманской области. М.-Л. Вып. 4. Т. 4. С. 111-112.
11. Раменская М.Л., Андреева В.Н. 1982. Определитель высших растений Мурманской области и Карелии. Л.: Наука. – 435 с.
12. Раменская М.Л. 1983. Анализ флоры Мурманской области и Карелии. Л.: Наука. – 216 с.
13. Davies C.E, Moss D., Hill M.O. 2004. Eunis Habitat classification revised. October.
14. Interpretation Manual of European Union Habitats. 2007. EUR 27. July. – 80 p.
15. EUNIS habitat classification, 2004.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКЦИЙ, ПРОИСХОДЯЩИХ НА ПОВЕРХНОСТИ
ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОГО АТОМИЗАТОРА, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS-FLUENT**

Николаев Виктор Григорьевич

*Кандидат физико-математических наук, доцент,
заведующий кафедрой физики, биологии и инженерных технологий
филиала Мурманского арктического государственного университета
в г. Апатиты*

E-mail: nikolaev@arcticsu.ru

Цикал Анита Александровна

*Магистр кафедры физики, биологии и инженерных технологий
филиала Мурманского арктического государственного университета
в г. Апатиты*

E-mail: 89533072508@mail.ru

**MODELING OF REACTIONS OCCURRING ON THE SURFACE OF AN
ELECTROTHERMIC ATOMICATOR, USING THE ANSYS-FLUENT
SOFTWARE COMPLEX**

Victor Nikolaev

*Candidate physical and mathematical of Science,
Head of Physics, Biology and Engineering Technologies department,
Apatity branch of MASU*

Anita Tsikal

*Master of Physics, Biology and Engineering Technologies department,
Apatity branch of MASU*

Аннотация: Цель данной работы является моделирование поверхностных реакций, происходящих в электротермическом атомизаторе. Метод получения результатов основывается на численном моделировании в программном обеспечении ANSYS-FLUENT. При моделировании получены данные по степени поверхностного отложения ga и sa на поверхности электротермического атомизатора и по распределению скоростей в нем. Наибольшая скорость по модулю соответствует скорости в отверстии.

Ключевые слова: поверхностные реакции; электротермический атомизатор; ANSYS-FLUENT.

Abstract: The purpose of this paper is to modeling surface reactions occurring in an electrothermal atomizer. The method of obtaining the results is based on numerical modeling in the ANSYS-FLUENT software. In the simulation, data were obtained on the degree of surface deposition ga and sa on the surface of the electrothermal atomizer and on the distribution of velocities in it. The highest

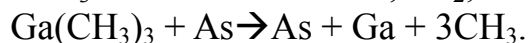
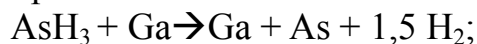
velocity corresponds to the velocity in the hole.

Keywords: surface reactions; electrothermal atomizer; ANSYS-FLUENT.

XXI век – век информационных технологий. Быстрое развитие вычислительной техники позволяет моделировать любые процессы, позволяя при этом снизить затраты, необходимые для исследований, выявить недостатки и преимущества того или иного оборудования. Целью данной работы является моделирование поверхностных реакций, происходящих в электротермическом атомизаторе.

Моделирование электротермического атомизатора в программном обеспечении ANSYS-FLUENT. Описание модели

Моделирование реакций включает в себя следующие физико-химические процессы: химические реакции, адсорбцию и десорбцию веществ. При моделировании использовались следующие химические реакции:



Начальная масса смеси 0,4 AsH₃, 0,15 Ga(CH₃)₃. Поверхности № 2, 3, 6, 10 нагреты до температуры 2986,15К. Граничным условиям соответствует выход по давлению (outlet) и вход по скорости (поверхность №1, нагретая до температуры 2986,15К). Обозначения поверхностей приведены на рисунке 1.

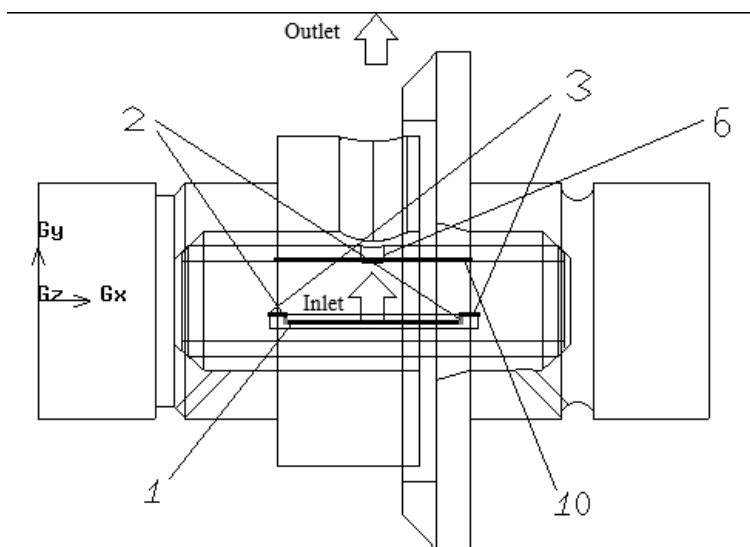


Рисунок 1. Обозначения поверхностей электротермического атомизатора

В таблице 1 приведены физические свойства материалов, используемых в процессе моделирования.

Физические свойства материалов

Название	AsH ₃	Ga (CH ₃) ₃	CH ₃	H ₂	Ga_s	As_s	Ga	As
Плотность, кг/м ³	закон идеального газа для смеси							
Теплоемкость, Дж/(кг*К)	Расчет по кинетической теории				520,64	520,64	1006,43	
Теплопроводность, Вт/(м*К)					0,016	0,016	Расчет по кинетической теории	
Вязкость, кг/(м*с)					2*10 ⁻⁵			
Молекулярный вес, кг/кмоль	78	114,83	15	2	69,72	74,92	69,72	74,92
Стандартная энтальпия состояния, Дж/кмоль	0	0	2*10 ⁷	0	-3120		0	
Стандартная энтропия состояния, Дж/(кмоль*К)	130600		257000	130600	154700		0	
Относительная температура, К	298,15							
L-J Характеристическая длина, А	4,2	5,7	3,8	2,8	-		0	
L-J Параметр энергии, К	260	400	147	60	-		0	
Степени свободы	0			5	-			

В ANSYS FLUEN плотность с использованием закона идеального газа для несжимаемого потока определяется по формуле

$$\rho = \frac{p_{op}}{R} \frac{1}{M_w T} \quad (1)$$

Где R – универсальная газовая постоянная, M_w – молекулярный вес, p_{op} – рабочее давление. В этом виде плотность зависит только от рабочего давления.

Рассчитывая плотность по закону идеального газа, можно определить теплопроводность, используя кинетическую теорию, как

$$k = \frac{15}{4} \frac{R}{M_w} \mu \left[\frac{4}{15} \frac{c_p M_w}{R} + \frac{1}{3} \right] \quad (2)$$

Определение вязкости с использованием кинетической теории возможно, используя закон идеального газа для плотности, по формуле

$$\mu = 2,67 * 10^{-6} \frac{\sqrt{M_w T}}{\sigma^2 \Omega_\mu} \quad (3)$$

где μ в единицах кг/(м*с), T – в кельвинах, σ – в Ангстремах.

Теоретические и пользовательские основы программного комплекса ANSYS FLUENT

Для модели приняты следующие граничные условия (рисунок 1): поверхности № 1, 2, 3, 6, 10 – граничное условие первого рода – постоянная температура 2986,15K, для остальных поверхностей модели – граничное условие второго рода – тепловой поток $q=0$.

Моделирование в программном комплексе ANSYS FLUENT начинается с создания сетки в программе GAMBIT. Создается 3-хмерная модель, на которую в дальнейшем наносится сетка. Наложение сетки необходимо для того, чтобы программа ANSYS рассчитывала в каждом узле сетки физические величины и производила сброс данных на компьютер. В данной модели границы имеют тип стенки, выход по давлению и вход по скорости. Дальнейшие действия производятся в ANSYS.

Чтобы активировать расчет теплопередачи, необходимо включить уравнение энергии:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \nabla(v(\rho E + p)) = \nabla \left(k_{eff} \nabla T - \sum_j h_j J_j + (\tau_{eff} * v) \right) + S_h \quad (5)$$

где k_{eff} – эффективная проводимость ($k+k_t$, где k_t – турбулентная теплопроводность, определяемая в соответствии с используемой моделью турбулентности); J_j – диффузионный поток.

Первые три члена в правой части уравнения представляют собой перенос энергии проводимостью, диффузией и вязкой диссипации. S_h включает в себя теплоту химической реакции или любые другие объемные источники тепла, которые можно определить.

Теплота химической реакции, S_h , определяется по формуле

$$S_{h,rxn} = - \sum_j \frac{h_j^0}{M_j} R_j \quad (6)$$

где h_j^0 – энтальпия образования j компонентов и R_j – объемная скорость создания компонентов.

Когда решается уравнение сохранения химических веществ, ANSYS Fluent предсказывает местную массовую долю каждого компонента, Y_i , через решение уравнения конвекции-диффузии для одного компонента. Это уравнение принимает следующий вид:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_i) + \nabla * (\rho v Y_i) = -\nabla J_i + R_i + S_i \quad (7)$$

где R_i – скорость i -того продукта i -того компонента химической реакции и S_i – скорость создания путем добавления любого пользовательского источника. Уравнение этой формы будет решено для компонентов N-1, где N – общее количество жидких фаз химических компонентов, присутствующих в системе. Поскольку массовая доля компонента должна суммироваться до единицы, то массовая доля N^{th} определяется как единица минус сумма N-1 решенных массовых фракций.

Для многих многокомпонентных перемешивающих потоков перенос энтальпии компонентами посредством диффузии

$$\mathbf{v} * \left(\sum_{i=1}^n h_i J_i \right) \quad (8)$$

может оказать значительное влияние на поле энтальпии, поэтому не следует пренебрегать этим. В частности, когда число Льюиса

$$Le_i = \frac{\kappa}{\rho c_p D_{i,m}} \quad (9)$$

для любого компонента далеко от единицы, пренебрежение этим термином может привести к значительным ошибкам.

Результаты численного моделирования физико-химических процессов, происходящих в электротермическом атомизаторе.

Некоторые результаты численного моделирования приведены на рисунках. При моделировании атомизатора получены данные по степени поверхностного отложения g_a и s_a на поверхности №6 и 10, которые приведены на рисунке 2 и 3. На рисунке 4 показано распределение скоростей в электротермическом атомизаторе. Наибольшая скорость по модулю соответствует скорости в отверстии.

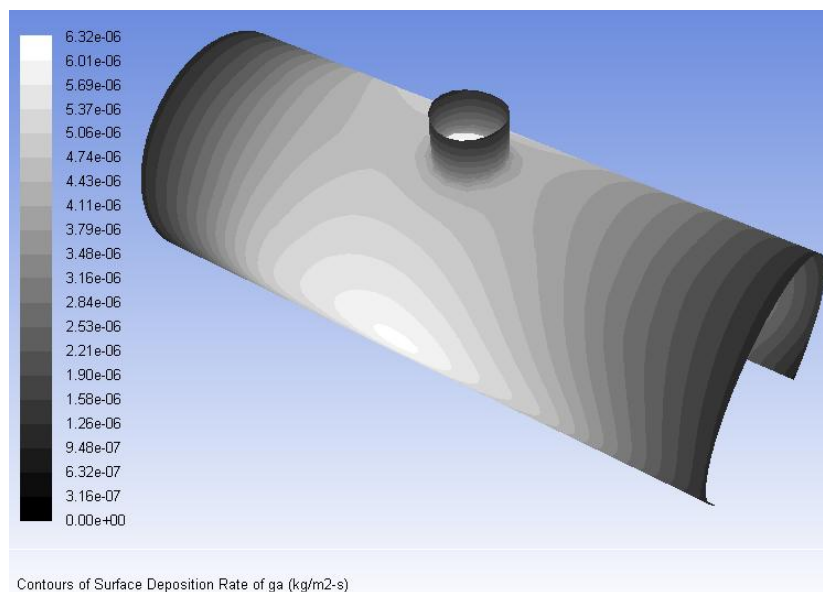


Рисунок 2. Степень поверхностного отложения g_a на поверхности №6, 10

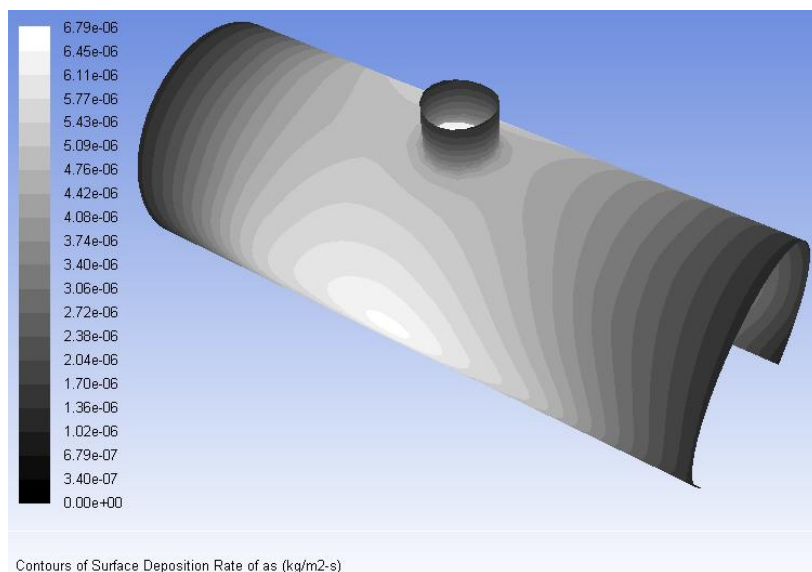


Рисунок 3. Степень поверхностного отложения са на поверхности №6, 10

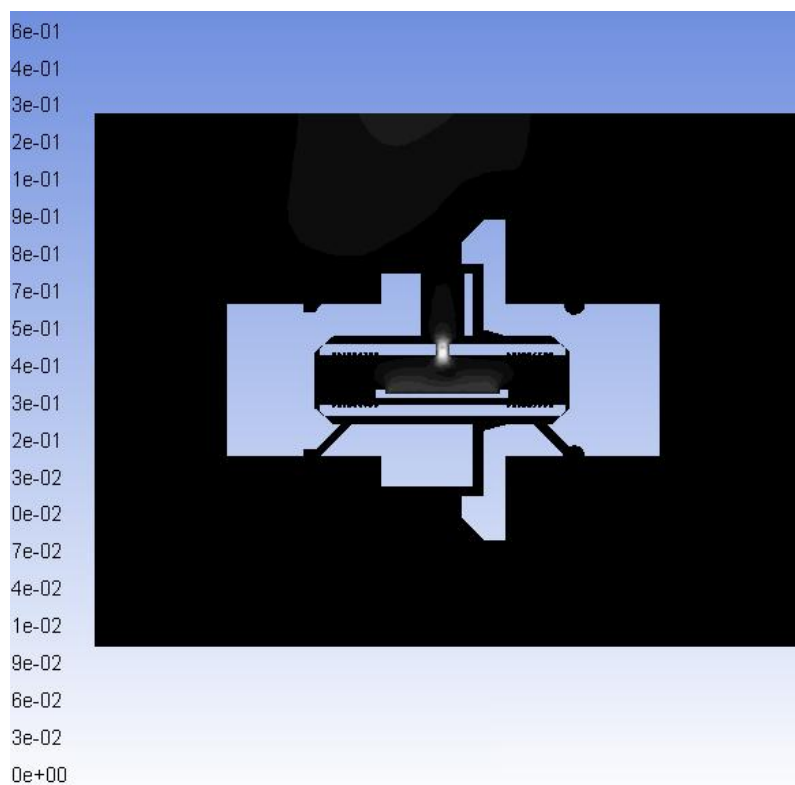


Рисунок 4. Распределение скоростей в электротермическом атомизаторе

Список литературы:

1. Львов Б.В., Атомно-абсорбционный спектральный анализ, М, 1966;
2. Николаев Г.И., Немец А.М., Атомно-абсорбционная спектроскопия в исследовании испарения металлов, М., 1982
3. James W. Robinson, Eileen Skelly Frame, George M. Frame II. Undergraduate Instrumental Analysis. – CRC Press, 2014. – С. 441-505. – 1264 с.

**СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА И КОМПЬЮТЕРНОЙ
МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ГАЗОВ В
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СТЕКЛОПАКЕТАХ**

Булатов Виктор Владимирович

*Магистр кафедры физики, биологии и инженерных технологий
филиала Мурманского арктического государственного университета
в г. Анатиты*

E-mail: podrivnik70@gmail.com

**CREATION OF LABORATORY STAND AND COMPUTER MODEL
FOR INVESTIGATION OF VARIOUS GASES IN ENERGY-SAVING GLASS
PACKAGES**

Viktor Bulatov

*Master of the Department of Physics, Biology and Engineering Technologies
Branch of the Murmansk Arctic State University in Apatity*

Аннотация: целью работы является исследование различных типов газов в меж камерном пространстве энергосберегающего стеклопакета, поиск наиболее оптимального газа для заполнения меж камерного пространства. Поставленная задача решается с помощью моделирования в среде COMSOL Multiphysics, а также при помощи, созданной для этой цели лабораторной установки. В данной работе представлены полученные результаты, а также описание лабораторной установки и компьютерной модели.

Ключевые слова: стеклопакет, энергосбережение, энергоэффективный, газ, компьютерная модель, лабораторный стенд, исследования.

Abstract: the aim of the work is to study various types of gases in the inter chamber space of an energy-saving glass unit, to find the most optimal gas for filling between chamber spaces. The task is solved using modeling in the COMSOL Multiphysics environment, as well as with the help of a laboratory installation created for this purpose. In this paper we present the results, as well as a description of the laboratory setup and the computer model.

Keywords: insulating glass, energy saving, energy efficient, gas, computer model, laboratory stand, research.

Стеклопакеты пришли к нам на замену обычных рамных окон. Современные окна отличаются повышенными характеристиками звукоизоляции, а также теплоизоляцией. Для повышения данных характеристик увеличивают число камер, а также заполняют некоторые из них инертным газом. На современном производстве для заполнения меж камерного пространства используют очень ограниченный ряд газов. Задача работы исследовать те типы газов, что уже используются, а также найти наиболее

энергоэффективный газ для заполнения межкамерного пространства. Для выполнения данной работы был создан лабораторный стенд, а также компьютерная модель. Лабораторный стенд имеет следующий вид (рисунок 1).

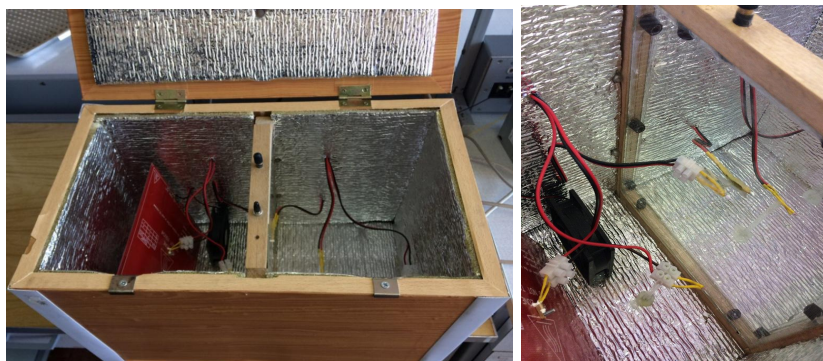


Рисунок 1. Внешний вид лабораторного стенда для исследования различных газов в энергосберегающих стеклопакетах

Стенд состоит из корпуса с отделкой внутри теплоизоляционным материалом, нагревательного элемента работающим от сети двенадцати вольт с системой регуляции температуры, кулера для циркуляции воздуха, системой стекло и термисторами для измерения температуры на нагревателе, стеклах и воздухе в разных частях стенда.

Для мониторинга температуры нагревательного элемента, стекла и воздуха был использован микроконтроллер на основе платы Arduino Mega 2560 (рисунок 2), который запрограммирован на снятие показаний с каждого элемента и поддержания постоянного значения температуры нагревательного элемента.

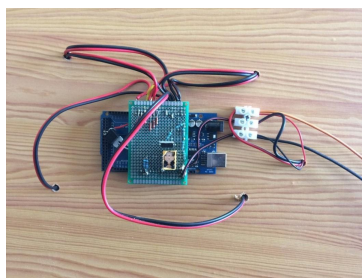


Рисунок 2. Микроконтроллер, подключенный к установке

Система управления

Так как термистор является переменным сопротивлением изменение сопротивления, которого зависит от температуры, а так как микроконтроллер не способен мерить сопротивления, для него было сделана электронная обвязка, которая превращает сопротивление в разницу напряжение. Обвязка представляет собой делитель напряжения, построенный на 2х сопротивлениях одном постоянным другом переменным. Помимо этого микроконтроллер управляет, работой нагревательного элемента. Так как сам микроконтроллер не

способен пропускать через себя большие токи, было реализовано управление через N канальный мофетт. Для микроконтроллера была написана специальная программа, которая превращала показатели разницы напряжения в температуру, а по данным температуры устанавливала режим работы нагревателя. Вся информация с микроконтроллера поступает на компьютер, где с ней уже производятся необходимые расчеты.

Исследование эффективности газов на лабораторном стенде

Первым исследуемым газом для изучения эффективности камеры стеклопакета был воздух, затем углекислый газ, аргон и последним был элегаз. За время эксперимента температура зоны с нагревателем изменяется в пределах с +20 С до +58°С. Стекло прогревается до +51°С. Основной величиной, на которую нужно обратить внимание – температура второго стекла, области без нагревателя. Именно по разности температур двух стекол мы можем понять, как быстро прогрелся газ в камере (рисунок 3).

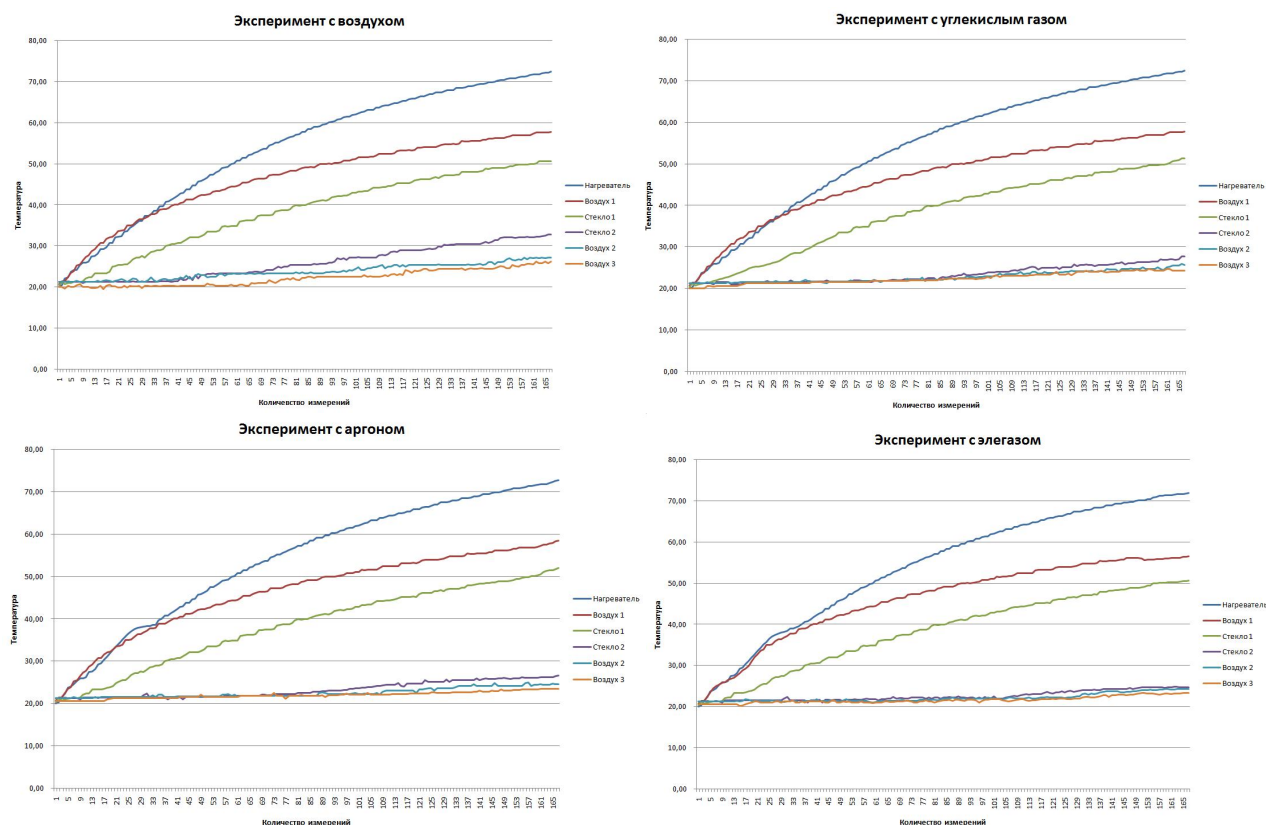


Рисунок 3. Данные по произведенным измерениям

На рисунке 3 видно, что меж стекольное пространство быстрее всего прогрелось с воздухом. Углекислый газ, аргон и элегаз показали себя приблизительно одинаково.

