

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

PUBLISHING HOUSE «ACADEMY OF NATURAL HISTORY»

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • РЕФЕРАТИВНЫЙ ЖУРНАЛ № 2

SCIENTIFIC REVIEW • ABSTRACT JOURNAL 2018

Реферативный журнал Научное обозрение, зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий, и массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № ФС 77-61154

ISSN 2500-0802

*Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»,
почтовый адрес:
105037, г. Москва, а/я 47*

**Founder, publisher and edition:
РН «Academy of Natural History»,
post address:
105037, Moscow, p.o. box 47**

*Подписано в печать 09.10.2018
Дата выхода номера 09.11.2018
Формат 60×90 1/8*

*Типография
НИЦ «Академия Естествознания»,
410035, г. Саратов,
ул. Мамонтовой, д. 5*

**Signed in print 09.10.2018
Release date .09.11.2018
Format 60×90 8.1**

**Typography
SPC «Academy Of Natural History»
410035, Russia, Saratov,
5 Mamontovoi str.**

*Технический редактор Байгузова Л.М.
Корректор Андреев А.М.*

*Тираж 1000 экз.
Распространение по свободной цене
Усл. печ. л. 7
Заказ НО 2018/2*

Журнал «НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ» выходил с 1894 по 1903 год в издательстве П.П. Сойкина. Главным редактором журнала был Михаил Михайлович Филиппов. В журнале публиковались работы Ленина, Плеханова, Циолковского, Менделеева, Бехтерева, Лесгафта и др.

Journal «Scientific Review» published from 1894 to 1903. P.P. Soykin was the publisher. Mikhail Filippov was the Editor in Chief. The journal published works of Lenin, Plekhanov, Tsiolkovsky, Mendeleev, Bekhterev, Lesgaft etc.



М.М. Филиппов (M.M. Philippov)

С 2014 года издание журнала возобновлено
Академией Естествознания

**From 2014 edition of the journal resumed
by Academy of Natural History**

Главный редактор: М.Ю. Ледванов
Editor in Chief: M.Yu. Ledvanov

Редакционная коллегия (Editorial Board)

А.Н. Курзанов (A.N. Kurzanov)

Н.Ю. Стукова (N.Yu. Stukova)

М.Н. Бизенкова (M.N. Bizenkova)

Н.Е. Старчикова (N.E. Starchikova)

Т.В. Шнуровозова (T.V. Shnurovozova)

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • РЕФЕРАТИВНЫЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC REVIEW • ABSTRACT JOURNAL

www.science-education.ru

2018 г.



***В журнале представлены научные обзоры,
литературные обзоры диссертаций, статьи
проблемного и научно-практического характера***

The issue contains scientific reviews, literary dissertation reviews,
problem and practical scientific articles

СОДЕРЖАНИЕ

Биологические науки

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ И ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА БИОКОРРОЗИЮ МЕТАЛЛОВ <i>Джамалова Г.А., Ерназарова А.К., Мусина У.Ш., Сертай С.А., Сериков Т.А.</i>	5
---	---

ОБЗОР СПОСОБОВ БИОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ <i>Тоганбай А.Н., Сарсенбаев С.О., Мусина У.Ш., Джамалова Г.А.</i>	16
---	----

Географические науки

ВОДООБМЕН В МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ УЧАСТКАХ ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА <i>Китаев А.Б.</i>	28
---	----

ПОСЛЕДСТВИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ НА МАЛЫХ РЕКАХ <i>Ларченко О.В., Морозова Г.В.</i>	35
--	----

Филологические науки

АНГЛОЯЗЫЧНЫЕ ЗАИМСТВОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ КИТАЙСКОМ ЯЗЫКЕ <i>Шафеева В.Е., Гуралева Т.Л.</i>	44
--	----

Философские науки

ПРОБЛЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В СОВРЕМЕННОМ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ <i>Папченко Е.В.</i>	50
--	----

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ

<i>ПЕТЕЛЬКО АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ</i>	54
-----------------------------------	----

CONTENTS

Biological sciences

ANALYSIS OF CONDITIONS AND FACTORS INFLUENCING BIOCORROSIVE OF METALS

Jamalova G.A., Ernazarova A.K., Mussina U.Sh., Sertai S.A., Serikov T.A. 5

REVIEW OF METHODS OF BIOREMEDIATION OF OIL-CONTAMINATED SOILS OF KAZAKHSTAN

Toganbay A.N., Mussina U.Sh., Sarsenbaev S.O., Jamalova G.A