Наложим все результаты измерений температуры второго стекла на один график (рисунок 4) а также построим (таблицу 1) в которой будут указаны конечные результаты измерений температуры первого и второго стекла, а так же их разность. По этим данным наглядно сможем увидеть, какой из газов

пропустил меньше тепла через себя.

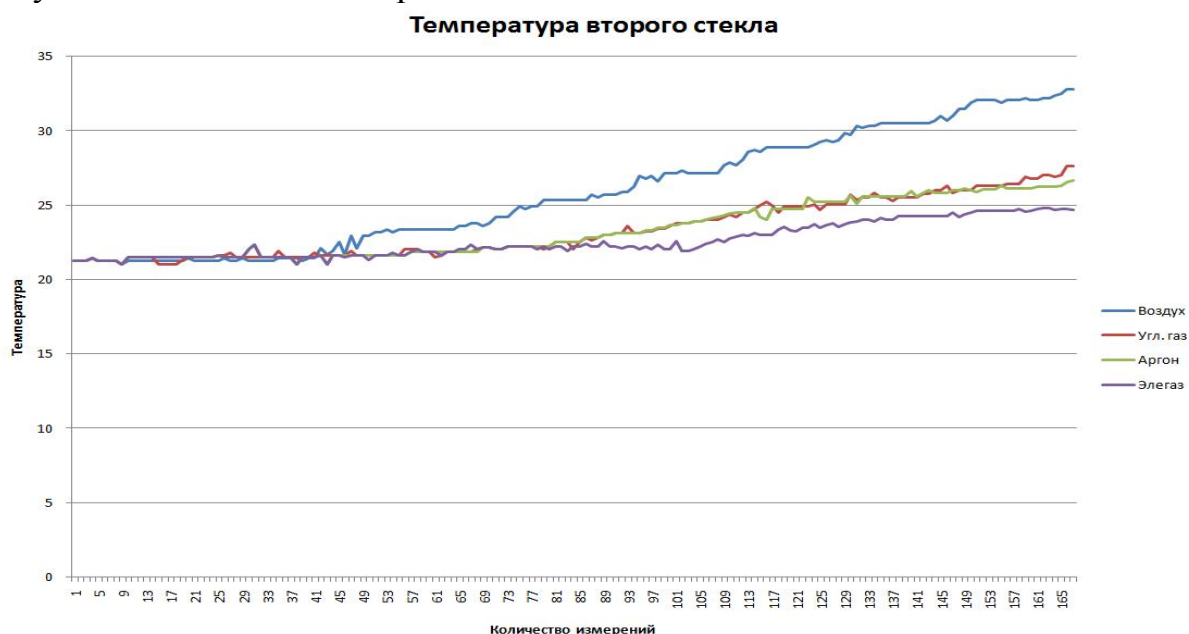


Рисунок 4. Температура второго стекла

Таблица 1

Соотношение исследуемых газов

Исследуемый материал	Температуры на первом стекле, °C	Температура на втором стекле, °C	Разница температур между первым и вторым стеклом, °C
Воздух	50.58	32.79	17.79
Углекислый газ	51.32	27.63	23.69
Аргон	51.98	26.65	25.33
Элегаз	50.68	51.67	26.01

Из таблицы 1 можно сделать вывод, что самым эффективным газом, в данном эксперименте, стал элигаз (гексафторид серы), самым неэффективным стал воздух.

Моделирование работы лабораторной установки

Для проверки результатов экспериментов с помощью программы для моделирования COMSOL Multiphysics 5.2. была создана компьютерная модель.

В процесс моделирование которой были включены следующие физически процессы: перенос тепла в твердой и газообразной среде, физика излучений, процессы теплопередачи, также были подгружены модели движения потоков воздуха. Также в модель были загружены данные по используемым материалам.

Этапы моделирования

Моделирования начинается с построения геометрии (рисунок 5).

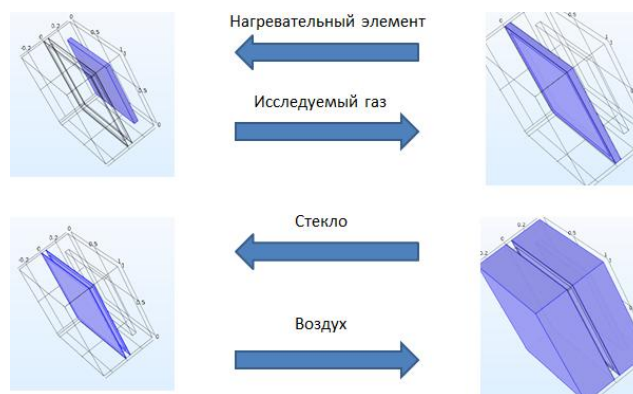


Рисунок 5. Компьютерная геометрия упрощенной лабораторной установки

Для расчетов также необходим, наложить расчетную сетку, относительно которой будет провалиться расчет, чем меньше сетка (рисунок 6) тем больше она будет содержать элементов тем точнее модель будет. Построенная модель имеет сетку состоящую из 777424 элементов, что является очень хорошей сеткой.

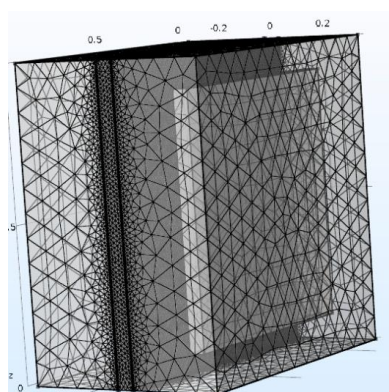


Рисунок 6. Построенная сетка компьютерной модели

Дальше задается материалы, из которых сделана данная модель. Она состоит из воздух, в меж камерном пространстве, а также стекла и прослойка между ними, в которую задаются свойства исследуемого газа. Также тут установлен нагревательный элемент, который сделан из железа. Выбор материала нагревателя не критичен, так как его функция заключается в создании разницы температуры. Следующем этапе задается физика и граничные условия. Для модели устанавливаются граничные условия по температуре для нагревателя, 70°C для всей остальной модели, 20°C . Последним этапом перед запуском расчета выставляется время работы модели, которое составляет 30 минут.

Результаты работы компьютерной модели лабораторной установки

Так как модель имеет очень маленькую сетку, а также в нее заложено большое количество физических моделей, расчет занимает продолжительное время. После математического расчет производится обработка результатов для тех задач, которые вам необходимы. Я вывел графически результат

распределения температуры (рисунок 7) в котором горячим областям имеют более светлые тона, а холодным более темные.

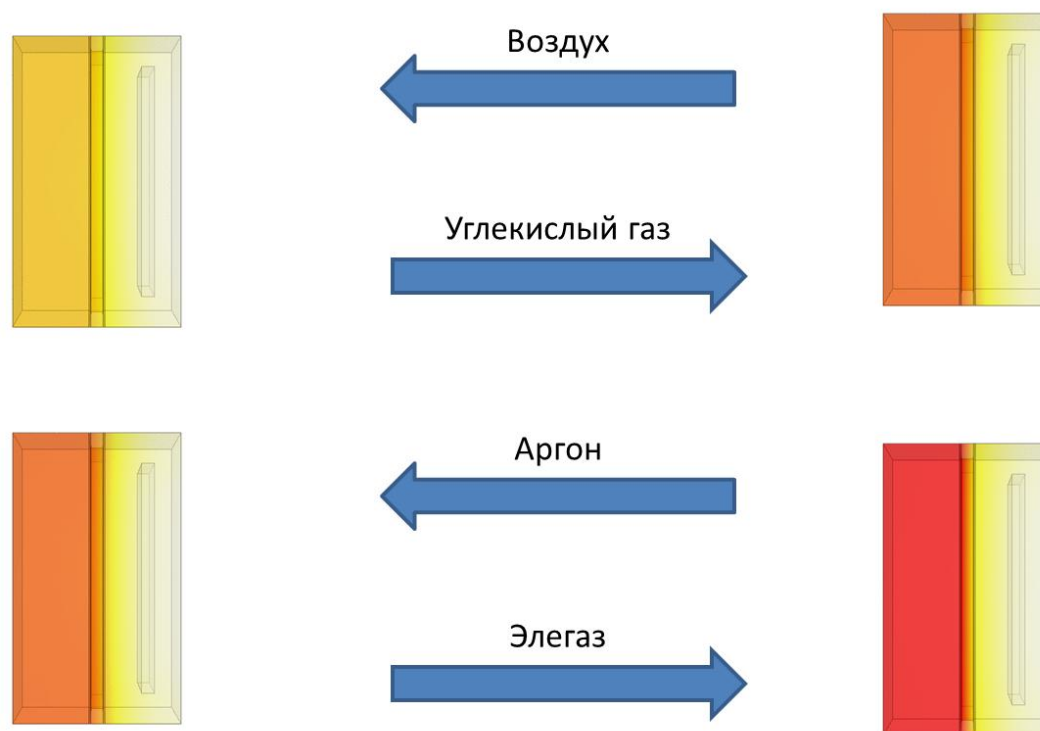


Рисунок 7. Графическое отображение результатов математического расчета.

Из графического результата наглядно видно как распределяется температура в зависимости от используемого газа в меж камерном пространстве.

Результаты исследований

Сравнивая результаты работы компьютерной модели, а также лабораторной блока можно увидеть небольшие различия в первую очередь это связано с тем, что условия работы лабораторного стенда напрямую зависят от внешних факторов, а компьютерная модель не подвержена воздействию внешних факторов. А в остальное компьютерная модель подтвердила работу лабораторной установки. Отсюда сделаем вывод что на компьютерной модели можно моделировать любые газы в том числе и смеси газов находить наиболее оптимальный и проводить окончательное исследование уже на лабораторной установке. Однако на данном этапе наиболее эффективным из исследуемых мною газов стал фторид серы или элегаз об этом свидетельствуют лабораторные исследования, а также компьютерные расчеты.

Список литературы:

1. «Технология стекла». Под общей редакцией И.И. Китайгородского. Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, Москва, 1961.
2. Клиндт Л., Клейн В. «Стекло в строительстве», М., СИ, 1981

3. И.В. Борискина, А.Н. Щуров, А.А. Плотников. Окна для индивидуального строительства. Техническое руководство по проектированию современных окон из ПВХ для объектов катеджного строительства и зданий малоэтажной застройки // Москва, 2010. – 320с.

4. И.В. Борискина, Н.В. Шведов, А.А. Плотников. Современные светопрозрачные конструкции гражданских зданий. Справочник проектировщика. Том II Оконные конструкции из ПВХ // Санкт-Петербург: НИУПЦ «Межрегиональный институт окна», 2005. – 320с.

5. И.В. Борискина, А.А. Плотников, А.В. Захаров. Проектирование современных оконных систем гражданских зданий: Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2003 г., – 320с.

6. Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков, В.Ю. Балдин. Д 18 Энергосбережение в жилищно-коммунальном комплексе / Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков, В.Ю. Балдин; под ред. Н.И. Данилова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, – 2006. – 102 с.

7. Малявина Е.Г. Теплотери здания: справочное пособие / Е.Г. Малявина. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. – 144 с.

8. ГОСТ 111-2001. Стекло листовое. Технические условия

9. ГОСТ 30733-2000 Стекло с низкоэмиссионным твердым покрытием. Технические условия

10. ГОСТ 26602-85 Окна. Метод определения сопротивления теплопередаче

11. ГОСТ 11214-86. Окна и балконные двери деревянные с двойным остеклением для жилых и общественных зданий

12. ГОСТ 23166-99 Блоки оконные. Общие технические условия

13. ГОСТ 24866-99 Стеклопакеты клееные строительного назначения. Технические условия

14. СН 481-75 «Инструкция по проектированию, монтажу и эксплуатации стеклопакетов»

15. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий»

16. СНИП II-3-79* «Строительная теплотехника»

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ВОЗДУХА НА
РЕЗУЛЬТАТЫ РЕНТГЕНОЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ**

Власов Борис Андреевич

*студент V курса по специальности Горное дело
филиала Мурманского арктического государственного университета
в г. Апатиты*

E-mail: edjkromnic@mail.ru

Павлишина Дарья Николаевна

*Кандидат технических наук, научный сотрудник
Горного института Кольского научного центра РАН, г. Апатиты*

E-mail: shibaeva_goi@mail.ru

**EVALUATION OF AIR-LUMINESCENCE INFLUENCE ON X-RAY-
LUMINESCENCE SEPARATION RESULTS**

Boris Vlasov

*5th year student specializing in «Mineral processing», Apatity branch of
Murmansk Arctic State University, Russia, Apatity*

Darya Pavlishina

*PhD in Engineering, researcher, Mining Institute
of the Kola Science Centre RAS, Russia, Apatity,*

Аннотация: Эффективность рентгенолюминесцентного разделения апатитсодержащих руд определяется стабильностью работы основных узлов сепаратора, минимизацией влияния дестабилизирующих факторов. Регистрируемая наравне со свечением минералов люминесценция воздуха рассматривается как один из них. Результаты оценки показали, что колебания величины люминесценции воздуха при наличии образца в зоне облучения и регистрации, и при его отсутствии, не оказывают значительного влияния на технологические показатели разделения, обеспечивая возможность получения качественного кускового концентрата.

Ключевые слова: рентгенолюминесцентная сепарация, люминесценция воздуха, технологические показатели разделения.

Abstract: The efficiency of the X-ray luminescent separation of apatite ores is determined by the working stability of the main separator sites and minimization of the influence of destabilizing factors. The air-luminescence recorded on a par with the emission of minerals is regarded as one of them. The evaluation results have showed that both in the presence of a sample in the irradiation zone and its registration, and as well as in its absence, fluctuations in the amount of air-luminescence do not significantly affect the technological separation results, making it possible to obtain a quality lump concentrate.

Key words: X-ray-luminescence separation, air-luminescence, technological separation results.

В развитии минерально-сырьевого комплекса определились негативные тенденции, которые очевидны уже не только специалистам, но и признаны на уровне государственного управления и стратегического планирования. Количество основного полезного компонента в добываемых рудах неуклонно снижается, что обусловлено истощением запасов богатых руд и легкодоступных руд, усложнением горно-геологических условий отработки залежей, применением высокопроизводительного добычного оборудования. Кроме того на сегодняшний день накоплены значительные объемы техногенных месторождений, сформированных породами с содержанием полезных компонентов ниже бортового. Принимая во внимание тот факт, что технологические параметры разработки залежей месторождения на различных временных отрезках изменялись, то содержание полезного компонента в отвалах может быть соизмеримо с качеством бедных руд. Экологическая составляющая работы минерально-сырьевого комплекса на сегодняшний день приобретает не меньшее значение – снижение качества перерабатываемых руд приводит к увеличению отходов горного предприятия. В связи с чем задача «привлечения внимания общества к вопросам экологического развития Российской Федерации сохранения биологического разнообразия и обеспечения экологической безопасности» отмечена как приоритетная на государственном уровне – и в рамках стратегии развития государства 2017 год объявлен годом экологии.

Существующая регрессивная тенденция характерна и для Хибинских апатит-нефелиновых месторождений. На рисунке 1 представлен пример изменения уровня содержаний P_2O_5 в добываемых рудах АО «Апатит» в до- и после военные годы содержание P_2O_5 превышало 20 %, сегодня оно колеблется на уровне 12-13 % (рис. 1). Принимая во внимание тот факт, что технологические параметры разработки залежей месторождений на различных временных отрезках изменялись – уровень бортового содержания снизился с 12 до 2-4 % P_2O_5 , то содержание ПК в породных отвалах может быть соизмеримо с качеством бедных руд.

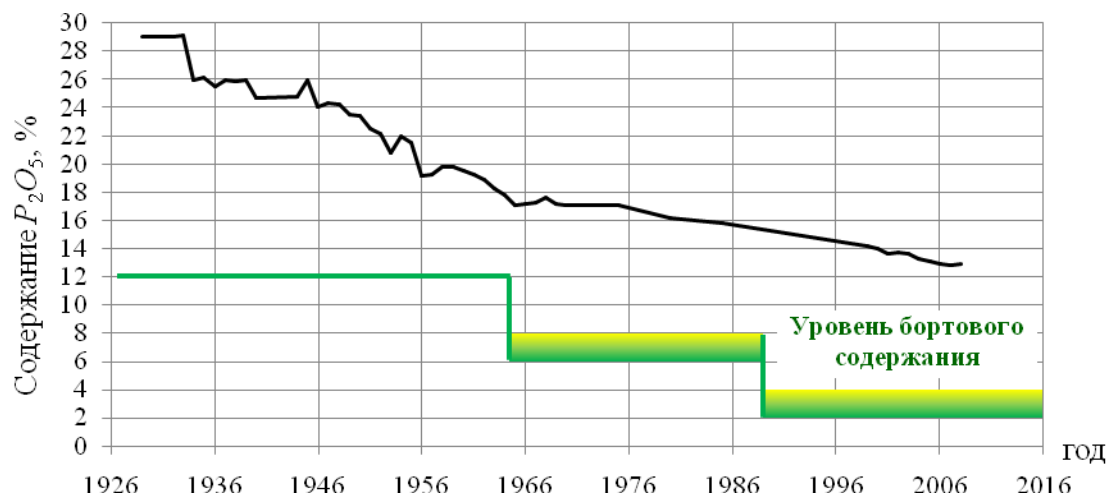


Рисунок 1. Изменение уровня содержаний P_2O_5 в добываемых рудах Хибинского массива АО «Апатит»

Все эти факторы определяют необходимость совершенствования техники и технологий переработки рудной массы – поиска путей, обеспечивающих экономически эффективную, экологически сбалансированную технологию переработки бедных руд. Одним из перспективных направлений, обеспечивающих решение данной задачи для апатитовых месторождений Хибинского массива, является включение в технологию добычи и переработки процесса предконцентрации посредством покусковой рентгенолюминесцентной (РЛ) сепарации.

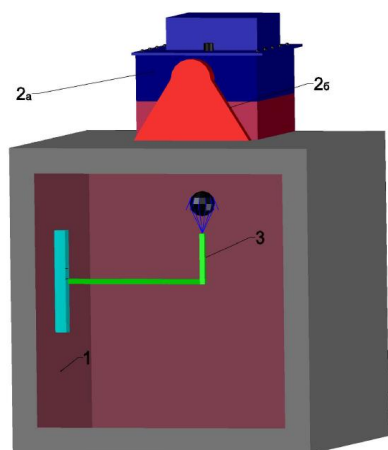
Рентгенолюминесцентное разделение реализуется с помощью специальных устройств, называемых сепараторами (рис. 2). Работа сепараторов включает определенную последовательность операций, необходимых для разделения подвергаемой переработке рудной массы на продукты, отличающиеся по содержанию [1]. Этими операциями являются: транспортирование рудной массы в зону измерения, где происходит их облучение первичным излучением; регистрация вторичного излучения, возникающего при взаимодействии первичного излучения с веществом сепарируемого материала; обработка сигналов вторичного излучения по определенному алгоритму; разделение исходного материала в зависимости от технологической задачи на продукты – концентрат и хвосты, концентрат, промпродукт и хвосты, а также различные технологические сорта.



Рисунок 2. Схема рентгенолюминесцентного сепаратора ООО «ЭГОНТ» [3]

В работах [1-2] установлено свечение апатита при его облучении рентгеновским излучением. Однако, при разделении кусков рудной массы,двигающихся через зону регистрации светового потока люминесценции от них, на результат регистрации может повлиять люминесцирующий объем воздуха, который светится в зоне регистрации без присутствия в ней разделяемых кусков. Поскольку, крупность кусков изменяется в широких пределах от 20 до 50 мм, то при их прохождении через зону регистрации величина сигналов люминесценции воздуха будет не прогнозируемо изменяться, поэтому принять сигнал люминесценции воздуха за некую постоянную величину было бы не корректно. В связи с чем, цель исследований заключается в оценке влияния люминесценции воздуха при фиксированном положении образца относительно источника излучения на результаты рентгенолюминесцентного разделения, а также необходимости коллимирования области рентгеновского излучения.

Исследования проводились на рентгенолюминесцентном динамическом стенде ООО «ЭГОНТ» (рис. 3), комплектация которого аналогична составляющим сепаратора (рис. 2).



- 1 – светоизолирующая камера
- 2а – рентгеновский моноблок
- 2б – коллиматор
- 3 – устройство, обеспечивающее фиксацию и перемещение куска по заданной траектории

Рисунок 3. Динамический стенд ООО «ЭГОНТ»

Область распространения излучения, генерируемого рентгеновским моноблоком 2а, оснащенным коллиматором 2б, показана на рисунке 4.

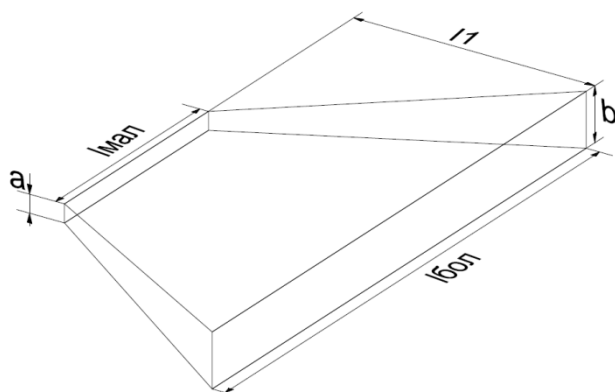


Рисунок 4. Область распространение рентгеновского излучения

Объем призмы, соответствующий области распространения рентгеновского излучения, рассчитывается по формуле

$$V = \frac{1}{3} l_1 (al_{\text{мал}} + \sqrt{abl_{\text{мал}}l_{\text{бол}}} + bl_{\text{мал}}) \quad (1),$$

где a – высота щели коллиматора рентгеновского блока, b – высота полосы рентгеновского излучения на расстоянии l_1 от коллиматора рентгеновского блока левое и правое основания трапеции, l_1 – длина области распространения рентгеновского излучения, $l_{\text{мал}}$ – ширина щели коллиматора рентгеновского блока, $l_{\text{бол}}$ – ширина полосы рентгеновского излучения на расстоянии l_1 от коллиматора рентгеновского блока. Рассматриваемый случай предполагает совпадение зон облучения и регистрации.

Прохождение образца через область распространения рентгеновского излучения вызывает изменение геометрических характеристик области пространства, где регистрируется люминесценция воздуха (рис. 4). В качестве исследуемого образца примем сплошной не люминесцирующий кусок кубической формы, скорость движения которого составляет 1 мм в момент времени t_k .

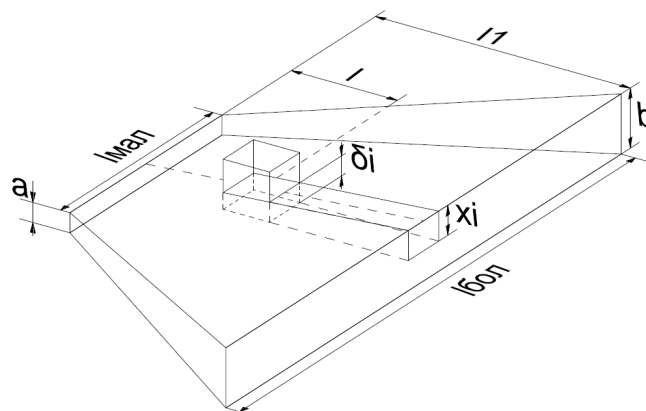


Рисунок 4. Область распространение рентгеновского излучения с образцом

Предполагаем, что плоскость, проходящая через центральную ось образца, совпадает с центральной плоскостью призмы, образованной областью распространения рентгеновского излучения. Объем призмы, образованной за счет перекрытия образцом со стороной c области распространения рентгеновского излучения в момент времени t_k на расстоянии l от источника рентгеновского излучения призмы определяется по формуле

$$V_{\text{приз}} = \frac{1}{3}(l_1 - l) \cdot c \cdot (\delta_i + \sqrt{\delta_i \cdot x_i} + x_i) \quad (2),$$

где δ_i – высота призмы перекрытия на расстоянии l от источника рентгеновского излучения в момент времени t_k , x_i – высота призмы перекрытия на расстоянии l_1 от источника рентгеновского излучения в момент времени t_k

$$x_i = \delta_i + \frac{b-a}{2l_1}(l_1 - l) \quad (3).$$

Образец, не обладающий свойством люминесценции, при прохождении через зону облучения вызывает изменение регистрируемой величины сигнала люминесценции воздуха (рис. 5). Графики построены для образцов с размерами сторон куба 20 мм, 30 мм, 40 мм и 50 мм на расстоянии от источника рентгеновского излучения равном 100 мм (l).

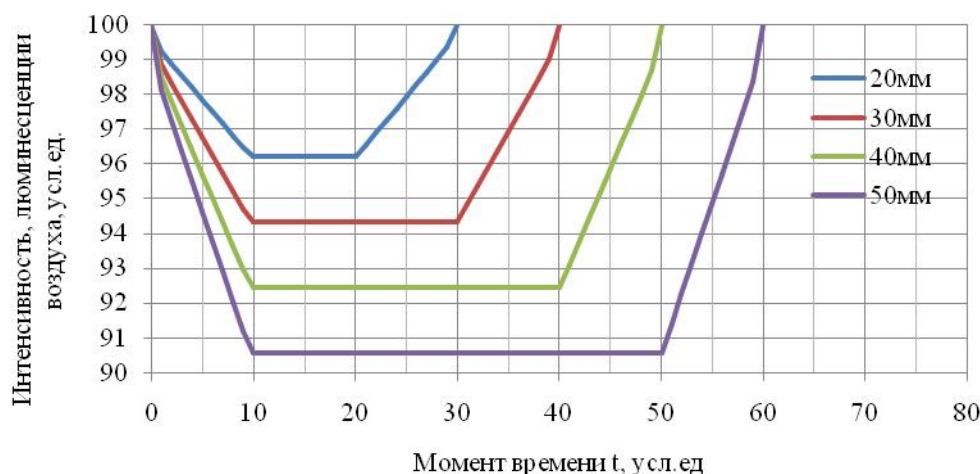


Рисунок 5. Изменение величины люминесценция воздуха при прохождении образцов различных размеров через зону облучения и регистрации

Представленные результаты (рис. 5) свидетельствуют о том, что при фиксированном расстоянии образца от источника рентгеновского излучения на изменение величины фонового сигнала оказывает влияние только его размер – наблюдается снижение регистрируемого сигнала при увеличении крупности анализируемых образцов. Минимальное значение люминесценции воздуха, регистрируемое в случае максимального перекрытия области распространения рентгеновского излучения для кусков различной крупности отличается от фонового на 3,78 % (крупность куска 20 мм); на 5,76 % (крупность куска 30 мм); на 7,56 % (крупность куска 40 мм) и на 9,45 % (крупность куска 50 мм).

Фоновое значение люминесценции воздуха, регистрируемое на динамическом стенде ООО «ЭГОНТ» (г. Санкт-Петербург) с использованием желтого фильтра, составляет 0,4 В. На рисунке 6 представлены примеры зарегистрированных на стенде сигналов от апатитсодержащих кусков, крупностью -50+20мм, а также расчетные величины сигналов, учитывающие фоновое значение.

Реализация процесса разделения при пороге 0,8 В, обеспечивающем выделение в хвостовой продукт образцов, содержание полезного в которых не превышает 1,5 % P_2O_5 , позволяет получить кусковой концентрат в количестве 58,91 % с содержанием 4,52 % P_2O_5 и хвосты, содержащие 0,8 % P_2O_5 . Коэффициент предконцентрации (степень увеличения содержания полезного компонента в концентрате рентгенолюминесцентного разделения по отношению к его содержанию в исходном продукте) в этом случае составляет 1,5. Проведение разделения по РЛ сигналу, учитывающему величину сигнала люминесценции воздуха при ее постоянном значении, а также при его изменяющемся значении (за счет колебаний размеров кусков) обеспечивает те же технологические показатели.

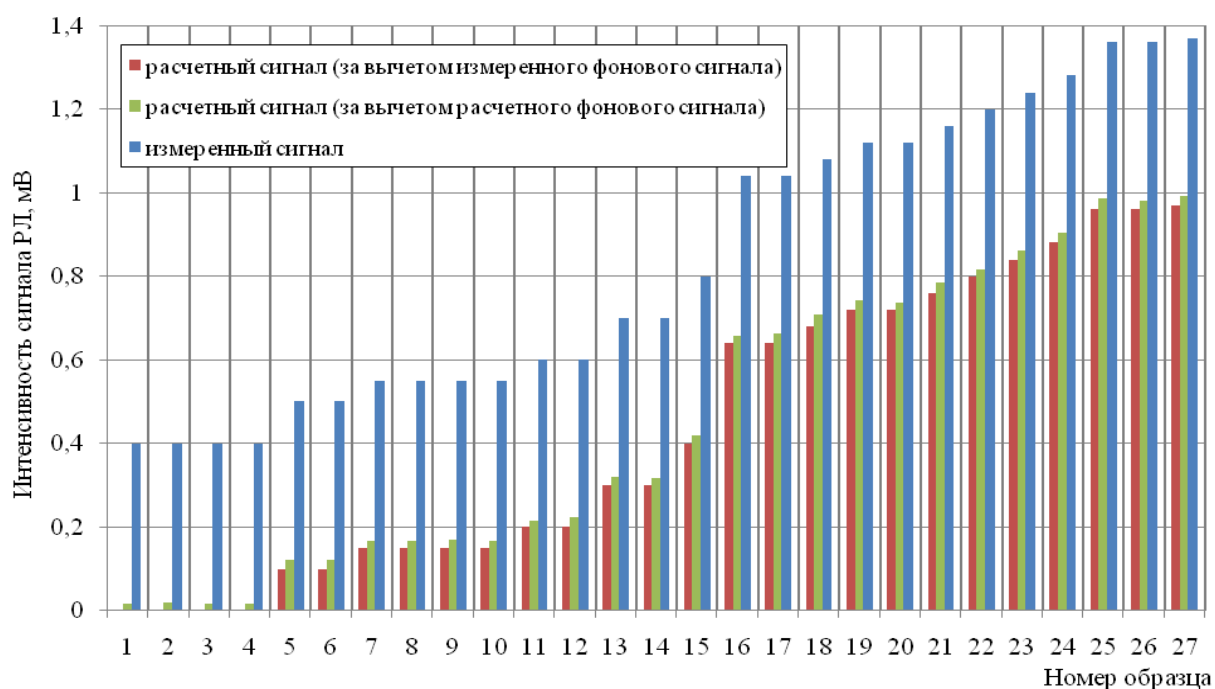


Рисунок 6. Результаты измерения интенсивности РЛ кусков апатитсодержащей руды различного содержания

Таким образом, установлено, что при регистрации люминесценции сигналов апатитсодержащих руд в лабораторных условиях (на динамическом стенде ООО «ЭГОНТ») изменение величины фонового сигнала при прохождении образца через зону облучения и регистрации не оказывает значительного влияния на технологические показатели разделения. Следовательно, можно с уверенностью констатировать – изменение величины люминесценции воздуха не оказывает влияние на результаты разделения, что предполагает не проводить коллимацию.

Список литературы:

1. Терещенко С.В., Денисов Г.А., Марчевская В.В. Радиометрические методы опробования и сепарации минерального сырья. - СПб: Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ), 2005
2. Терещенко С.В. Основные положения люминесцентной сепарации минерального сырья. – Апатиты: КФ ПетрГУ, 2002
3. [ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫЕ НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ \[Офиц. сайт\].URL: http://www.egont.ru](http://www.egont.ru)

**ВЫБОР ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ДЛЯ
СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ
«ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»**

Назарчук Олег Васильевич

*Магистр кафедры физики, биологии и инженерных технологий
филиала Мурманского арктического государственного университета
в г. Апатиты*

E-mail: oleg.nazar4uk@yandex.ru

**SELECTION OF THE PROGRAM OF THE DISSOLUTION OF PHYSICAL
PHENOMENA FOR STUDENTS TRAINING ON THE DIRECTION
«TECHNICAL PHYSICS»**

Oleg Nazarchuk

*Master of the Department of Physics, Biology and Engineering Technologies
Branch of the Murmansk Arctic State University in Apatity*

Аннотация: Целью данной работы было сформулировать условие физической задачи, выполнить расчеты с помощью указанных программ и проанализировать полученные результаты. Выбор был сделан в пользу известной физической задачи «Движение жидкости за уступом». В результате моделирования были получены данные о пространственном распределении аэродинамических параметров течения жидкости. Результаты, полученные в программных комплексах, имели некоторые различия, что свидетельствует об использовании разных алгоритмов при расчете.

Ключевые слова: Программный комплекс, численное моделирование, число Рейнольдса, начальные условия, граничные условия, зона отрыва течения, профиль скорости.

Abstract: The aim of this work was to formulate the condition of physical tasks to perform calculations using these programs and analyze the results. The choice was made in favor of well-known physical problem "the movement of the liquid over the ledge". The simulation data were obtained on the spatial distribution of the aerodynamic parameters of the fluid flow. The results obtained in other software systems had some differences, indicating the use of different algorithms in the calculation.

Keywords: Software system, numerical simulation, Reynolds number, initial conditions, boundary conditions, separation zone, velocity profile.

В связи с бурным развитием и распространением программных комплексов для решения физических задач все больше предприятий стремятся к наиболее современным методам расчета с помощью специальных программ. Для этой цели необходимо обучать студентов использовать специфические

программные комплексы, которые выполняют сложные вычисления физических процессов. Наиболее распространенными программами для моделирования и решения физических задач являются Comsol Multiphysics и ANSYS Fluent. У каждой из них есть свои плюсы и минусы, что дает некоторые расхождения в результатах моделирования, связано это с алгоритмами, которые используют данные программы. По результатам расчетов было определено, что Comsol Multiphysics более прост и понятен в использовании, однако возможности моделирования физических задач весьма ограничены, например многофазные задачи, в то время как ANSYS Fluent имеет обширный набор модулей, которые позволяют произвести вычисления практически любого физического явления с достаточно точными результатами моделирования. Основным недостатком ANSYS Fluent является достаточно долгое, по сравнению с Comsol Multiphysics, обучение основам моделирования.

В работе представлены результаты численного моделирования отрывных течений за обратным уступом (рисунке 1-2). Процесс установления течения представляет собой зарождение и последующий рост одного вихревого образования за уступом, который хорошо видно на рисунке 2.

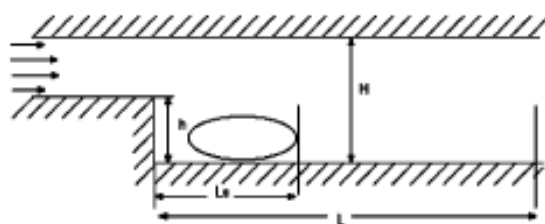


Рисунок 1. Схема расчетной области [1]

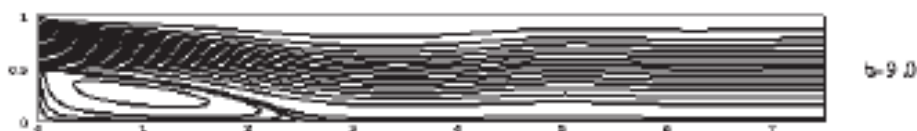


Рисунок 2. Изолинии функции тока при $Re=100$ [1]

Авторами предпринята попытка сравнительного анализа результатов расчетов аналогичной задачи с использованием компьютерных моделей, созданных в программах ANSYS и Comsol.

Геометрия модели

Длина $W = 450 м$.

Общая высота $H = 150 м$

Высота уступа и ширина уступа $h = w = 50 м$

Исходные физические параметры (НУ, ГУ, управляющие уравнения)

На рассмотрение была поставлена задача «Течение газа через уступ при $Re=277$ ». Для решения были построены две модели в программных комплексах

ANSYSи Comsol, скорость потока вычислялась по формуле $Re = \frac{ub}{\mu}$ и составила $u = 0.00005 м/с$, профиль скорости заданный на границе входа имеет параболический вид.

Ниже представлены результаты вычислений в программах рисунках 3 и 4.

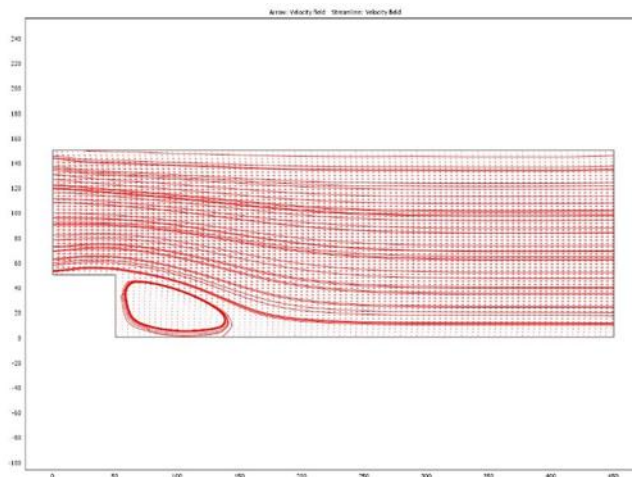


Рисунок 3. Comsol линии тока

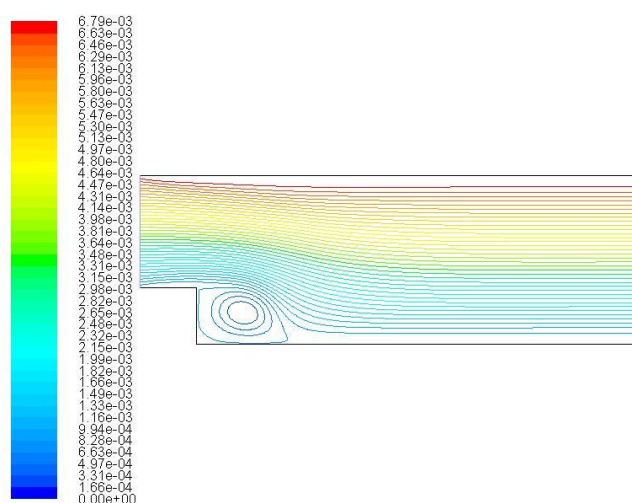


Рисунок 4. ANSYSлинии тока

Как видно из изображений, модели движения газа имеют схожую структуру, но отличаются структурой в области образования вихря.

Для изучения этого расхождения были построены срезы скоростей в сечениях $X=50$ (рисунок 5 а и б), 100 (рисунок 6 а и б) и 150 м (рисунок 7 а и б).

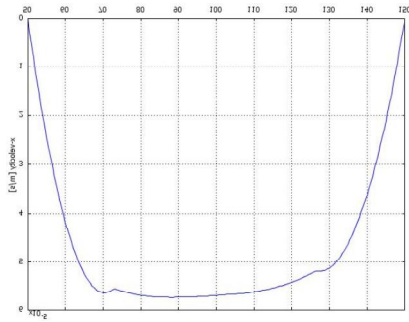


Рисунок 5а. Comsol X=50м

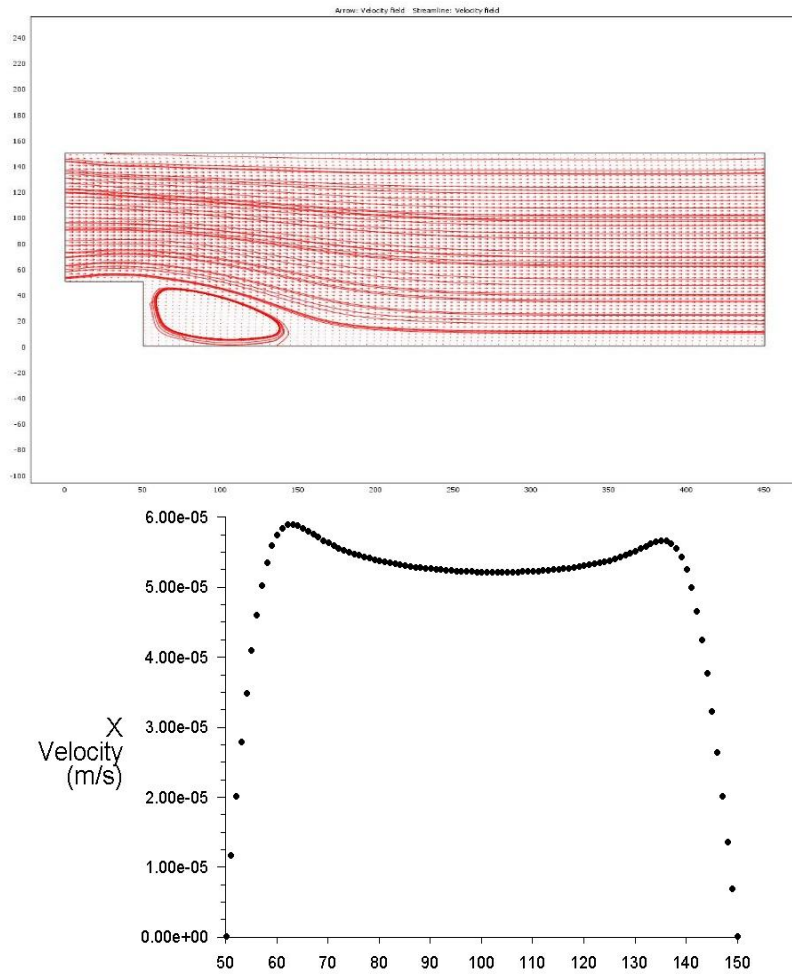


Рисунок 5б. ANSYSX=50м

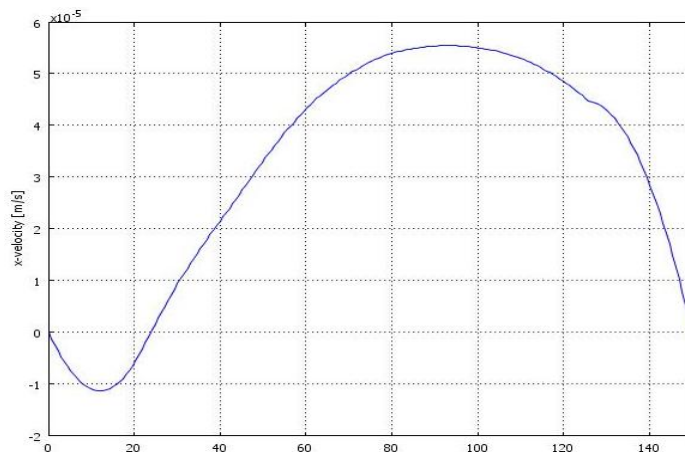


Рисунок 6а. Comsol X =100м

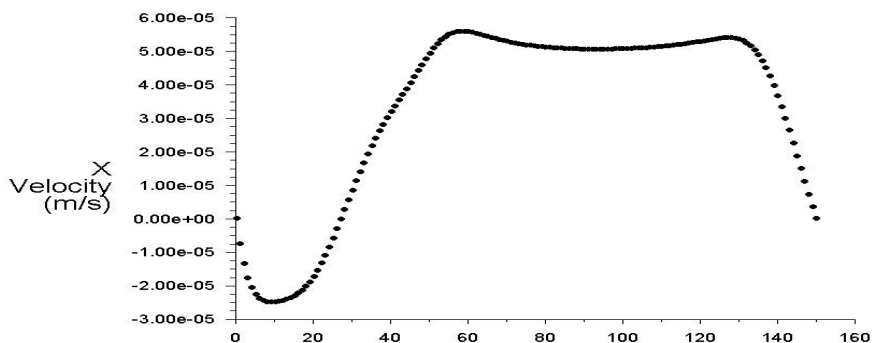


Рисунок 6б. ANSYS X=100м

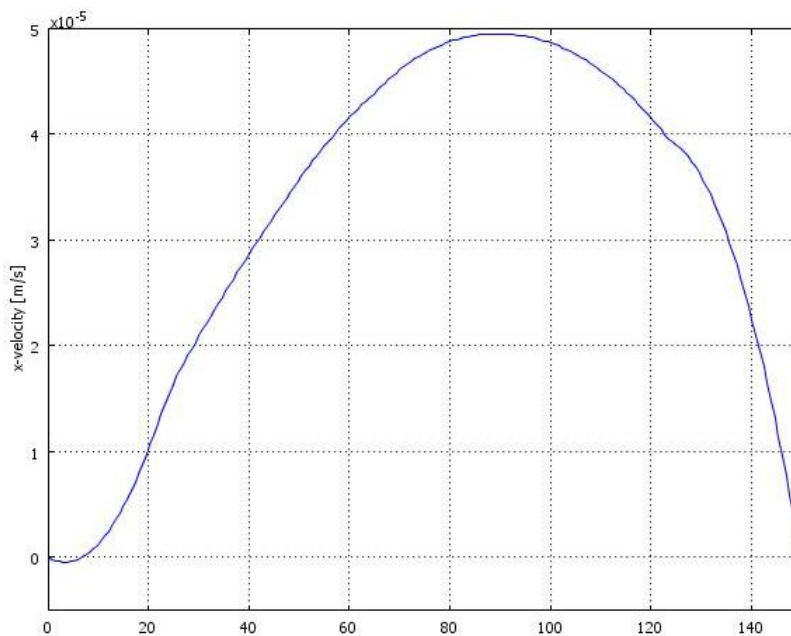


Рисунок 7а. Comsol X=150м

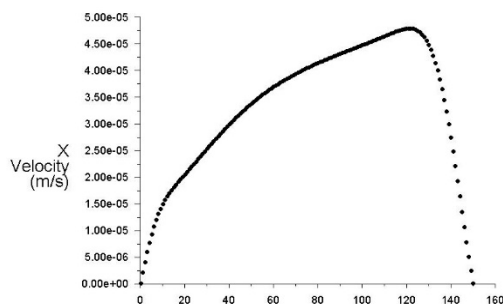


Рисунок 7 б. ANSYSX=150м

Как видно из среза скоростей, имеются различия значений в сечениях $X=50$, 100 и 150 м.

Для более детального сравнения необходимо вывести данные в цифровом виде (в приложение) и на основании полученных значений вычислить погрешность по формуле:

$$\Delta = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

При вычисление получили значение равное $\Delta_1 = 2.03 \cdot 10^{-7}$ для первого среза, $\Delta_2 = 1.53 \cdot 10^{-7}$ для $X=100$ и $\Delta_3 = 1.12 \cdot 10^{-7}$ $X=150$ м.

Так же для сравнения был выбран параметр, который характеризует отношение высоты уступа к длине зоны отрыва течения $\frac{h}{d}$.

Для модели подготовленной в Comsol значение данного параметра при длине зоны турбулентности $d = 200$, это отношение принимает равное 4.

В модели подготовленной в ANSYS дина зоны турбулентности $d = 112$, то есть отношение равно 2.24.

Для определения более точной модели построения необходимо обратиться к сборнику трудов М. Ван-Дайк Альбом течения жидкости и газа.

На странице 41 представлены результаты опыта, трассирующие частицы представляют собой мелкие магниевые опилки (рисунок 8).

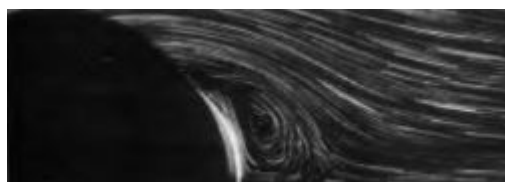


Рисунок 8. Re=500

Справедливо будет предположить, что при малых значениях Рейнольдса, величина зоны завихрения линейно зависит от скорости.

Составив соотношение длины зоны завихрения, к высоте уступа, в данном случае к радиусу, получаем величину равную 2.3, соответственно для

меньшего значения числа Рейнольдса, отношение длины зоны завихрения будет меньше чем 2.3, то есть, для уступа длина области завихрения, с характерным размером уступа 50м. будет менее чем 125 метров.

Было проведено моделирование задачи «Течение за обратным уступом» в программах Comsol и ANSYS, были получены следующие данные:

- линии тока;
- график распределения скоростей при заданном профиле скоростей на входной границе.

Для анализа полученных данных, были использованы данные полученные экспериментальным путем.

При сравнении формы завихрения в зоне отрыва можно увидеть, что модель, полученная в программном комплексе ANSYS более точно описывает зону отрыва пограничного слоя.

Так же для сравнения были рассмотрены длины зон отрыва, из полученных данных выходит, что длина зоны отрыва течения построений в Comsol на много больше чем в ANSYS более чем в полтора раза.

При принятии решения необходимо сравнить результаты программирования с данными полученными в результате эксперимента, не значительное расхождение допускается. При рассмотрении данных эксперимента, была выявлена длина зоны отрыва и через отношение выражено относительное значение соответствия высоты уступа к зоне отрыва, равное 2.3.

Наиболее близким к данному значению, является значение, полученное в ANSYS, также ранее было выявлено, что форма завихрения в области отрыва пограничного слоя так же ближе к реальному значению.

На основании этого можно сделать вывод о том, что моделирование в программе ANSYS, является более точным чем в программе Comsol.

Список литературы:

1. Елизарова Т.Г. «Квазигазодинамические уравнения и методы расчета вязких течений. Лекции по математическим моделям и численным методам в динамике газа и жидкости». – М.: Научный Мир, 2007. – 350 с.

2. Ван-Дайк М. Альбом течения жидкости и газа. М.: Мир, 1986. – 184 с.

**СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЖИМОВ НЕЙТРАЛИ СЕТИ 35 КВ С ЦЕЛЬЮ
ПОВЫШЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ**

Осипов Павел Владимирович

*Студент кафедры физики, биологии и инженерных технологий
филиала Мурманского арктического государственного университета
в г. Апатиты*

E-mail: narius94@gmail.com

**COMPARISON OF NEUTRAL NETWORK REGIMES OF 35 KV FOR THE
PURPOSE OF INCREASING ELECTRICAL SAFETY FOR THE
POPULATION**

Pavel Osipov

*Student of the Department of Physics, Biology and Engineering Technologies
Branch of the Murmansk Arctic State University in Apatity*

Аннотация: тема обусловлена проблемой обеспечения электробезопасности сети 35 кВ с воздушными ЛЭП, которые находятся рядом с населенными пунктами, а также трудностью выполнения автоматического селективного отключения поврежденной линии. Выводы сделаны на основе анализа сопоставления режимов нейтрали с различными устройствами заземления, при разном удельном сопротивлении грунта.

Ключевые слова: электробезопасность, токи прямой и нулевой последовательностей, режим нейтрали.

Abstract: the topic is caused by the problem of ensuring the electrical safety of the 35 kV network with air power lines that are close to populated areas, as well as the difficulty of performing automatic selective disconnection of the damaged line. The conclusions are made on the basis of the analysis of the comparison of the neutral modes with various earthing devices, with different resistivity of the ground.

Keywords: electrical safety, direct and zero sequence currents, neutral mode.

Актуальность данной работы состоит в сопоставлении режимов нейтрали участка сети 35 кВ с целью повышения электробезопасности для населения. В работе рассматривается конкретный участок сети, подключенный к подстанции (ПС-53) г. Мурманск. Тема обусловлена проблемой обеспечения электробезопасности сети 35 кВ с воздушными ЛЭП, которые находятся рядом с населенными пунктами, а также трудностью выполнения автоматического селективного отключения поврежденной линии. В режимах нарушения в сети 35 кВ возможно возникновение опасного для жизни человека и животных шагового напряжения и появление опасных напряжений прикосновения (в случае не отключения поврежденной линии), Если под линиями располагаются различного рода постройки, то возникает опасность возникновения пожара или поражения

электрическим током людей в случае обрыва фазного провода. Следовательно, проблема обеспечения безопасности является актуальной.

В работе рассматриваются два участка сети 35 кВ, подключенных к 1-й и 2-й системам шин 35 кВ подстанции ПС-53.

В соответствии с задачами дипломной работы требуется определить следующее:

- 1) дать характеристику рассматриваемому участку сети;
- 2) выполнить необходимые расчеты параметров элементов сети для выбранного участка;
- 3) выполнить расчеты с различными видами заземления нейтрали с целью снижения тока однофазного замыкания на землю
- 4) дать пояснение для каждого типа заземления нейтрали и предложить вариант, наиболее эффективный нужный тип для повышения электробезопасности для населения.

Линии 35 кВ довольно часто встречаются на окраине населенных пунктов: гаражи, дачи, различные строения. Опоры для таких линий имеют металлическую или железобетонную конструкции. Согласно ПТЭЭП [1 с. 162] линия 35 кВ в аварийном режиме может продолжать оставаться работоспособной в течение двух часов, что, в свою очередь, повышает опасность электропоражения для населения. Отсюда возникает необходимость применения автоматического отключения линию при возникновении замыканий на землю в целях обеспечения электробезопасности. Это противоречит условиям сохранения электроснабжения потребителя во избежание экономических потерь.

В случае неотключения линии возникают следующие проблемы:

1. Вследствие малой величины действия тока однофазного замыкания горение дуги носит неустойчивый характер, существует возможность ее самоликвидации. Но в случае возникновения повторного зажигания дуги возникают дуговые перенапряжения, способные вызвать перекрытие изоляции, что может повлечь за собой возникновение двухфазного замыкания. При обрыве провода на землю или опору возникает опасность попадания человека в область действия шагового напряжения и напряжения прикосновения.

2. Проблема быстрого селективного отключения поврежденной линии. В случае ОЗЗ напряжения на неповрежденных фазах возрастают до линейных значений, то есть в $\sqrt{3}$ раз. Зачастую контактное сопротивление в точке замыкания составляет большую величину, следовательно, напряжение на поврежденной фазе не падает до нуля, что затрудняет поиск поврежденного элемента.

3. Проблема создания величины тока, достаточной для селективного отключения поврежденной линии. Как сообщалось в пункте 2, величина тока замыкания составляет единицы или даже доли Ампера (в зависимости от емкости линии), что затрудняет выявление поврежденного элемента вследствие того, что величина емкостного тока, текущего по неповрежденным фазам, отличается незначительно от величины тока замыкания.

Одной из причин низкой величины тока замыкания является высокое

удельное сопротивление грунта, которое может достигать несколько кОм. Однако увеличение сопротивления заземления в точке замыкания приводит к значительному повышению напряжения в этой точке, т.е. к увеличению опасности поражения током. Поэтому требуется создание заземляющих устройств с низким сопротивлением заземления.

Обеспечение селективной защиты можно осуществить с помощью подключения в нейтраль дополнительного заземляющего устройства – дугогасящего реактора, конденсатора или высокоомного резистора. Но повышение величины тока ОЗЗ с помощью устройств, заземляющих нейтраль питающего трансформатора, несет собой негативный характер с точки зрения электробезопасности.

В районе расположения линий 35 кВ на Кольском полуострове грунт имеет низкую проводимость – грунта со скальными образованиями и мореной. Величина удельного сопротивления может составлять до 10 кОм/м. Поверхностный слой может быть более проводящим, например, для болотистой местности, но толщина этого слоя небольшая. В соответствии с ПУЭ сопротивления заземления опор ВЛ в районе населенных пунктов не должно превышать 30 Ом [2 с. 507]. Как правило, это требование трудно выполнить, поэтому могут быть использованы грозозащитные тросы, соединяющие опоры между собой, что позволяет снизить эквивалентное сопротивление растеканию (на промышленной частоте). Большая часть линий выполнена в двухцепном исполнении.

Рассмотрим конкретный участок сети 35 кВ.

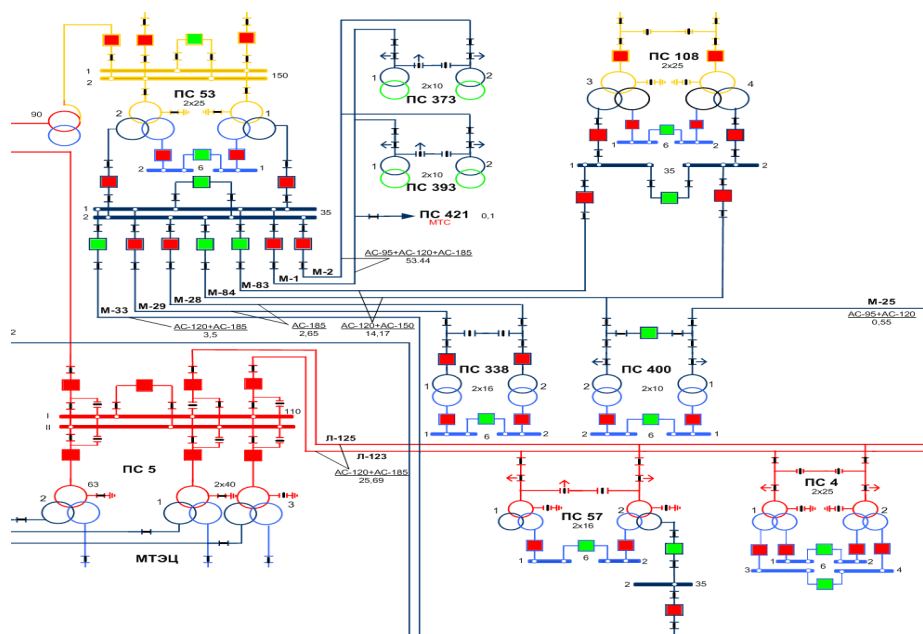


Рисунок. 1. Схема обследуемой сети 35 кВ

В случае замыкания одной из фаз на землю возникает несимметрия напряжений, что влечет за собой появление на фазах второй цепи наведенного потенциала и появления ложных срабатываний релейной защиты.

Основная часть линий расположена в зоне населенных пунктов. Имеются пересечения линии с автомобильными трассами и доступности населения. Протяженности линий имеют диапазон от 0.3 до 53.4 км.

Для определения тока однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) в сети с изолированной нейтралью находим составляющие тока ОЗЗ, определяемые емкостями фаз на землю элементов сети – воздушных линий. Расчет выполняем по формуле:

$$I_{\text{ОЗЗ}}^{\text{M-i}} = 3 \cdot \omega \cdot C_{\text{M-i}} \cdot U_{\phi},$$

где ω – круговая рабочая частота;
 $C_{\text{M-i}}$ – емкость i-той фазы на землю;
 U_{ϕ} – фазное напряжение на землю.

Находим составляющую тока ОЗЗ для линии М-1:

$$I_{\text{ОЗЗ}}^{\text{M-1}} = 3 \cdot 3.14 \cdot 0.405 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{35000}{\sqrt{3}} = 7.7 \text{ А.}$$

Находим составляющую тока ОЗЗ для линии М-29:

$$I_{\text{ОЗЗ}}^{\text{M-29}} = 3 \cdot 3.14 \cdot 0.02 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{35000}{\sqrt{3}} = 0.38 \text{ А.}$$

Аналогичные результаты будут и для линий М-2 и М-28. Результаты расчетов ОЗЗ для линий занесем в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты расчетов составляющих тока ОЗЗ

№ ЛЭП	Длина ЛЭП, км	Марка провода	Ток однофазного замыкания на землю, А	
			Секция 1, 35 кВ	Секция 2, 35 кВ
М-1	53.4	АС-120/19	7.7	
М-2	53.4	АС-120/19	-	7.7
М-28	2.6	АС-185/24	-	0.38
М-29	2.6	АС-185/24	0.38	-
Суммарный ток ОЗЗ			$\sum I_{\text{ОЗЗ}} = 8.08$	$\sum I_{\text{ОЗЗ}} = 8.08$

Рассмотрим рис. 2 «Распределение составляющих емкостного тока однофазного замыкания на землю участка, подключенного к 1 сш 35 кВ подстанции ПС-53». Участок включает линии М-1 и М-29. Распределение емкостных токов замыкания на землю одной фазы на рисунке «а» и «б». Замыкание на рисунке «а» произошло на линии М-1, а на рисунке «б» на линии М-29.

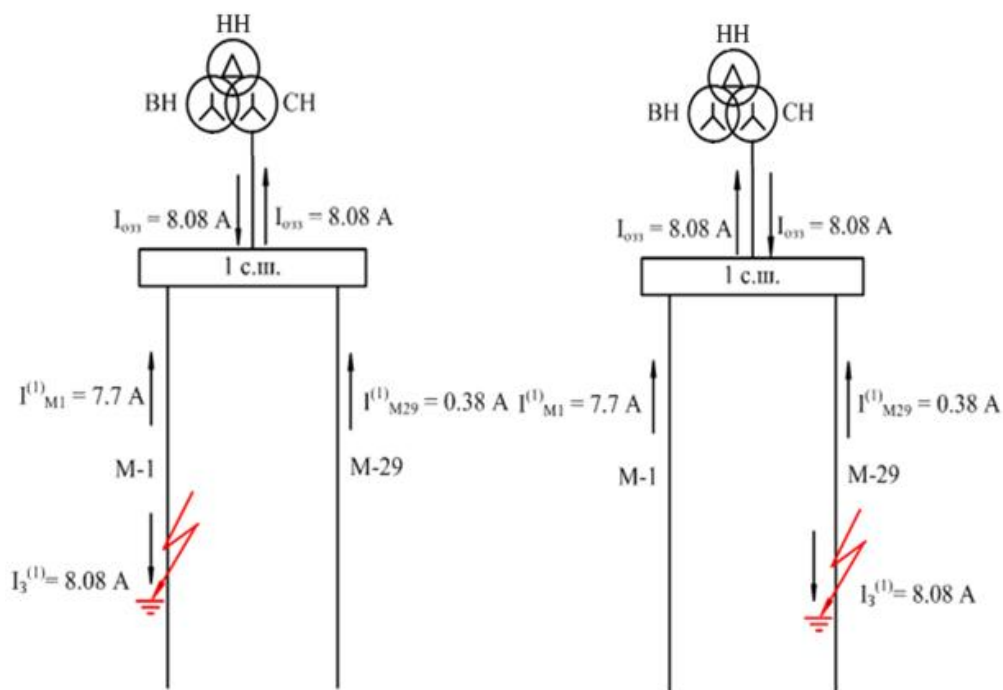


Рисунок 2. Распределение составляющих емкостного тока однофазного замыкания на землю участка, подключенного к 1 сш 35 кВ подстанции ПС-53

Трансформаторы тока земляной защиты регистрируют сумму токов в трехфазной линии. Так как сумма рабочих токов, замыкающихся в направлениях прямой и обратной последовательностей, дает ноль, то результатом регистрации является сумма токов, протекающих по нулевой последовательности, т.е. в направлении фаза – земля.

При этом по поврежденной фазе протекает полный ток однофазного замыкания от питающего трансформатора в точку замыкания. А по неповрежденным фазам в обратном направлении протекают ток, обусловленный линейными напряжениями на этих фазах и емкостной проводимостью этих фаз на землю, т.е. составляющая тока ОЗЗ, которая определяется емкостными параметрами этой линии.

Из приведенных на рис. 4 результатов расчетов распределения токов видно, что трансформаторы тока земляной защиты при замыкании на линии М-1 будут регистрировать суммарный ток нулевой последовательности 0.38 А и на линии М-29 ток 0.38 А, что достаточно мал для срабатывания защиты.

При замыкании на линии М-29 трансформаторы тока земляной защиты будут регистрировать суммарный ток нулевой последовательности на линии М-1 – 7.7 и на линии М-29 – 7.7 А.

Следовательно, защиту по величине тока нулевой последовательности можно выполнить только для линии М-29. Например, при установке защиты по току нулевой последовательности 2А линия М-1 будет отключена защитой при замыкании на линии М-29.

Расчеты распределения составляющих тока ОЗЗ в режиме изолированной нейтрали показали, что при замыкании на линии М-28/29 трансформаторы тока

земляной защиты будут регистрировать суммарный ток нулевой последовательности на линии М-1 – 7.7 и на линии М-29 – 7.7 А. Таким образом, защитное отключение линий М-28/29 при ОЗЗ на них может быть обеспечено в существующем режиме с помощью трансформаторов тока земляной защиты.

Такая защита для линий М-1/2 не дает нужного эффекта. В частности, при уставке защиты по току нулевой последовательности 2 А линия М-1 будет отключена защитой при замыкании на линии М-29. Аналогичный результат получен для линии М-2

Величина тока ОЗЗ при сопротивлении заземления от 1 до 1000 Ом в точке замыкания меняется в пределах 8,3-8,4 А. В этом режиме заземления нейтрали ток, регистрируемый защитой линий М-1/2 при замыкании на ней, составляет $(8.3..8.4 - 7.7 = 0.6..0.7 \text{ А})$, т.е. может быть недостаточен для чувствительности защиты. При этом может меняться характер зарегистрированного тока. В этом варианте заземления нейтрали применение защиты представляет трудность. Возможно, для ее применения потребуется уменьшение сопротивления резистора в нейтрали с соответствующим увеличением его мощности.

В режимах заземления нейтрали через реактор, конденсатор или высокоомный резистор напряжение в точке замыкания практически не зависит от места замыкания. При этом напряжение может достигать 10 кВ при сопротивлении заземления в точке замыкания 1000 Ом (очень опасно при высоком сопротивлении заземления). При сопротивлении заземления 100 Ом напряжение достигает 1000 В. Относительно небольшое напряжение 60 В в точке замыкания обеспечивается лишь при сопротивлении заземления около 30 Ом.

Опасность напряжений прикосновения и шаговых напряжений снижается при наличии грозозащитного троса, соединяющего опоры воздушной ЛЭП между собой, что способствует снижению эквивалентного сопротивления заземления в вероятных точках перекрытия изоляции линий – на опорах. Защита от опасных напряжений может быть обеспечена на линиях М-1/2 с помощью перевода режима заземления нейтрали трансформаторов ПС-53 в режим заземления через конденсатор емкостью, около 0.3 мкФ, и применением защиты для автоматической отключения замыканий на линии. Для использования преимуществ режима изолированной нейтрали необходимо изучение возможности применения задержки по времени на отключение линии в пределах 1.2 секунд, что может быть достаточно для самоликвидации случайных замыканий.

Список литературы:

1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей/ Минэнерго РФ от 13 января, 2003. – 162 с.
2. Правила устройства электроустановок ПУЭ/ утв. Минэнерго СССР - 6-ое издание/Москва Госэнергонадзор, 2000. – 507 с.

**ОЦЕНКА ЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ И РИСКА ДЛЯ ПОСЕТИТЕЛЕЙ
ГОРНОЛЫЖНОГО КОМПЛЕКСА НА ЗАПАДНОМ СКЛОНЕ
Г. АЙКУАЙВЕНЧОРР**

Павленко Екатерина Сергеевна
Ученица 9а класса МБОУ «Хибинская гимназия»
г. Кировска Мурманской области
E-mail: 2sena2@mail.ru

**ASSESSMENT of AVALANCHE DANGER AND RISK FOR VISITORS OF
THE SKI RESORT ON THE WESTERN SLOPE
OF THE CITY OF AIKUAIVENCHORR**

Pavlenko Ekaterina
A 9-year student of the Hibinskaya grammar school
Kirovsk, Murmansk region

Аннотация: Данное исследование посвящено такой крайне актуальной теме как безопасность жителей города, туристов и спортсменов от схода лавин на горнолыжных трассах наиболее популярного горнолыжного комплекса на г. Айкуайвенчорр в г. Кировске Мурманской области. Новизна данного исследования состоит в том, что автор проводит оценку лавинной опасности и риска для людей, находящихся в указанных зонах. Поставив цель показать существующую угрозу лавинной опасности для туристов и составить карту оценки лавинной опасности западного склона г. Айкуайвенчорр для спортсменов и отдыхающих, автор добивается ее, используя такие научные методы исследования как работа с архивными источниками, анализ и обобщение данных, наблюдение, моделирование, картографический метод, метод наложения схем и другие.

На основании подсчета туристов было проведено зонирование исследуемого полигона. Были выявлены места значительного скопления людей. Для оценки лавинной опасности западного склона г. Айкуайвенчорр использовался метод наложения двух схем: совокупности повторяемости лавин и количества людей, которые подвергаются лавинной опасности.

В результате получены новые знания, касающиеся лавинной безопасности западного склона г. Айкуайвенчорр. Составлена схема лавинной активности лавиносборов №№ 1,2; определены места нахождения людей на горнолыжном склоне; проведена оценка лавинной опасности на западном склоне г. Айкуайвенчорр; выявлено, что туристы, находящиеся на западных склонах горнолыжного центра г. Айкуайвенчорр, подвергаются высокой степени лавинной опасности.

Ключевые слова: безопасность Кировска, лавинная опасность в Хибинах.

Abstract: My native town of Kirovsk has recently become a very famous ski resort. There are some factors to consider, if we want to be a safe place. First of all, it is a safety from an avalanche. The antiavalanche safety is a key problem now, because of the geographical position of Kirovsk. The town is surrounded by the Khibiny mountains. The novelty of this research is clear, because we try to learn the avalanche danger and risk for tourists on the most popular alpine skiing resort called Aykuayvenchorr. The aim of the project was to show the threat of avalanches existing for tourists and to make the map of real avalanche danger on the western slope of Aykuayvenchorr.

The total area of the avalanche zones on this alpine skiing resort is about 105 hectares. The avalanches take place regularly here. Nobody can predict what an avalanche might do. It destroys houses, carries away things and people. It can reach a very high speed. That is why it is so dangerous.

Generally speaking, tourists and sportsmen cannot feel safe on the western slope of Aykuayvenchorr hill.

In my research I made some diagrams and maps depicting the danger of avalanches in this territory. The territory was divided into 4 zones according to the level of avalanche activity: high, average, low and very low. My conclusions show the real treat avalanches existing for tourists.

To sum up, I should say that it is necessary to take this area under Local authorities' control. A special avalanche service should be created. We suppose, we have proved it.

Keywords: safety from an avalanche.

В последнее время город Кировск активно развивается и приобретает репутацию всероссийского туристического центра и горнолыжного курорта. Обновляются старые спортивные объекты, строятся новые, создается инфраструктура. Для того, чтобы город соответствовал высокому статусу, необходимо учитывать множество факторов. Основной из них – это безопасность туристов и спортсменов. В первую очередь это безопасность от схода лавин. Поэтому не последнее место в организации туризма в Кировске должны занимать противолавинные мероприятия.

Тема лавинной безопасности для Кировска как никогда стала актуальной в нынешнем году после катастрофической лавины с г. Юкспорр, которая унесла жизни трех человек.

Цель исследования: показать существующую угрозу лавинной опасности для туристов и составить карту оценки лавинной опасности западного склона г. Айкуайвенчорр для спортсменов и отдыхающих.

Туристический поток г. Кировска увеличивается с каждым сезоном.

Объем туристического потока, представленный в таблице 1, рассчитан специалистами Центра развития туризма г. Кировска.

Объем туристического потока г. Кировска

	2012 год	2013 год	2014 год	2015 год	2016 год
Объем туристического потока	9462 (статистика)	20225 (статистика)	24578 (статистика)	30723 (оценка)	36868 (прогноз)

На территории г. Кировска опасными, с точки зрения схода снежных лавин, являются 4 участка (рис.1): на ул.Солнечной и над парком, по улице Олимпийской, над объездной дорогой №7 и 4-ый участок – исследуемый в данной работе полигон на западном склоне г. Айкуайвенчорр, куда входят лавиносборы № 1, 2 и «Хибинитовый карьер», где расположен горнолыжный комплекс.

На нем располагаются трассы различной степени сложности для всех горнолыжных дисциплин, которые позволяют принимать здесь как спортсменов-профессионалов, так и туристов-любителей.



Рисунок 1. Схема лавинных очагов

Общая площадь лавиноактивных зон горнолыжного комплекса западного склона составляет около 105,3 га, и включает в себя 3 лавиносбора, в которые попадает пять горнолыжных маршрутов.

На основании базы данных ОЛБ составлен график ежегодного количества лавин на территории лавиносборов 1, 2 и «Хибинитовый карьер», из которого видно, что лавины на территории горнолыжного комплекса сходят ежегодно (рис. 2).

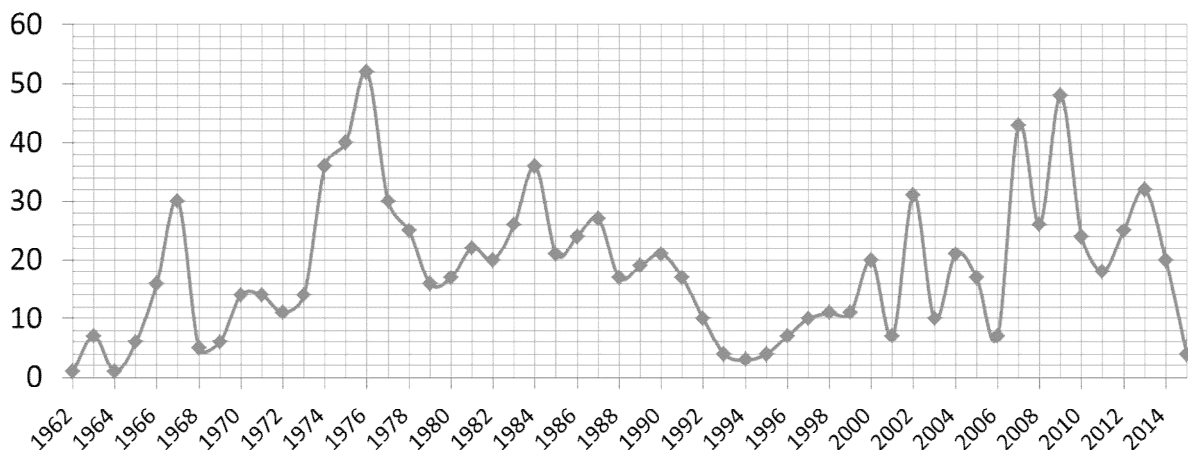


Рисунок 2. График ежегодного схода лавин

Таким образом, существуют неоспоримые доказательства того, что находясь на западном склоне г. Айкуайвенчорр туристы и спортсмены могут пострадать от схода лавин.

То, что лавина из первого или второго лавиноборов может действительно пройти такое расстояние, доказывают расчеты, выполненные в НИЛ лавин и селей географического факультета МГУ. С использованием формулы расчета дальности выброса лавины, были получены возможные варианты распространения лавин. На рисунке 3 показано, что воздействию лавин подвергается вся территория горнолыжного комплекса, включая сооружения, расположенные под склоном, а также дороги и автостоянка. Цветными линиями показаны возможные пути схода лавин. Как видно, по голубой ветке лавина может прийти практически до жилых комплексов, остановившись возле автобусной остановки.

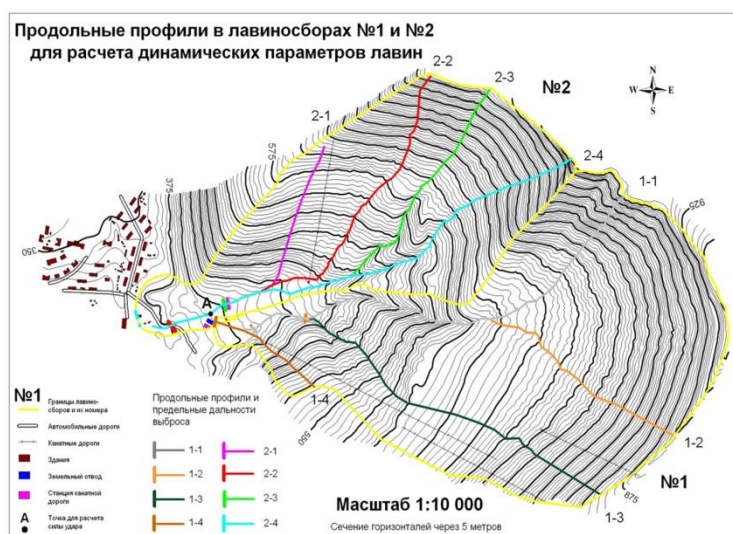


Рисунок 3. Возможные пути схода лавин

Для того, чтобы оценить степень лавинной опасности, которой люди подвергаются в пределах горнолыжного комплекса, нужно провести оценку лавинной деятельности. Важным показателем, характеризующим лавинную активность, является повторяемость лавин. Используя базу данных ОЛБ, мы нанесли на схему все сошедшие за годы наблюдений лавины. На основании этого территория разделилась на 4 зоны разной степени лавинной активности: высокая, средняя, низкая и очень низкая (рис. 4). В зоне с высокой лавинной активностью лавины сходят ежегодно. В средней – лавины сходят раз в несколько лет. Зоны, куда лавины достигают раз в десять лет, относятся к районам со низкой лавинной активностью. Те участки, которые перекрываются лавинами раз в несколько десятилетий, относятся к зонам с очень низкой лавинной активностью.

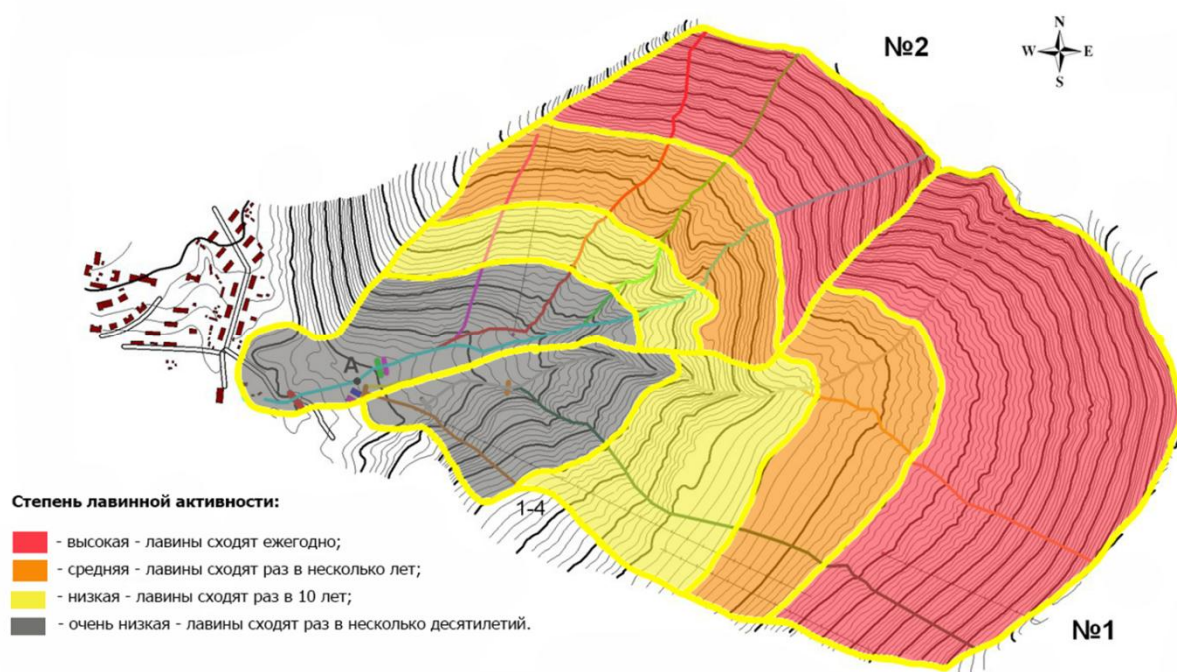


Рисунок 4. Схема лавинной активности лавиносборов №№ 1,2

На основании подсчета туристов было проведено зонирование исследуемого полигона. Красным цветом обозначены места значительного скопления людей (рис. 5).

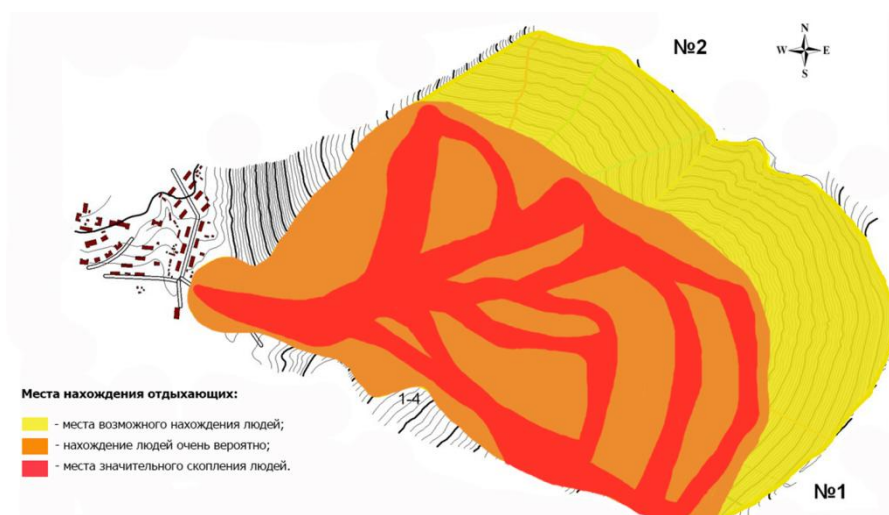


Рисунок 5. Схема нахождения людей на территории лавиносборов №№ 1,2

Для оценки лавинной опасности западного склона г. Айкуайвенчорр мы воспользовались методом наложения двух схем (табл. 2): совокупности повторяемости лавин и количества людей, которые подвергаются лавинной опасности.

Всем условным показателям повторяемости лавин и количеству людей были присвоены баллы, например, высокая степень лавинной активности – это 4 балла.

Таблица 2

Метод наложения двух схем

Степень лавинной активности (повторяемость лавин)		Количество туристов на склоне		
		места возможного нахождения людей	нахождение людей очень вероятно	места значительного скопления людей
		1	2	3
очень слабая - лавины сходят раз в несколько лет	1	2	3	4
низкая - лавины сходят раз в 10 лет	2	3	4	5
средняя - лавины сходят раз в несколько лет	3	4	5	6
высокая - лавины сходят ежегодно	4	5	6	7

Затем с помощью схемы повторяемости лавин и схемы нахождения людей на склоне нами была получена результирующая схема, показывающая степень лавинной опасности для людей на склоне. В результате суммирования баллов мы получили новые численные значения, которые поделили на три градации.

Рисунок 6 показывает, что основная часть горнолыжного комплекса имеет высокую и среднюю степень лавинной опасности. При этом основная часть

отдыхающих и не подозревают, что они могут попасть в лавину.

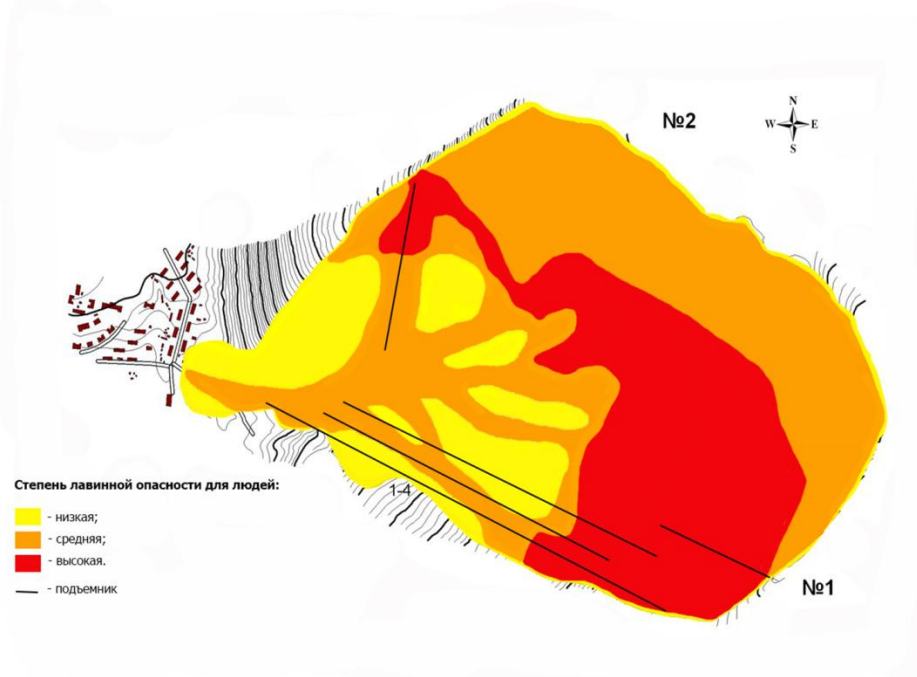


Рисунок 6. Степень лавинной опасности на лавиносборах №№ 1,2

Таким образом, туристы, находясь на горнолыжных трассах западного склона г. Айкуайвенчорр, подвергают себя лавинной опасности. Администрацией горнолыжного комплекса не предпринимается достаточных мер для снижения лавинного риска для отдыхающих.

На данный момент, по счастливой случайности, жертвой лавины стал лишь один человек, но если и далее не принимать никаких мер, может произойти большая трагедия. В условиях развития внутреннего туризма и города Кировска, как туристического центра, необходимо создать специальную лавинную службу, которая будет оперативно оценивать лавинную обстановку и применять активные методы воздействия на снежный покров.

В результате выполненной работы получены новые знания, касающиеся лавинной безопасности западного склона г. Айкуайвенчорр.

По объективным причинам невозможно закрыть или хотя бы оградить лавиноопасные участки. Отсюда следует вывод – необходимо осуществлять постоянные противолавинные мероприятия, обеспечивающие безопасность посетителей горнолыжного комплекса г. Айкуайвенчорр в г. Кировске. Учитывая многолетний бесценный опыт работы ОЛБ по борьбе с лавинами, можно с уверенностью сказать, что г. Кировск обладает высоко профессиональными специалистами, но, к сожалению, их количество недостаточно для возросшего в последние годы объема работы.

Список литературы:

1. Викулина М.А. Оценка лавинной активности, опасности и риска Хибин в среднем масштабе // Материалы гляциологических исследований,

2012, Вып.1. С. 57-62.

2. Географические названия на карте Хибин. Под ред. Ржевского Б.Н.. МУП «Полиграф», Апатиты, 1999, 40 с.

3. География лавин. /Под ред. С.М. Мягкова, Л.А. Канаева. – М.: Изд-во МГУ, 1992, 332 с.

4. Зюзин Ю.Л. Хибинская лавинада. Полиграф-Книга, Вологда, 2009, 331 с.

5. Зюзин Ю.Л. Суровый лик Хибин. Рекламная полиграфия, Мурманск, 2006, 236 с.

6. Мокров Е.Г. Сейсмические факторы лавинообразования (на примере Хибин). Автореф. дисс. на соиск. уч. степени к.г.н, М., 2005, 23 с.

7. Природные условия Хибинского учебного полигона. Под ред. Мягкова. Изд-во МГУ, М., 1986, 170 с.

8. Тушинский Г.К. Лавины. Возникновение и защита от них. Географгиз, М., 1949, 215 с.

9. Турчанинова А.С. Определение зон зарождения и оценка динамических характеристик снежных лавин. Диссертация на соискание степени кандидата географических наук. Москва: МГУ. 2013

10. <http://maps.rosreestr.ru/PortalOnline>

11. <http://www.kirovsk-hibinogorsk.ru>

12. РД 52.37.790-2013 Организация и проведение противолавинных работ. Минприресурсов и экологии РФ. Нальчик, 2013, 64 с.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ МАЗУТОНАСОСНОЙ ПУТЕМ ОТВОДА
КОНДЕНСАТА В ДРЕНАЖНЫЕ БАКИ 1-ОЙ КОТЕЛЬНОЙ**

Павлов Андрей Олегович

*Магистр кафедры физики, биологии и инженерных технологий
филиала Мурманского арктического государственного университета
в г. Апатиты*

E-mail: zenit199250@yandex.ru

Николаев Виктор Григорьевич

*Кандидат физико-математических наук, доцент
заведующий кафедрой физики, биологии и инженерных технологий филиала
Мурманского арктического государственного университета
в г. Апатиты*

E-mail: nikolaev@arcticsu.ru

**MODERNIZATION OF BLACK OIL FARM BY DRAINING CONDENSATE
IN DRAINAGE TANKS OF THE 1ST BOILER**

Andrei Pavlov

*Master of the Department of Physics, Biology and Engineering Technologies
Branch of the Murmansk Arctic State University in Apatity, Apatity*

Victor Nikolaev

*Candidate physical and mathematical of Science,
Head of Physics, Biology and Engineering Technologies department,
Apatity branch of MASU*

Аннотация: в данной работе представлен вариант сокращения экономических затрат по эксплуатации мазутонасосной. Разработан проект модернизации мазутонасосной путем отвода конденсата в котельный цех. Приведен экономический расчет затрат действующей системы. Разработаны специальные требования к выполнению работ по модернизации.

Ключевые слова: мазутонасосная, конденсат, конденсатосборники.

Abstract: in this paper, we present a variant of reducing the economic costs of operating a fuel oil pump. A project was developed to modernize fuel oil pumps by removing condensate from the boiler plant. An economic calculation of the costs of the current system is given. Specific requirements for the modernization work have been developed.

Keywords: black oil farm, condensate, condensate collectors.

ПАО «ТГК-1» – ведущий производитель электрической и тепловой энергии в Северо-Западном регионе России, а также первая в стране

территориальная генерирующая компания по величине установленной электрической мощности.

На промышленных предприятиях, рациональное использование топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) является одним из важных способов повышения эффективности рабочего процесса. С целью оптимального использования сырьевых и ТЭР ежегодно предприятия разрабатывают план мероприятий по снижению норм материальных затрат.

В зависимости от потребности мазутное хозяйство находится в одном из трех состояний: рабочем – при работе котлов, горячем резерве – при останове котлов менее чем на 12 часов, и холодном резерве – при останове, на профилактические ремонты, оборудования более чем на 12 часов. В рабочем состоянии и в горячем резерве мазут хранится в резервуарах в разогретом состоянии для того, чтобы предотвратить его затвердевание или налипание на стенки емкостей и мазутопроводов, а также для уменьшения вязкости и интенсификации процесса перекачки.

В данной работе представлена разработка проекта по модернизации мазутохозяйства Апатитской ТЭЦ, с целью снижения потерь конденсата после мазутных подогревателей путем установки баков сбора конденсата и транспортировки его в дренажные баки котельного цеха. Далее эта вода будет использована для собственных нужд ТЭЦ.

Среднегодовые потери конденсата при работе Апатитской ТЭЦ составляют 7000 тонн в год. В данной работе была предпринята попытка решить проблему повторного использования конденсатной воды.

Цель работы – разработка и реализация проекта по модернизации мазутохозяйства Апатитской ТЭЦ с целью снижения потерь конденсата после мазутных подогревателей путем установки баков сбора конденсата и транспортировки его в дренажные баки котельного цеха.

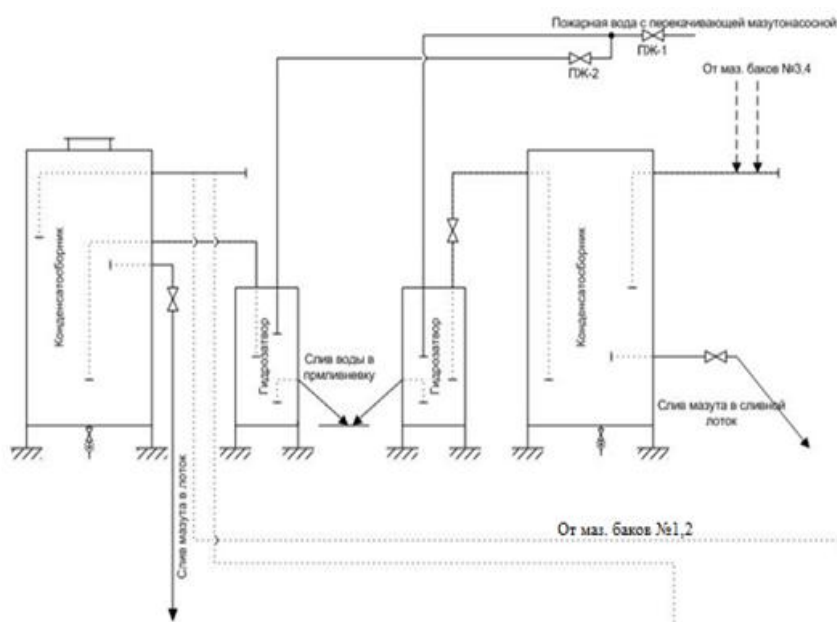


Рисунок 1. Действующая схема слива конденсата в ливневую канализацию

При разработке схемы необходимо:

- собрать и проанализировать необходимую информацию;
- рассмотреть систему обнаружения наличия мазута в конденсате и предотвращение его попадания в общую систему сбора конденсата;
- подготовить технические решения для возврата конденсата в дренажные баки котельного цеха;
- осуществить автоматизацию оборудования.

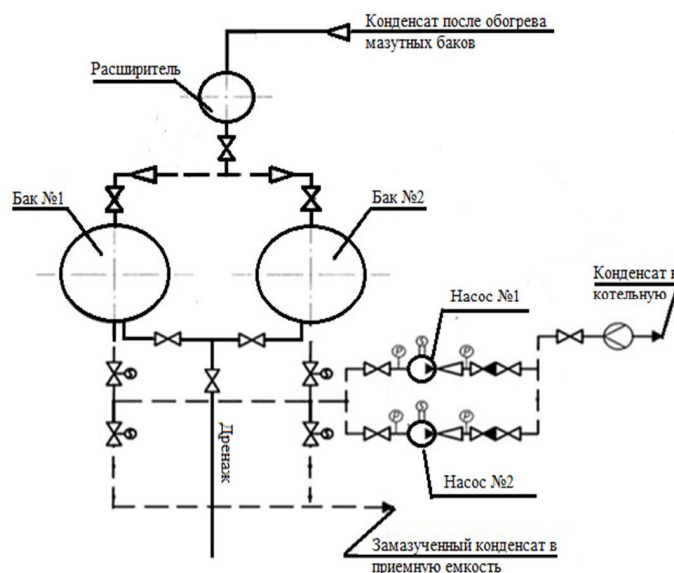


Рисунок 2. Вариант модернизации мазутохозяйства

Таблица 1

Расчет планового экономического эффекта после реализации проекта модернизации

<p>Расчет планового экономического эффекта после реализации проекта модернизации</p>	<p>Модернизация мазутохозяйства. Исходные данные: «Среднегодовые потери конденсата при эксплуатации мазутного хозяйства, Гпот =7000 тонн Среднегодовая температура холодной воды, Т = 5,3°С; Энтальпия конденсата, I = 85,3 ккал/кг Удельный расход топлива на отпуск тепла, бтэ = 176,88кг/Гкал» [3, с. 11]</p> <p>Цена 1 тут 2900 руб/т</p> <p>Расчет: Потери тепла Qпот =(Гпот*(I-Т))*10-3 = 560 Гкал Годовая экономия топлива Vu=Qпот*бтэ*10-3 = 99 тут В стоимостном выражении САQ =Vu * Цт*10-3 = 287тыс. руб</p>
--	--

Для внедрения данной схемы работы, потребуется следующий состав оборудования:

- Конденсатные баки объемом 10 м³ – 4 шт.
- Датчик уровня конденсата в баке – 4 шт.
- Датчик замазученности поверхностного типа – 2 шт.
- Конденсатный насос типа 5НК-5х1 – 2 шт.
- Расширитель конденсата – 1 шт.
- Задвижка DN 80 PN 16 – 6 шт.
- Задвижка с электроприводом DN 80 PN 16 – 6 шт.
- Клапан обратный 19с47нж DN 80 PN 40 – 2 шт.
- Кран шаровый (дренаж) DN 50 PN 40 – 1 шт.
- Трубопровод d 89х5, 500 п.м – 5.5 т.

Специальные требования:

1.1. желательно иметь в районе расположения Апатитской ТЭЦ производственно-техническую базу, обеспечивающую возможность выполнения заявленных работ;

1.2. располагать кадрами, обладающими соответствующей квалификацией для осуществления работ на основных фондах электростанций;

1.3. персонал должен быть обучен и аттестован по охране труда, пожарной безопасности и промышленной безопасности энергообъектов (руководители работ в соответствии с Положением о порядке подготовки и аттестации работников организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов);

1.4. досконально знать технологию производства работ;

1.5. осуществлять весь комплекс технологических решений и их согласование, позволяющий обеспечить необходимое качество работ и выполнение гарантийных обязательств.

Вывод: Результат данной работы приведет к снижению потерь конденсата, а так же понизит экономические затраты на использование воды для собственных нужд.

Список литературы:

1. Методические указания по эксплуатации мазутных хозяйств ТЭС / филиал «Кольский» ПАО «ТГК-1» Апатитская ТЭЦ / СО34.23.501-2005.

2. Типовая инструкция по эксплуатации металлических резервуаров для хранения жидкого топлива и горячей воды/ РД 34.21.526-1995.

3. Трубопроводы стационарных тепловых электрических станций/ТУ-34-38-20120-1994.

4. Пар и пароконденсатное хозяйство предприятия [Электронный ресурс]: [сайт]. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.web-energo.by/EiM_6_2013_art5.html

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ СОЛЯНОЙ ШАХТЫ ASSE-II

Сергиянский Евгений Васильевич

*Студент кафедры физики, биологии и инженерных технологий
филиала Мурманского арктического государственного университета*

в г. Анатимы

E-mail: sls_sls30@rambler.ru

SOLVING THE PROBLEMS OF THE SALT MINE OF ASSE-II

Eugene Sergiyansky

*Student of the Department of Physics, Biology and Engineering Technologies
Branch of the Murmansk Arctic State University in Apatity*

Аннотация: В настоящее время на немецкой шахте Asse-II в виду протечки воды появилась опасность распространения радионуклидов от объекта захоронения. В данной работе были изучены уже имеющиеся проблемы соляной шахты Asse-II, предназначенной для хранения слабо- и среднерadioактивных отходов АЭС Германии. В ходе работы были рассмотрены возможные варианты решения данной проблемы.

Ключевые слова: Asse-II, грунтовые воды, обрушение камер, бетонирование, «Konrad».

Abstract: At the present time, at the German Asse-II mine, due to water leakage, there is a danger of radionuclides spreading from the burial site. In this paper, the existing problems of the Asse-II salt mine, intended for storage of low- and medium-radioactive waste from Germany's nuclear power plants, were studied. In the course of the work, possible solutions to the problem were considered.

Keywords: Asse-II, groundwater, chamber collapse, concreting, «Konrad».

Бывшая соляная шахта Asse-II, превращенная после ее закрытия в 1965 году в могильник радиоактивных отходов, давно вызывала тревогу правительства и защитников окружающей среды. Хранилище Asse-II расположено в Нижней Саксонии (земля Германии), рядом с деревней Ремлинген (Remlingen) в муниципальном округе Вольфенбюттель (Wolfenbüttel). По замыслу правительства, радиоактивные отходы предполагалось складировать в структурно слаборазвитом регионе Западной Германии.

Идея захоронения радиоактивных отходов в соляных формациях возникла из-за предположения, что соль будет препятствовать контакту с водой бочек с отходами. В таком случае отходы могли бы быть изолированы от окружающей среды на долгое время (рисунок 1). Захоронить отходы в бывшей соляной шахте предложил мюнхенский Центр Гельмгольца.

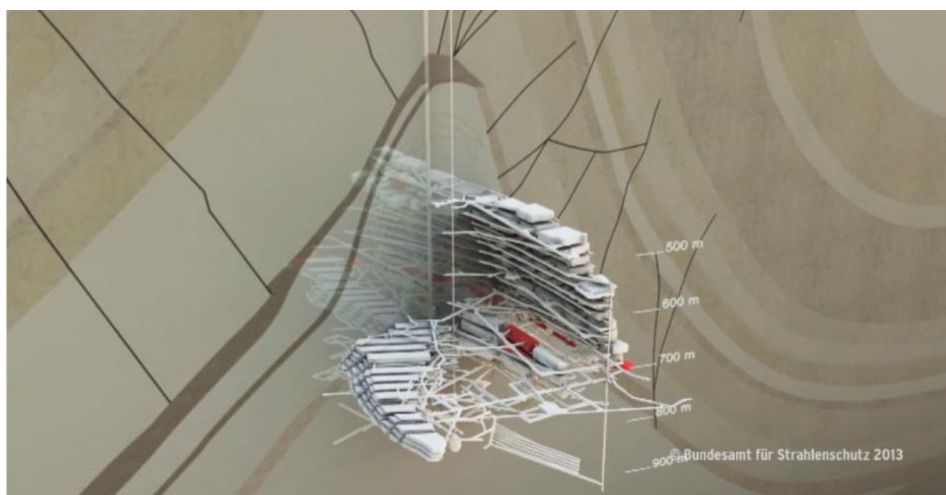


Рисунок 1 «Схема шахты Asse-II»

Но получилось не так все гладко, как рассчитывало на это правительство. На стенках шахты появились трещины, вызванные давлением пород, которые могут привести к обрушению (рисунок 2). И на южной стороне шахты было обнаружено просачивание грунтовых солевых растворов через эти трещины. Этого никто не ожидал. Течь оказалась значительной, около 12 куб. метров в день, и это продолжалось почти 15 лет. На данный момент часть воды (около 10 куб. метров) откачивается на поверхность. Сегодня это угрожает хранящимся там 186 тысячам бочек (они складировались с 1965 года), содержащим 89 тысяч тонн слабо- и среднерadioактивных отходов (в том числе почти 80 килограмм плутония). В одной из камер, где хранились бочки с радиоактивными отходами, произошел обвал, который привел к их разрушению и выходу радиации. Они не были рассчитаны на механические воздействия и контакту с водой.

Есть опасность, что поднятая при падении обломков на бочки радиоактивная пыль попала в систему вентиляции и через нее – на поверхность. А это уже чревато радиационным заражением прилегающей местности.



Рисунок 2. Трещины стенок шахты Asse-II

Фракция «зеленых» нижнесаксонского Ландтага забила тревогу. Однако преемники GSF из Научно-исследовательского центра охраны здоровья и окружающей среды им. Гельмгольца все упреки отмели, заверив, как и их предшественники, что опасности ни для среды, ни для здоровья населения нет ни малейшей. Тогда скептики потребовали обнародовать результаты исследований, а не получив ответа – обратились к Федеральному правительству. Тогдашний министр охраны окружающей среды Зигмар Габриель (Sigmar Gabriel) создал комиссию, уже в сентябре 2008 года представившую отчет с многочисленными «неудами» техническому состоянию Asse-II. Наряду с тем комиссия особо подчеркнула, что хотя министерство и несет политическую ответственность в этом деле, но не в его компетенции контроль столь высокотехнологичной отрасли, как атомная энергетика.

Стоит отметить, что рядом с Asse-II зафиксирован рост числа заболеваний более чем в 2 раза. Хотя абсолютные цифры невелики, отклонение от среднестатистического значения достоверно установлено. Если бы заболеваемость раком соответствовала среднестатистическим показателям, то на территории муниципалитета Asse можно ожидать один случай нового заболевания раком в год. То есть за 8 лет – с 2002 по 2008 год – около восьми случаев. Однако, за это время зарегистрировано в 2,25 раз больше раковых заболеваний, а именно 18, в том числе 12 случаев рака у мужчин и 6 случаев рака щитовидной железы у женщин.

Казалось бы, небольшое число заболевших не должно вызывать озабоченности, но стоит принять во внимание два фактора. Во-первых, если заболевания вызваны утечками радионуклидов, то люди будут продолжать получать вызванный радиацией рак в течение длительного времени – сотни, если не тысячи лет. Тогда и число дополнительных заболеваний составит десятки тысяч. Ведь в бочках в соляной шахте содержится плутоний, период полураспада которого около 24 тысяч лет. Во-вторых, надо понять этическую сторону проблемы. Ведь страдания и, возможно, смерть десятков человек вызвана неспособностью ядерной промышленностью, даже такой богатой и высокотехнологической страны, как Германия, безопасно хранить свои ядерные отходы.

Вмешательство политиков в сферу атомной энергетике также привело к тому, что Германия уже более 30 лет не может решить проблему финальной изоляции радиоактивных отходов, к которым относятся, например, спецодежда, элементы вентиляционных систем и другие предметы, на которых могут содержаться следы радиации. Это то, что не подлежит дальнейшему использованию и должно быть изолировано от сферы жизнедеятельности человека.

На сегодняшний день можно рассмотреть несколько вариантов выхода из этой опасной радиоактивной ситуации: перемещение отходов на более безопасный участок этой же шахты, бетонирование отходов и полный вывоз опасных субстанций в бывшую железорудную шахту «Konrad», находящуюся по соседству.

Для того, что бы переместить все бочки с радиоактивными отходами на безопасные участки этой же шахты, для начала их нужно укрепить. Один из способов – это бетонирование и установка свай. Второй способ – заморозка трещин и грунтовых вод жидким азотом. Но минусом данного способа является то, что заморозку нужно поддерживать всегда. Это решение, хорошо тем, что не надо поднимать все бочки на поверхность, которые несут угрозу радиоактивного заражения.

Бетонирование отходов поможет избежать большому выходу радиации за пределы места аварии, но грунтовые воды со временем все равно смогут разрушить бетон, смешаться с радиоактивными отходами и вынести их где то на поверхность. Но это не решает проблем с оставшимися бочками в других камерах, так что это всего лишь полумеры с действующей проблемой.

«Konrad» – железорудная шахта, находящаяся по соседству с Asse-II, имеет более надежные прочностные характеристики. Общая длина тоннелей, проложенная горняками, около 40 километров (рисунок 3). На старый рудник выбор пал потому, что внутри него очень сухо – это уменьшает риск попадания вредных веществ в грунтовые воды. В горных выработках на глубине 1000 метров очень сухо. Естественное тепло земли разогревает воздух до температуры 36°C при мощной искусственной вентиляции. На данный момент это самое эффективное решение проблемы соляной шахты.

Заявка на утверждение плана по изучению пригодности шахты «Konrad» для размещения пункта финальной изоляции РАО была подана регулятору еще в 1982 году. В 1995 году, после широкого общественного обсуждения, когда власти уже готовы были к выдаче разрешения, из-за начавшихся выборов и накалившейся политической обстановки рассмотрение заявки было продлено. В общей сложности на ее рассмотрение ушло 20 лет.

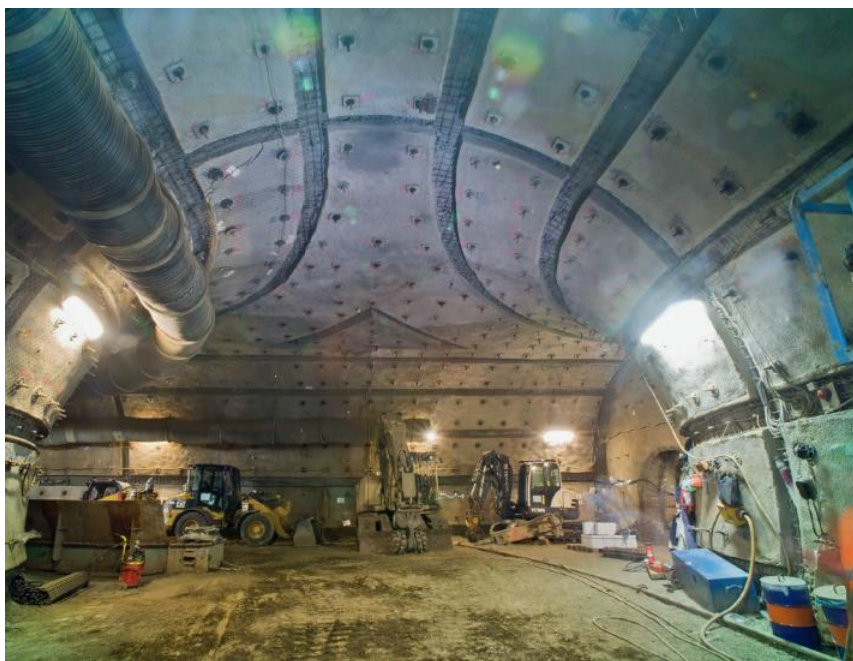


Рисунок 3. Шахта Konrad

К 2022 году Германия планирует полностью отказаться от атомной энергетики и «Konrad» выбран местом хранения всех слабо- и среднерadioактивных отходов. По данным федерального ведомства по радиационной защите Германии, «Konrad» поглотит 303 тысячи куб. метров отходов.

У этого решения есть большой недостаток, связанный с проблемами запаковки, погрузки, поднятия, создания специальных контейнеров и транспортировки отходов. Поэтому в «Konrad» целесообразно перевезти только отходы, которые еще не успели спустить в шахту, то есть с временного хранилища на поверхности.

Если найдется безопасный способ поднять радиоактивные бочки на поверхность, то эвакуация отходов из хранилища в Asse-II может стать одной из крупнейших операций по перемещению радиоактивных отходов в Европе.

Люди не научились надежно изолировать от окружающей среды радиоактивные отходы на весь срок. Наивные попытки захоранивать отходы в таких геологических формациях, как соляные залежи, оказались неудачными. Исследователь, эксперт по могильникам ядерных отходов в Германии Фальк Байер (Falk Beyer) заявил в интервью для bellona.ru: «С 1960-х годов Германия старается найти решение проблемы радиоактивных отходов. Оба захоронения, Asse-II в Нижней Саксонии и Morsleben в Саксонии-Анхальт, находятся сейчас в катастрофическом состоянии» [2].

Можно сделать вывод, что соляная шахта Asse-II находится в критическом состоянии. Правительство не нашло выхода из данной ситуации, так как каждый способ несет за собой как плюсы, так и минусы.

Нужно отметить, что катастрофический опыт хранилища радиоактивных отходов Asse-II должен иметь последствия для ядерной энергетики. Тот, кто воспринимает ситуацию всерьез, должен прийти к заключению, что дальнейшее производство ядерных отходов совершенно не безопасно.

На ошибках Германии стоит учиться другим ядерным державам, в том числе и России. К сожалению, обывательские представления о стабильности и надежности таких геологических структур, как соляные залежи, верны лишь отчасти.

Список литературы:

1. Обращение с радиоактивными отходами в некоторых европейских странах В. А. Морозов Бюллетень МАГАТЭ-Книга 21, номер 4, Москва, 2000.
2. Статья «Документация экспертной дискуссии о ситуации в хранилище ядерных отходов на Asse II» // Dokumentation Fachgespräch zur Situation im Atommüll-Endlager Asse II, 2001. – 84с.
3. Журнал «Экология и право». [Электронный ресурс]: [сайт]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://bellona.ru/>

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ФАКТОРОВ НА
СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ТОКСИЧНЫХ КАТИОНОВ
МЕТАЛЛОВ МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ГИДРОФОСФАТАМИ
ОКСОТИТАНА ИЗ ВЫСОКОСОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ**

Спасюк Сергей Дмитриевич

*Магистр кафедры физики, биологии и инженерных технологий филиала
Мурманского арктического государственного университета в г. Апатиты*

Корнейков Роман Иванович

*Кандидат технических наук, научный сотрудник
Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН, г. Апатиты.
E-mail: korneikov@chemy.kolasc.net.ru*

**STUDY OF THE EFFECT OF TEMPERATURE ON SORPTION
EXTRACTION OF CATIONS OF TOXIC METALS BY MODIFIED
HYDROGEN PHOSPHATES OF OXITITAN FROM HIGHLY SALINE
SOLUTIONS**

Sergey Spasiyuk

*Master of Department of physics, biology and engineering technology branch of
Murmansk Arctic State University in the Apatity*

Roman Korneykov

*Candidate of Science, scientist of Institute of chemistry and technology of rare
elements and mineral raw materials to them. I. V. tananaeva of Kola Science Center,
Russian Academy of Sciences, Apatity*

Аннотация: В данной работе синтезированы сорбенты на основе гидрофосфатов оксотитана(IV) различного состава. Показано, что модифицирование цирконием способствует повышению сорбционных характеристик и гранулированию сорбционного материала без существенной потери ионообменных свойств. В ходе выполнения работы были определены условия надежной иммобилизации катионов металлов в отработанном сорбционном материале. На растворах, моделирующих реальные технологические отходы, показана перспективность использования фосфатотитановых сорбентов.

Ключевые слова: жидкие радиоактивные отходы, дезактивация, гидрофосфаты оксотитана (IV), иммобилизация.

Abstract: Sorbents based on oxotitanium (IV) hydrophosphates of various composition were synthesized. It was shown that modification with zirconium promotes an increase the sorption characteristics and granulation of the sorption

material without a significant loss of ion-exchange properties. The conditions for reliable immobilization of metal cations in spent sorption material have determined. The sorbents are promising in purification of solutions appropriate of process solutions are shown.

Keywords: liquid radioactive waste, deactivation, titanium (IV) hydrophosphates, immobilization.

При эксплуатации ядерных энергетических установок гражданского и военного флотов, атомных электростанций образуются многокомпонентные жидкие радиоактивные отходы (ЖРО). Основная активность ЖРО связана с присутствием радионуклидов ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{60}Co [1-3], в меньшей степени других радионуклидов, в частности радионуклидов катионов редкоземельных элементов (РЗЭ) [4,5]. Сложность переработки ЖРО связана с наличием высоких концентраций близких по химическим свойствам более легких, чем радионуклиды катионов металлов. Такие технологические отходы продолжают накапливаться, оказывая высокую экологическую нагрузку на регионы. Для переработки ЖРО перспективны подходы, основанные на методах ионного обмена. Ионообменные материалы должны обеспечивать эффективную сорбцию радионуклидов и их надежную иммобилизацию. Используемые для дезактивации технологических растворов феррацианидные матрицы и матрицы на основе диоксида марганца не способны к коллективному извлечению радионуклидов, поскольку избирательны только к радионуклидам цезия и стронция соответственно, и не обеспечивают необходимую иммобилизацию радиоактивного материала. Поэтому поиск эффективных ионитов, обладающих высокими сорбционными характеристиками и обеспечивающих прочную фиксацию в своей структуре катионов токсичных металлов, является актуальным.

Из множества существующих методов переработки ЖРО особый интерес представляют сорбционные методы, основанные на процессах ионного обмена. Среди сорбентов интерес представляют соединения на основе гидрофосфатов оксотитана (IV) с соотношением фосфора к титану ≤ 1 , обладающие высокими сорбционными характеристиками, химической стабильностью и обеспечивающие надежную иммобилизацию сорбированных компонентов в течении длительного периода времени. Соотношение $\text{P} : \text{Ti} \leq 1$ приводит к образованию аморфного фосфатотитанового материала, что способствует снижению диффузионных ограничений при гетерогенном катионном замещении. Ионообменная способность гидрофосфатов оксотитана (IV) определяется подвижностью протонов гидрофосфатных групп вследствие их поляризации в поле центрального атома титана(IV). Протекающие при формировании матрицы процессы оляции и оксоляции способствуют образованию полимерных цепочек металл-кислород-металл и, как результат, приводят к укрупнению частиц сорбента.

Однако при повышении кислотности процесса сорбции происходит снижение степени селективности по отношению к менее гидратированным

катионам металлов (РЗЭ, кобальт), это связано с усилением подвижности протонов ионогенных групп сорбента. Благодаря этой проблеме встает вопрос о модификации фосфотитановых сорбентов для улучшения их характеристик.

Установлено, что введение в состав сорбента катионов металлов, отличающихся от титана (IV) по кислотно-основным свойствам, в частности Zr (IV), будет способствовать усилению подвижности протонов гидрофосфатных групп, что позволяет использовать модифицированные сорбенты в более кислых средах. Это представляет интерес при сорбции сильно гидролизующихся катионов металлов. Кроме того, использование легирующих компонентов способствует агломерации частиц сорбента, что позволяет использовать модифицированные составы ионитов как в статических, так и в динамических режимах.

Синтез сорбентов на основе гидрофосфатов оксититана (IV) осуществлялся в соответствии с разработанными методиками [6, 9] с предварительным выделением гидратированного оксигидроксидного прекурсора титана(IV) или смешанного прекурсора титана (IV) и циркония(IV) с последующей обработкой ортофосфорной кислотой. На рисунке 1 представлена принципиальная схема получения сорбентов. При сопоставлении результатов химического, термогравиметрического (ТГА), дифференциалотермического (ДТА) методов анализа (рис. 2) рассчитаны составы сорбентов (табл. 1).

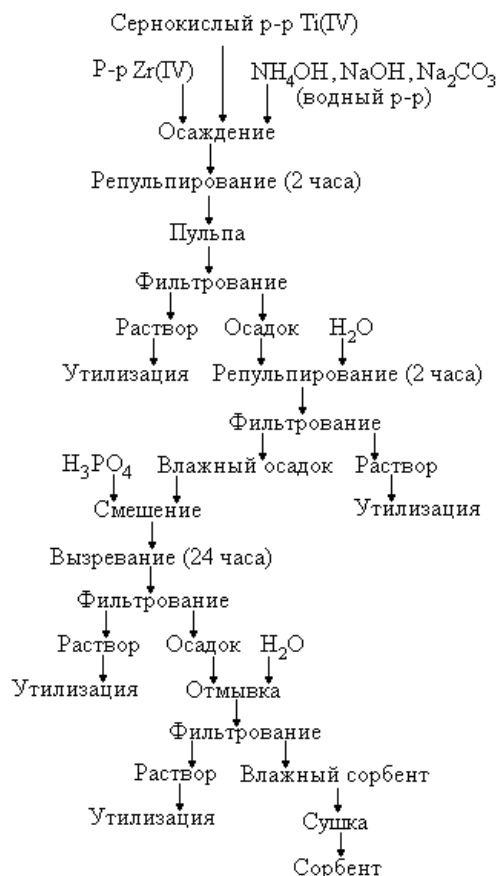


Рисунок 1. Принципиальная схема получения сорбционных материалов на основе гидрофосфатов оксититана (IV)

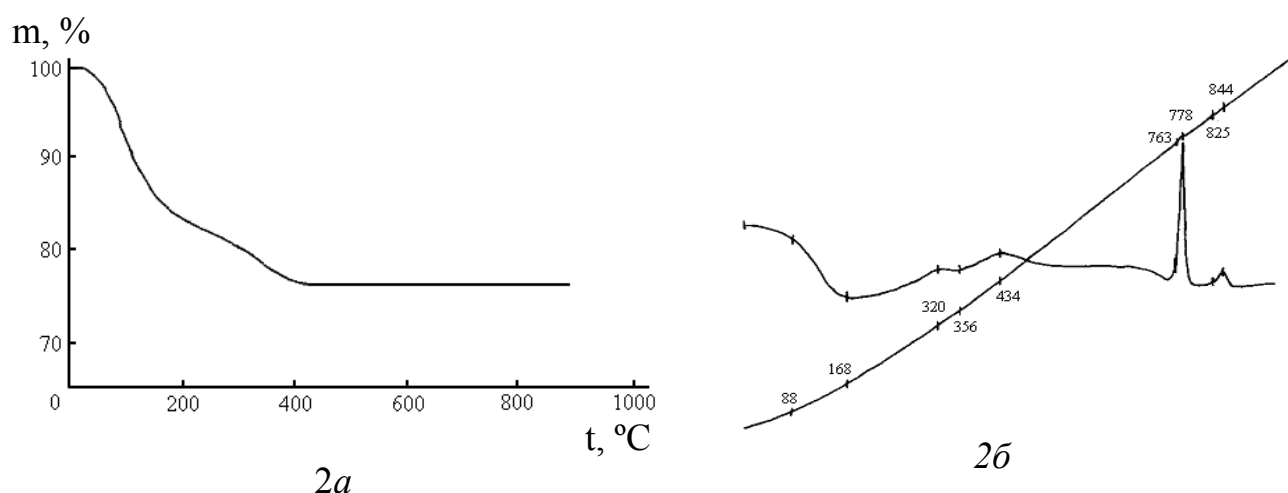


Рисунок 2. Кривые ТГА (а) и ДТА (б) гидратированного образца состава – $\text{TiO}(\text{OH})_{0.24}(\text{HPO}_4)_{0.88} \cdot 1.89\text{H}_2\text{O}$

В таблицах 2-4 и на рисунке 3 представлены сорбционные характеристики (значения статической обменной емкости (СОЕ) и константы гетерогенного катионного замещения ($\lg K_{\text{обм}}^{(T)}$)) для синтезированных образцов по катионам щелочных, щелочноземельных и редкоземельных элементов (РЗЭ).

Таблица 1

Составы синтезированных сорбентов различного состава

Состав	Содержание, мас %			
	ZrO ₂	TiO ₂	P ₂ O ₅	H ₂ O
TiO _{1.1} (OH) _{0.92} (HPO ₄) _{0.44} ·1.95H ₂ O	-	50.4	19.8	29.8
TiO _{1.1} (OH) _{0.58} (HPO ₄) _{0.61} ·2.48H ₂ O	-	44.8	24.1	31.1
TiO(OH) _{0.24} (HPO ₄) _{0.88} ·1.89H ₂ O	-	42.7	33.7	23.6
TiOHPO ₄ ·2.72H ₂ O	-	36.9	35.8	27.3
Zr _{0.1} (TiO)(OH) _{0.4} (HPO ₄)·1.76H ₂ O	5.9	38.5	34.3	21.8
Zr _{0.25} (TiO _{1.25})(OH) _{0.5} (HPO ₄)·1.33H ₂ O	14.0	36.2	32.2	17.6

Таблица 2

Значения СОЕ для образцов различного состава и крупности при pH=6

Состав	Крупность, мкм	СОЕ, мг-экв·г ⁻¹		
		Na ⁺	Cs ⁺	Sr ²⁺
TiO _{1.54} (OH) _{0.28} (HPO ₄) _{0.32} ·1.54H ₂ O	<5	2.16	2.33	2.36
TiO(OH) _{0.24} (HPO ₄) _{0.88} ·1.89H ₂ O	<5	3.10	3.49	2.36
Zr _{0.1} (TiO)(OH) _{0.4} (HPO ₄)·1.76H ₂ O	<5	4.63	4.82	4.48
	160-630	4.46	4.62	4.06
Zr _{0.25} (TiO _{1.25})(OH) _{0.5} (HPO ₄)·1.33H ₂ O	<5	4.11	4.10	3.94
	160-630	3.92	4.07	3.73

Титанофосфатные сорбенты обладают высокими значениями СОЕ. Значительное увеличение частиц сорбента при модифицировании существенно не снижает значения СОЕ (уменьшение в среднем менее чем на 5 %).

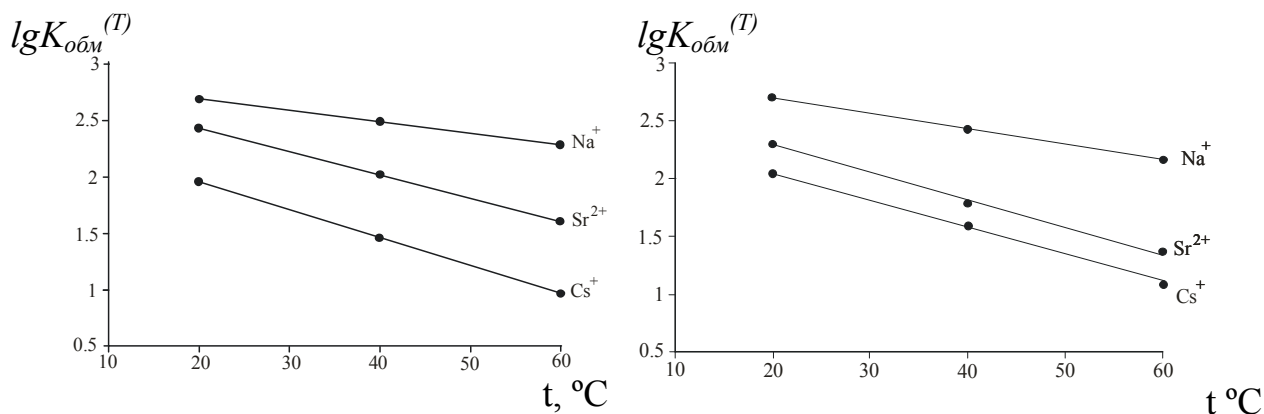
Из таблиц 3 и 4 видно, что все синтезированные сорбенты обладают высокими значениями констант гетерогенного катионного замещения. Ранее было показано [7, 8], что сродство сорбционной матрицы к катионам щелочных и щелочноземельных металлов определяется размерами ионного радиуса катиона и повышается при переходе от катиона металла с меньшим ионным радиусом, обладающего большей гидратной оболочкой, к катиону металла с большим ионным радиусом, обладающего, соответственно, меньшей гидратной оболочкой. Сродство сорбента к катионам металлов РЗЭ в нитратных средах также коррелирует с размерами ионного радиуса катиона. Введение на стадии синтеза легирующих компонентов (Zr(IV)) способствует повышению сорбционных характеристик для менее гидратированных катионов металлов (табл. 3). При повышении температуры сорбционного процесса происходит увеличение значений констант обмена для всех катионов металлов, что связано с их частичной дегидратацией (рис. 3, табл. 4).

Таблица 3

Значения $\lg K_{обм}^{(T)}$ для сорбентов различного состава с крупностью частиц < 5 мкм при 20°C при pH = 2÷6

Состав	- $\lg K_{обм}^{(T)}$		
	Na ⁺	Cs ⁺	Sr ²⁺
TiO(OH) _{0.24} (HPO ₄) _{0.88} ·1.89H ₂ O	2.26	1.48	1.76
Zr _{0.1} (TiO)(OH) _{0.4} (HPO ₄)·1.76H ₂ O	2.36	1.34	1.72
Zr _{0.25} (TiO _{1.25})(OH) _{0.5} (HPO ₄)·1.33H ₂ O	2.20	1.28	1.65

Исследования по надежной иммобилизации сорбата титанофосфатными матрицами показали, что воздушно-сухой сорбент обладает аморфной структурой. При насыщении катионами металлов аморфность сохраняется (дифрактограммы на рис. 3а и 3б). При прокаливании отработанного материала при температуре 600°C в течение 30 минут формируются кристаллические двойные фосфаты оксотитана(IV) и сорбированного катиона металла, которые являются трудно растворимыми соединениями, прочно удерживающими в своей структуре высокотоксичный сорбат (дифрактограммы на рис. 4а и 4б).



3а

3б

Рисунок 3. Зависимость значений $-lgK_{обм}(T)$ для катионов некоторых металлов на сорбентах различного состава с крупностью частиц < 5 мкм от температуры:

3.а – $TiO_{1.1}(OH)_{0.58}(HPO_4)_{0.61} \cdot 2.48H_2O$;

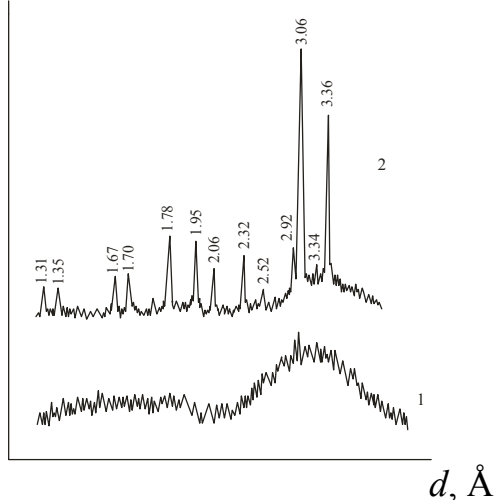
3.б – $TiO_{1.1}(OH)_{0.92}(HPO_4)_{0.44} \cdot 1.95H_2O$.

Таблица 4

Зависимость значений $lgK_{обм}(T)$ от ионного радиуса [10] при сорбции катионов РЗЭ из нитратных растворов на сорбенте состава $r_{0.1}(TiO)(OH)_{0.4}(HPO_4) \cdot 1.76H_2O$ с крупностью частиц < 5 мкм при различной температуре

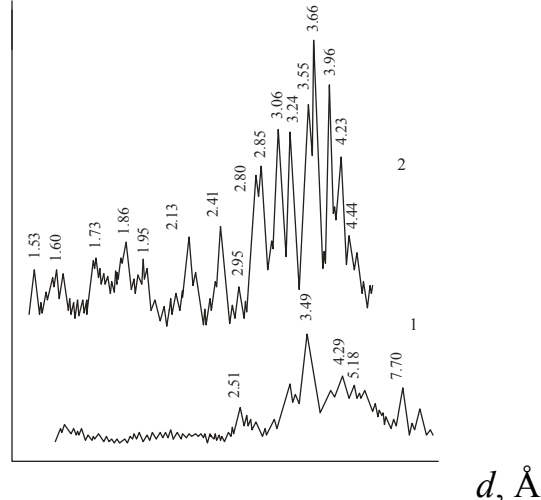
Элемент	Y^{3+}	Gd^{3+}	Eu^{3+}	Sm^{3+}	Nd^{3+}	Ce^{3+}
<i>ионный радиус, Å</i>	<u>0.880</u>	<u>0.938</u>	<u>0.950</u>	<u>0.964</u>	<u>0.995</u>	<u>1.034</u>
$-lgK_{обм}(T)(20^\circ C)$	1.51	1.45	1.40	1.34	1.22	1.16
$-lgK_{обм}(T)(50^\circ C)$	-	-	0.98	-	0.93	0.84

I, усл.ед.



4а

I, усл.ед.



4б

Рисунок 4. Дифрактограммы сорбентов составов:

4.а – $TiOHPO_4 \cdot 2.72H_2O$, насыщенного катионами Cs^+ до (1) и после (2) термообработки; 4.б – $Zr_{0.1}(TiO)(OH)_{0.4}(HPO_4) \cdot 1.76H_2O$, насыщенного катионами La^{3+} , Ce^{4+} , Y^{3+} , Yb^{3+} до (1) и после (2) термообработки

На растворах, моделирующих ЖРО, которые образуются при эксплуатации корабельных атомных энергетических установок и представляют собой «загрязненную» радионуклидами морскую воду, проведена апробация синтезированных фосфатотитановых сорбентов. В таблице 6 представлены результаты сорбционного извлечения катионов Cs^+ и Sr^{2+} из раствора, соответствующего составу морской воды [11], при различном значении pH.

Видно, что при pH=2 происходит эффективная сорбция катионов цезия при во много раз превосходящей концентрации более легких катионов натрия, в то время как катионы стронция практически не сорбируются. При pH=6 наблюдается одновременное извлечение цезия и стронция с близкими значениями коэффициентов распределения (K_d). При значении pH, равном 8, происходит практически полное извлечение стронция, в то время как извлечение цезия снижается.

Таблица 6

Сорбция цезия и стронция сорбентом состава $TiOHPO_4 \cdot 2.72H_2O$ при Ж:Т=100 в зависимости от pH из раствора состава, г·л⁻¹: Na^+ - 10.7; Cl^- - 19.35; K^+ - 0.42; Ca^{2+} - 0.41; Mg^{2+} - 1.35; Cs^+ - $0.85 \cdot 10^{-3}$; Sr^{2+} - $10 \cdot 10^{-3}$

pH сорбции	Остаточное содержание, мг·л ⁻¹		Извлечение, %		Кoeff. распределения, K_d , мл·г ⁻¹	
	Cs	Sr	Cs	Sr	Cs	Sr
2	0.10	9.80	88	–	750	–
6	0.21	2.29	75	77	300	340
8	0.41	0.27	52	97.3	107	3600

Сопоставив значения констант обмена сорбентов различного состава (табл. 3), можно ожидать, что при использовании модифицированных составов сорбентов степень извлечения катионов металлов из растворов будет существенно выше.

Таким образом, синтезированы фосфатотитановые иониты с улучшенными сорбционными характеристиками, обладающие повышенной химической стабильностью и обеспечивающие надежную иммобилизацию токсичного сорбата в течение длительного времени. В зависимости от режима использования (статический/динамический) сорбенты могут быть получены необходимой фракции.

Список литературы:

1. Ратько А.И., Панасюгин А.С. Сорбция ^{137}Cs и ^{90}Sr модифицированными сорбентами на основе клиноптилолита // Радиохимия. 1996. Т.8, №1. С. 66-68.
2. Баринов А.С., Ожован М.И., Соболев А.И., Ожован Н.В. Потенциальная опасность отвержденных радиоактивных отходов // Радиохимия. 1990. Т.32, №4. С. 127-131.
3. Вишняков Ю.М., Малышев С.П., Пчелинцев В.М., Хорошев В.Г.

Малогабаритная станция комплексной переработки жидких радиоактивных отходов. // Судостроение. 1999. № 3. С.44-48.

4. Кулюхин С.А., Красавина Е.П., Румер И.А., Климович И.В. Сорбция радионуклидов стронция и иттрия из водных растворов на слоистых двойных гидроксидах различного состава // Радиохимия. 2014. Т. 56, №6. С.506-517.

5. Эль-Ариан И.Ф., Эль-Саид Х., Абдель-Гаиль Э.А. Синтез и характеристика композиционного материала полианилин-вольфраматофосфат титана и его использование в аналитических целях для сорбции Cs^+ , Co^{2+} , Eu^{3+} // Радиохимия. 2014. Т. 56, №6. С. 524-530.

6. Иваненко В.И., Локшин Э.П., Корнейков Р.И., Аксенова С.В., Калинин В.Т. Зависимость ионообменных свойств сорбента на основе гидрофосфата оксотитана от состава // ЖПХ. 2008. Т.81, №. 5. С. 726-729.

7. Иваненко В.И., Локшин Э.П., Аксенова С.В., Корнейков Р.И., Калинин В.Т. Термодинамика гетерогенного катионного замещения на гидрофосфате титанила // ЖНХ. 2008. Т.53, № 4. С. 557-563

8. Иваненко В.И., Корнейков Р.И., Локшин Э.П. Имобилизация катионов металлов титанофосфатными сорбентами // Радиохимия. 2016. Т. 58, № 2 С. 140-146

9. Пат. 2401160 РФ, МПК В01J 20/02 (2006.01). Способ получения сорбента на основе фосфата титана / Иваненко В.И., Локшин Э.П., Корнейков Р.И., Калинин В.Т.; Ин-т химии и технологии редких элементов и минер. сырья Кол. науч. центра РАН. - № 2009127217/05; заявл. 14.07.09; опубл. 10.10.10, Бюл. № 28.

10. Рябчиков Д.И., Рябухин Д.И. Аналитическая химия элементов. Редкоземельные элементы и иттрий. М.: Наука, 1966. - 380с.

11. Хорн Р. Морская химия (структура воды и химия гидросферы) = Marine Chemistry (The structure of Water and the Chemistry of Hydrosphere). М: «Мир», 1972 (Науки о земле). 400с.

12. Чувелева Э.А., Харитонов О.В., Фирсова Л.А. Сорбция РЗЭ и ТПЭ на сильноокислотном сульфокатионите КУ-2 из азотнокислых сред // Радиохимия. 1994. Т. 36, №5. С. 410-413.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПОДЗЕМНОЙ
АТОМНОЙ СТАНЦИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ В ПРОГРАММНОМ
КОМПЛЕКСЕ ANSYS-FLUENT**

Цикал Анита Александровна

*Магистр кафедры физики, биологии и инженерных технологий филиала
Мурманского арктического государственного университета в г. Апатиты
E-mail: 89533072508@mail.ru*

Гусак Сергей Андреевич

*Кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией
Горного института Кольского научного центра РАН, г. Апатиты
E-mail: gusnat@goi.kolasc.net.ru*

Бирюков Валерий Валентинович

*Научный сотрудник Горного института
Кольского научного центра РАН, г. Апатиты
E-mail: birukov@goi.kolasc.net.ru*

**STUDY OF TEMPERATURE FIELD OF UNDERGROUND SMALL
NUCLEAR POWER PLANT IN THE ANSYS-FLUENT SOFTWARE**

Anita Tsikal

*Master of Department of physics, biology and engineering technology branch of
Murmansk Arctic State University in the Apatity*

Sergey Gusak

*Assistant professor, Candidate of Science (Eng.),
Head of laboratory of the Mining Institute of the KSC of the RAS, Apatity*

Valerij Biryukov

Senior researcher of the Mining Institute of the KSC of the RAS, Apatity

Аннотация: Целью данной работы является исследование температурного поля во вмещающей горной породе вблизи реакторного модуля подземной атомной станции малой мощности. Поставленная задача решается на основе численного моделирования нестационарного теплообмена с помощью программного комплекса ANSYS-FLUENT. Приведено описание геометрических параметров, материального состава, начальных и граничных условий модели. Представлены основные результаты расчетов, которые характеризуют пространственное распределение температур и скоростей в различных зонах модели.

Ключевые слова: теплообмен; программный комплекс ANSYS-FLUENT; подземные атомные станции.

Abstract: The aim of this work is to study the temperature field in the host rock close to the reactor module of the small underground nuclear power plant. The problem is solved on the basis of numerical simulation of unsteady heat transfer using the ANSYS-FLUENT software. The paper presents the geometrical parameters, material composition, initial and boundary conditions of the model. Main study results are reported which characterize the spatial distribution of temperatures and velocities in different zones of the model.

Keywords: heat transfer; ANSYS-FLUENT software; underground nuclear power plants.

В настоящее время атомные станции малой мощности (АСММ) рассматриваются в качестве альтернативного варианта энергоснабжения различных объектов в удаленных и труднодоступных регионах России. Подземное размещение АСММ позволяет повысить уровень безопасности и эффективность энергоисточника за счет размещения вблизи потребителей энергетической продукции [1]. Вместе с тем, очевидно, что эксплуатация подземной АСММ будет сопровождаться тепловым воздействием на вмещающие горные породы, которое может оказывать негативное влияние на устойчивость породного массива. Целью настоящей работы является исследование температурного поля во вмещающей горной породе вблизи реакторной выработки подземной АСММ на основе использования программного комплекса ANSYS-FLUENT.

Моделирование реакторного модуля подземной атомной станции малой мощности в программном комплексе ANSYS-FLUENT. Описание модели.

Следует отметить, что в рамках исследований, которые выполняются в Горном институте КНЦ РАН, проблеме обеспечения тепловой безопасности подземных АСММ уделяется большое внимание. В ряде опубликованных работ [2-4 и др.] представлены отдельные результаты исследований теплового воздействия подземных АСММ на многолетнемерзлые породы, которые выполнялись с использованием программного кода COMSOL. При этом в модельных представлениях рассматривался тепловой контакт реакторного модуля с вмещающей горной породой, который обуславливает теплопередачу за счет кондуктивного теплообмена. Настоящая работа является развитием упомянутых исследований и первым этапам освоения и применения нового программного продукта (ANSYS-FLUENT) для численного моделирования нестационарного процесса теплообмена при использовании встроенной воздушной полости между реакторным модулем и вмещающей горной породой. Такое модельное представление, которое описывается далее, позволяет расширить исследования по оценке эффективности как активных, так и пассивных способов управления тепловым режимом горных пород при эксплуатации подземных АСММ.

Модельное представление задачи, рассматриваемой в настоящей работе, схематично показано на рисунке 1. В этой модели внутренняя поверхность

стены реакторного модуля V2 толщиной 0,6 м и высотой 20,5 м имеет постоянную температуру 323,15 К (50 °С). Начальное тепловое состояние горной породы V7 (в нашем случае гранит, слой толщиной 6,15 м) характеризуется температурой 267,15 К (-6 °С).

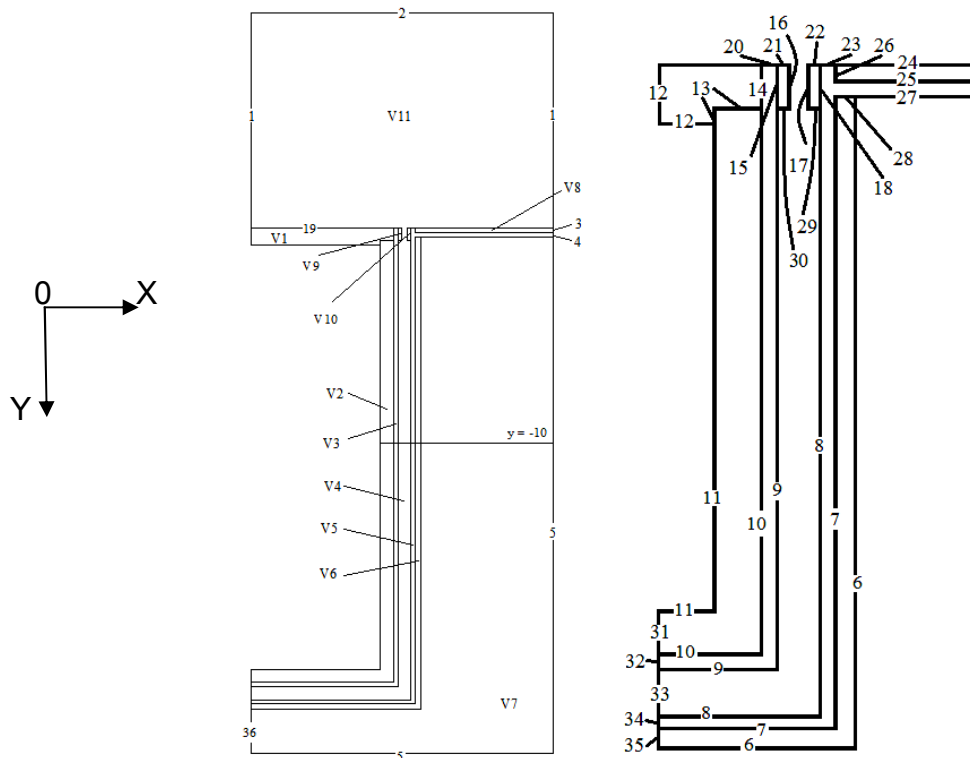


Рисунок 1. Модель реакторной выработки:

V1, V9, V10 – перекрытие реакторной выработки; V2 – стена реакторного модуля; V3 – железобетон; V4 – воздушный зазор; V5, V6, V8 – бетон, V7 – горная порода (гранит); V11 – обслуживаемое помещение реакторной выработки. Цифрами обозначены элементы моделирования, для которых будут заданы условия однозначности

Между стеной реакторного модуля и вмещающей породой имеется технологический канал V4 шириной 0,6 м с начальной температурой воздуха 293,15 К.

К стенкам канала примыкают слои материалов V3 и V5, которые моделируют теплозащитные экраны толщиной 0,2 м. Оценка эффективности таких экранов является предметом последующих исследований. В данной работе для этих слоев заданы свойства бетона или железобетона. Свойства теплоизоляционного материала имеет только плита V1, которая разделяет реакторный модуль и обслуживаемое помещение (V11) реакторной выработки. На контуре выработки имеется бетонная обделка (крепь) V6 толщиной 0,25 м.

Теплофизические свойства твердых материалов, которые остаются постоянными и не зависят от температуры, приведены в таблице 1.

Особенностью изучаемого нестационарного процесса отвода тепла от реакторного модуля во вмещающую горную породу является наличие свободной тепловой конвекции в технологическом канале, которая возникает в воздушной среде вследствие разности плотностей, обусловленной неоднородностью температурного поля. Эта особенность определяет необходимость задания температурной зависимости плотности и других теплофизических свойств воздуха. Данные, характеризующие зависимость теплофизических свойств воздуха от температуры в диапазоне от 0 °С до 100°С, приведены в таблице 2.

Таблица 1

Физические свойства твердых материалов

Название материала	Гранит	Бетон	Железобетон	Теплоизоляция
Обозначение (см. рис. 1)	V7	V2, V5, V6, V8, V9, V10	V3	V1
Плотность, кг/м ³	2700	2300	2600	900
Теплоемкость, Дж/(кг·К)	920	840	840	1380
Теплопроводность, Вт/(м·К)	2,21	1,51	1,7	0,023

Таблица 2

Теплофизические свойства воздуха при различных температурах [5]

t, °С	T, К	плотность ρ , кг/м ³	теплоемкость C , Дж/(кг·К)	теплопроводность λ , Вт/(м·К)	динамическая вязкость μ , 10 ⁶ Па·с
0	273,15	1,293	1005	0,0244	17,2
10	283,15	1,247	1005	0,0251	17,6
20	293,15	1,205	1005	0,0259	18,1
30	303,15	1,165	1005	0,0267	18,6
40	313,15	1,128	1005	0,0276	19,1
50	323,15	1,093	1005	0,0283	19,6
60	333,15	1,060	1005	0,0290	20,1
70	343,15	1,029	1009	0,0296	20,6
80	353,15	1,000	1009	0,0305	21,1
90	363,15	0,972	1009	0,0313	21,5
100	373,15	0,946	1009	0,0321	21,9

Как видно из таблицы 2, в указанном температурном диапазоне теплоемкость воздуха изменяется незначительно. В дальнейших расчетах принято постоянное значение теплоемкости воздуха в интервале 0-50 °С, равное 1005 Дж/(кг·К).

Для ввода параметров теплофизических свойств воздуха, зависящих от температуры, используется опция Polynomial, которая позволяет задать полиномиальную функцию от температуры с различными коэффициентами. Для определения этих функций в программе Excel построены графики зависимости величин теплофизических свойств от температуры и определены

линии тренда для каждого из свойств. В качестве примера, на рисунке 2 приведена линия тренда и соответствующее уравнение для температурной зависимости плотности воздуха.

Для оценки температурной зависимости других физических свойств воздуха получены следующие аппроксимации:

- теплопроводность $\lambda = 8 \cdot 10^{-5}T + 0,0035$ Вт/(м·К);
- динамическая вязкость $\mu = 5 \cdot 10^{-8}T + 4 \cdot 10^{-6}$ Па·с.

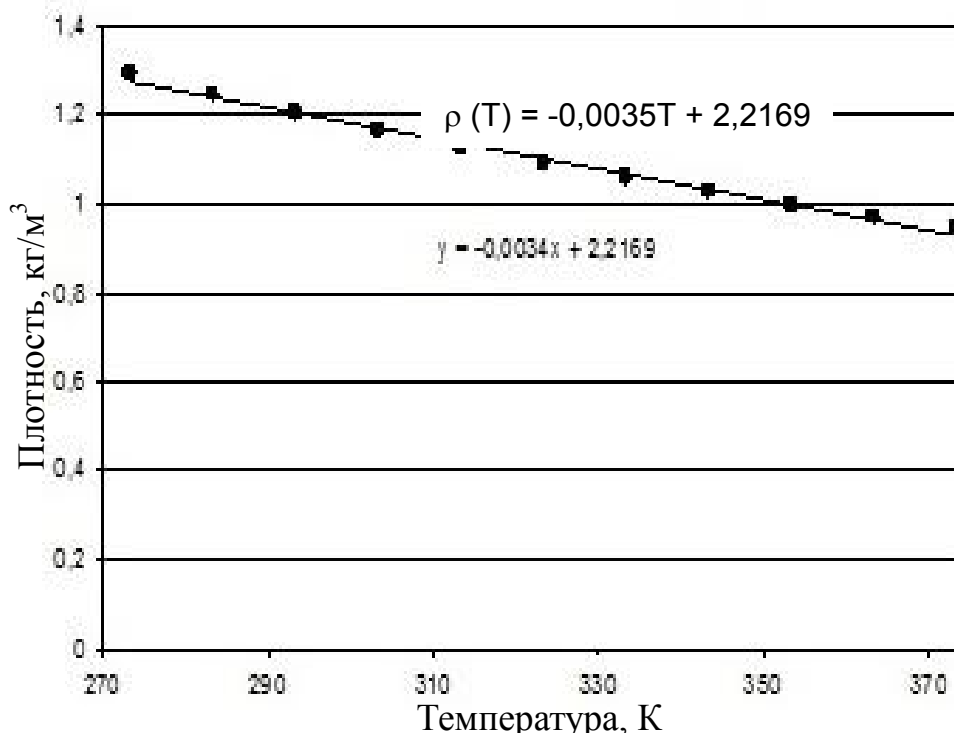


Рисунок 2. Зависимость плотности воздуха от температуры

Кроме геометрических параметров, материального состава, физических свойств материалов и начальных условий, для решения нестационарной тепловой задачи требуется задание граничных условий. Для модели, приведенной на рисунке 1, установлены следующие граничные условия: на поверхности 5 граничное условия первого рода – постоянная температура 267,15 К (-6 °С); на всех остальных внешних поверхностях граничное условие второго рода – тепловой поток $q=0$; на поверхностях 19, 20, 21, 22, 23, 24 граничное условие первого рода – постоянная температура 293,15 К (20 °С).

На основе описанной математической модели было выполнено численное моделирование нестационарного процесса теплообмена между реакторным модулем и вмещающей горной породой.

Основные результаты исследований представлены на рисунках 3-5.

Рисунки 3 и 4 иллюстрируют пространственное распределение температуры и скорости в момент времени 864000 с =10 сут. Как показали результаты расчетов, температурное поле в технологическом канале, которое характеризуется неравномерным нагревом воздуха как по высоте, так и по ширине канала, обуславливает формирование свободной тепловой конвекции,

которая, в свою очередь, определяет поле скоростей конвективного движения воздуха. В рассмотренный промежуток времени (10 суток) нагрев горной породы происходит за счет кондуктивного теплообмена между обделкой выработки (начальная температура 20 °С) и вмещающей породой, имеющей начальную температуру – 6 °С. На рисунке 5 приведены результаты расчетов, иллюстрирующих динамику изменения максимальной температуры горной породы на уровне середины высоты реакторного модуля.

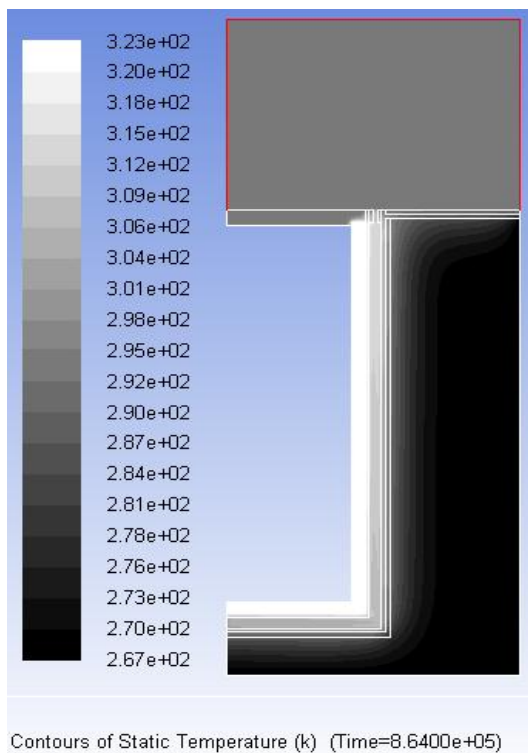


Рисунок 3. Распределение температуры в момент $t = 10$ сут.

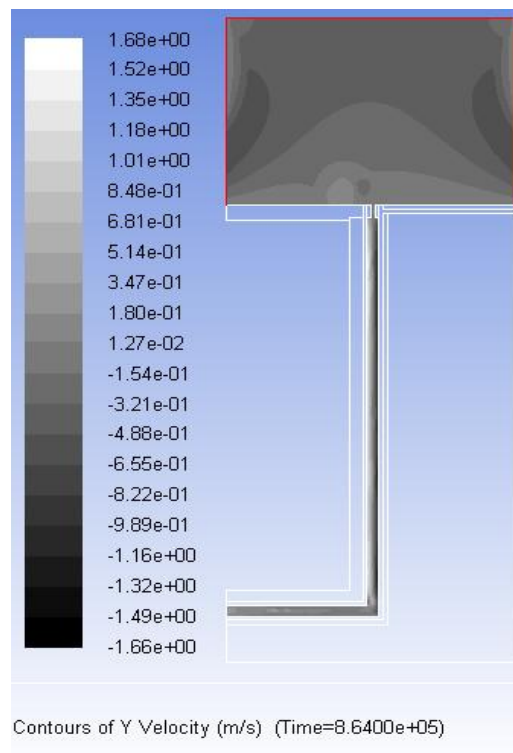


Рисунок 4. Распределение скорости относительно оси OY в момент $t = 10$ сут.

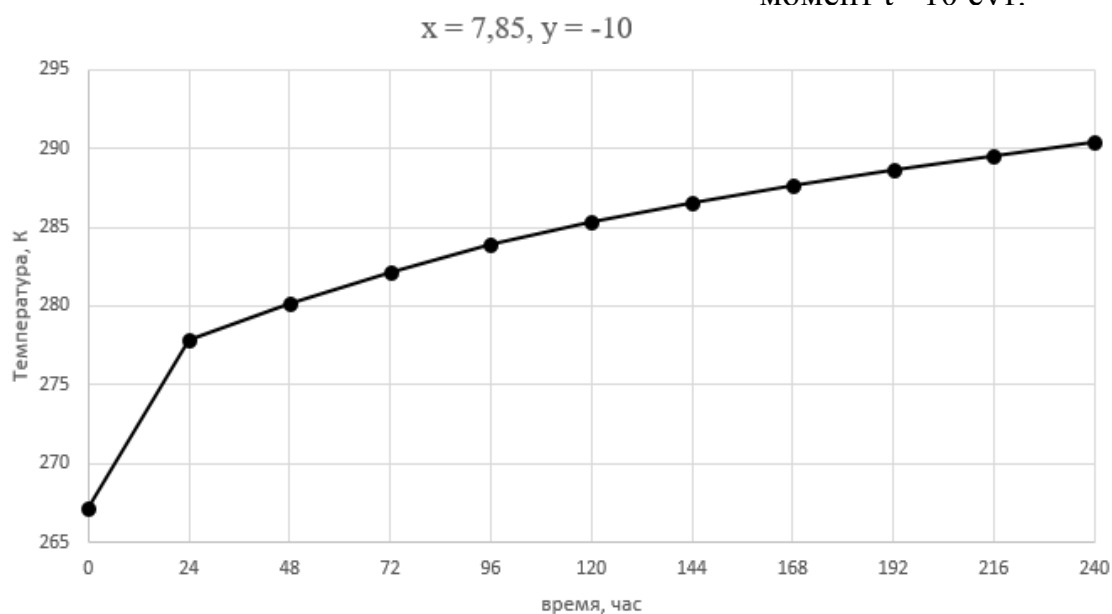


Рисунок 5. Динамика изменения максимальной температуры горной породы на уровне середины высоты реакторного модуля ($Y = -10$ м)

Очевидно, что увеличение продолжительности теплового воздействия реакторного модуля на вмещающий породный массив будет приводить к расширению области нагрева горной породы. В условиях многолетнемерзлых пород такой нагрев может приводить к их оттаиванию и оказывать негативное влияние на устойчивость вмещающего породного массива вследствие изменений в его напряженно-деформированном состоянии.

Постановка задачи по обеспечению безопасности подземных АСММ в условиях российской Арктики обуславливает целесообразность дальнейшего развития исследований по оценке теплового взаимодействия подземных комплексов АСММ и вмещающими горными породами на основе численного моделирования нестационарных тепловых процессов.

На этапе освоения теоретических и пользовательских основ программного комплекса ANSYS-FLUENT выполнена предварительная оценка теплового взаимодействия подземной реакторной выработки атомной станции малой мощности и вмещающей горной породы с учетом конвективного теплообмена во встроенной воздушной полости. Результаты расчетных исследований позволили сделать вывод об эффективности использования программного комплекса ANSYS-FLUENT для численного решения сопряженных тепловых задач, которые направлены на разработку и научное обоснование инженерно-технических решений для обеспечения тепловой безопасности при эксплуатации подземных комплексов АСММ.

Список литературы:

1. Мельников Н.Н. Исследование теплового состояния многолетнемерзлых горных пород на объекте подземной изоляции ОЯТ Билибинской АЭС / Н.Н. Мельников, П.В. Амосов, Н.В. Новожилова // Вестник Кольского научного центра РАН, 2015. – №1 (20). – С. 3-18.
2. Мельников, Н.Н. Использование атомных станций малой мощности для энергоснабжения арктических месторождений твердых полезных ископаемых / Н.Н. Мельников, С.А. Гусак, В.А. Наумов // Вестник КНИЦ РАН. – 2017. – №1(9). – С.66-77.
3. Оценка области оттаивания криолитозоны при эксплуатации подземной АСММ на базе численного моделирования в трехмерной геометрии / Н. Н. Мельников // Вестник МГТУ: Труды Мурманского государственного технического университета, 2016. – Т. 19, № 1/1, – С. 28-34.
4. Применение встроенных систем замораживания для обеспечения тепловой безопасности подземной атомной станции малой мощности (на базе численного моделирования) / Н.Н. Мельников и др. // Вестник Кольского научного центра РАН, 2015. – №3 (22). – С. 40-47.
5. Физические свойства воздуха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://thermalinfo.ru/>

**ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ
ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА (ОЯТ)**

Энс Наталья Валерьевна

*Магистр кафедры физики, биологии и инженерных технологий
филиала Мурманского арктического государственного университета
в г. Апатиты*

E-mail: ensnatalia@yandex.ru

Николаев Виктор Григорьевич

*Кандидат физико-математических наук, доцент,
заведующий кафедрой физики, биологии и инженерных технологий филиала
Мурманского арктического государственного университета
в г. Апатиты*

E-mail: nikolaev@arcticsu.ru

PROBLEMS OF UTILIZATION OF SPENT NUCLEAR FUEL

Natalia Ens

*Master of the Department of Physics, Biology and Engineering Technologies
Branch of the Murmansk Arctic State University in Apatity*

Viktor Nikolaev

*Candidate physical and mathematical of Science,
Head of Physics, Biology and Engineering Technologies department,
Apatity branch of MASU*

Аннотация: Актуальность данной работы обусловлена тем, что люди не научились надежно изолировать от окружающей среды радиоактивные отходы на весь срок, пока они остаются опасными. Приведены способы обращения с отработанным ядерным топливом. Сделаны выводы на основе анализа соляных шахт Германии.

Ключевые слова: отработанное ядерное топливо (ОЯТ); тепловое излучение; радиационный фон.

Abstract: The relevance of this work is that people have not learned to reliably isolate radioactive waste from the environment for the entire period while they remain dangerous. Methods of handling spent nuclear fuel are given. The conclusions are based on the analysis of the salt mines in Germany.

Keywords: Spent nuclear fuel, thermal radiation, background radiation.

В настоящее время в Мире работают 442 ядерных реактора (ЯР), которые потребляют 68000 тонн урана в год. Результатом их действия является выработка более 15 % всей генерируемой электроэнергии и достаточно большое

количество ОЯТ.

«ОЯТ – это чрезвычайно опасный, высокорadioактивный «коктейль», представляющий собой смесь большого числа осколочных элементов, различных изотопов урана, плутония, а также других трансураниевых элементов и продуктов их распада. Исходя из данных атомной отрасли, к 2022 году, когда срок эксплуатации большинства действующих реакторов закончится, общее количество ОЯТ в хранилищах превысит 450000 тысяч тонн» [1, с. 83].

Особо важной проблемой является обращение с радиационно опасными материалами (radioактивные отходы и отработавшее ядерное топливо). «Отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) обладает значительной мощностью остаточного тепловыделения. Повышенные температуры могут оказывать негативное влияние на свойства материалов защитных барьеров объектов изоляции» [2, с. 11]. В данной проблеме наиболее важной задачей является изучение теплового фактора.

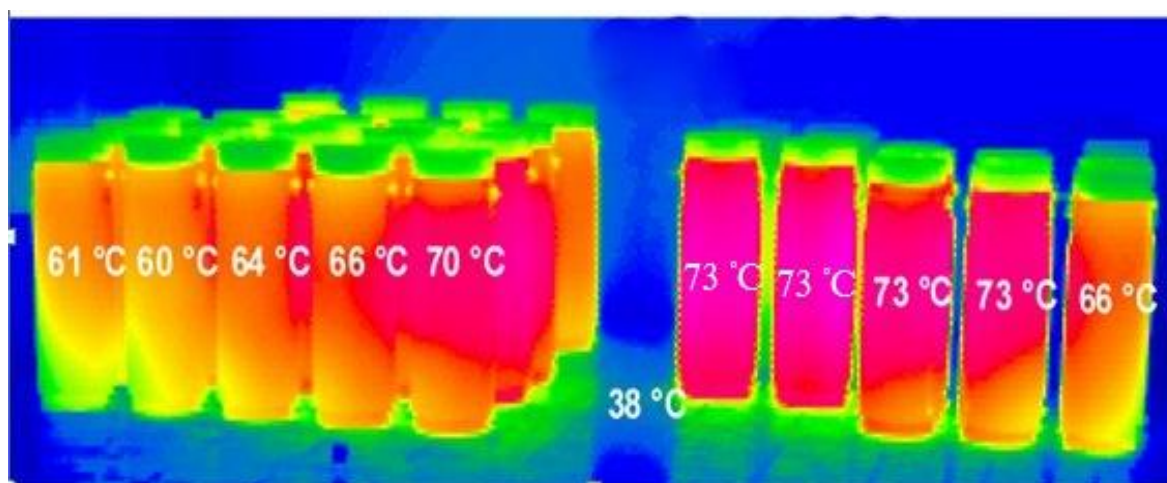


Рисунок 1. Тепловое излучение контейнеров «Castor»

Существующие в настоящее время технологии обращения с ОЯТ обеспечивают два наиболее оптимальных способа – переработка (регенерация) и долговременное захоронение в гранитных, либо в соляных массивах.

Первый способ обращения с ОЯТ связан с извлечением при переработке урана и плутония, которые в дальнейшем используются для приготовления свежего топлива, в том числе смешанного уран-плутониевого – МОХ-топлива. При регенерации образуется еще большее количество отходов, которые тоже надо где-то хранить. Этот способ доступен только странам с развитой инфраструктурой атомной отрасли (занимаются всего четыре страны в мире – Россия, Франция, Япония и Великобритания).

Второй способ обращения с ОЯТ связан с так называемым, «сухим» хранением. Наиболее перспективным местом для создания таких подземных хранилищ в Германии и США считались соляные массивы, которые в течение многих тысячелетий оставались неизменными и в которых ни при каких обстоятельствах (как считали специалисты) не могло быть воды, способной в течение времени приводить к коррозии контейнеров с ОЯТ.

Однако, авария на немецком хранилище Ассе-2, в котором хранилось более 180 тысяч бочек со средними и высокоактивными веществами, практически поставила крест на объектах такого типа. В 1988 году на южной стороне шахты обнаружено просачивание грунтовых солевых растворов. Течь оказалась значительной, около 12 000 литров в день и продолжается уже более 20 лет. Бочки с отходами из-за коррозии потеряли герметичность, они не были рассчитаны на контакт с водой. Под шахтой на глубине 975 метров образовалось подземное озеро из радиоактивного рассола.



Рисунок 2. Модель соляной шахты Ассе-2 в Германии с просачиванием вод

Выяснилось, что часть бочек складировали не по правилам, некоторые при разгрузке получили пробоины и закатились в сырые отсеки шахты.

Примером негативного отношения к соляным шахтам может служить решение немецких политиков о закрытии полностью подготовленного хранилища ОЯТ в Горлебене (Германия). На строительство этого хранилища уже потрачено более 1,2 миллиарда евро.

«В случае радиационно опасных объектов ядерного топливного цикла, необходимо говорить в первую очередь о радиэкологической безопасности, понимая под этим термином состояние защищенности граждан, животного и растительного мира, материальных ценностей от радиоактивного загрязнения окружающей среды, радиационных аварий и катастроф» [3, с. 9].

Результаты исследований

Создание подземных хранилищ в гранитах (Россия, Скандинавские страны), с одной стороны в разы более затратное, и в то же время в них не исключено попадание воды из подземных природных резервуаров.

Проведя исследования нескольких объектов изоляции РАО и ОЯТ можно прийти к выводу, что ни одно хранилище в настоящее время нельзя считать 100 % надежным.

Поэтому, обращает на себя внимание, предложенный в Германии способ так называемого «отложенного» решения данной проблемы.

Суть метода заключается в том, что ОЯТ, произведенный на АЭС должен оставаться на этой станции в транспортных контейнерах (CASTOR) в специально оборудованных помещениях (имеющих непосредственный контроль, как за температурным режимом контейнера, так и за нейтронным излучением) в течение 60-100 лет, фактически до момента окончательного, технологического решения использования этого ОЯТ. Этот вариант наиболее полно отвечает идее о нераспространении ОЯТ по всему Миру.



Рисунок 5. Модель контейнера CASTOR V/52

Контейнер представляет собой толстостенный (прибл. 450 мм) корпус из чугуна с шаровидным графитом. Этот материал характеризуется очень высокой прочностью и вязкостью. Пластиковые стержни на стенке корпуса используются в качестве нейтронного щита. Топливные элементы удерживаются в стойке из борсодержащей стали, нейтрон поглощающих материалов. Контейнер закрывается крышкой множественными системами. Она состоит из приблизительно 340 мм с толщиной основного покрытия и 130 мм толщиной вторичного покрытия изготовлены из специальной стали.

Таблица 1

Характеристики контейнера CASTOR HAW 28M

Высота, мм	6120
Внешний диаметр, мм	2480
Вес (без загрузки), т	≈ 100

Продолжение таблицы 1

Вес при макс. загрузке, т	114,3
Максимальное энерговыделение ОЯТ, ГВт-сут./тТМ	55
Максимальное тепловыделение, кВт	56
Емкость	20 или 28 канистр со стекловидным HLW; 28 x 1,6 кВт или 20 x 2 кВт

Таблица 2

Некоторые характеристики отдельных типов контейнеров CASTOR

Тип	Тип топлива	Кол-во ТВС	Емкость (т ТМ)	Масса (т)	Высота (мм)
440/84	ВВЭР-440	84	10.6	120	4080
W-1000	ВВЭР-1000	13	5.73	100	5505
РВМК	РВМК	102	11.2	72	4395
V/52	BWR	61	9.69	121	5451

Безопасность топливных элементов контейнеров была проверена с помощью следующих испытаний:

- падение с высоты 9 м на практически негибкий фундамент (бетонное основание 1000 т, покрытой 35 т тяжелые стальные плиты);
- огневые испытания при температуре более 800 °С в течение получаса;
- моделирование падения самолета путем бомбардировки с ракетой весом около 1 т на почти звуковой скорости и другие.

Выводы:

- ни одно хранилище, в настоящее время, нельзя считать 100 % надежным;
- человечество не научилось надежно изолировать от окружающей среды радиоактивные отходы на весь срок, пока они остаются опасными;
- ОЯТ должно оставаться на станции в транспортных контейнерах (CASTOR) в специально оборудованных помещениях.

Список литературы:

1. Вопросы тепломасообмена в проблеме подземной изоляции радиационно опасных материалов. Амосов П.В., Николаев В.Г. Апатиты, 2011.
2. Экологические аспекты безопасности подземных объектов изоляции радиационно опасных материалов. П.В. Амосов, А.В. Наумов, В.Г. Николаев, Н.В. Новожилова Апатиты, 2011.
3. Gewissenhalf t. Nachhaltig. Sicher. [Электронный ресурс]: [сайт]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://www.gns.de>

СОДЕРЖАНИЕ

ГОРНОЕ ДЕЛО, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Бекетова Е. Б.

Имитационное моделирование сейсмических сигналов для распознавания слабых сейсмических событий 3

Лыткин В. А.

Сравнительный анализ отечественного и зарубежного опыта поисковых работ на нефть и газ..... 12

Степанникова А. С., Никитин Р. М., Скороходов В. Ф.

Синергетический эффект при концентрировании загрязнений в многофазных средах сточных вод промышленных предприятий..... 25

ЭКОНОМИКА

Островская О. М., Иванова М. В.

Создание условий для подготовки кадров в сфере туризма в Арктическом регионе России..... 31

Серова Н. А.

О некоторых проблемах реализации экономических интересов России в Арктике..... 40

Серова Н. А., Серова В. А.

Малая авиация в регионах Арктической зоны РФ: проблемы и перспективы развития. 48

Чапаргина А. Н.

О трансформации сбережений населения в инвестиции: институциональный аспект... 55

ФИЗИКА, ХИМИЯ И БИОЛОГИЯ

Асминг С. В.

Методика определения потенциальной семенной продуктивности *Sanguisorba officinalis* L. (Rosaceae) в условиях травяных болот Мурманской области..... 62

Николаев В. Г., Цикал А. А.

Моделирование реакций, происходящих на поверхности электротермического атомизатора, с использованием программного комплекса ANSYS-FLUENT 68

НАУКА ГЛАЗАМИ МОЛОДЕЖИ

Булатов В. В.

Создание лабораторного стенда и компьютерной модели для исследования различных газов в энергосберегающих стеклопакетах..... 74

Власов Б. А., Павлишина Д. Н.

Оценка влияния люминесценции воздуха на результаты рентгенолюминесцентного разделения..... 81

Назарчук О. В.

Выбор программы расчета физических явлений для студентов, обучающихся по направлению «Техническая физика»..... 89

Осипов П. В.

Сопоставление режимов нейтрали сети 35 кВ с целью повышения электробезопасности для населения..... 96

Павленко Е. С.

Оценка лавинной опасности и риска для посетителей горнолыжного комплекса на западном склоне г. Айкуайвенчорр..... 102

Павлов А. О.	
Модернизация мазутонасосной путем отвода конденсата в дренажные баки 1-ой котельной.....	110
Сергиянский Е. В.	
Решение проблем соляной шахты ASSE-II.....	114
Спасюк С. Д., Корнейков Р. И.	
Изучение влияния температурных факторов на сорбционное извлечение токсичных катионов металлов модифицированными гидрофосфатами оксититана из высокосолевых растворов.....	119
Цикал А. А., Гусак С. А., Бирюков В. В.	
Исследование температурного поля подземной атомной станции малой мощности в программном комплексе ANSYS-FLUENT.....	127
Энс Н. В., Николаев В. Г.	
Проблемы утилизации отработанного ядерного топлива	134

Научное издание

БУДУЩЕЕ АРКТИКИ НАЧИНАЕТСЯ ЗДЕСЬ

Сборник материалов
I-ой Региональной научно-практической конференции
филиала МАГУ в г. Апатиты

Ответственный редактор Дяченко Н.Г.
Компьютерная верстка Лаврентьева Н.В.

Филиал МАГУ в г. Апатиты
184209, Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Лесная, д. 29
<http://www.arcticsu.ru/>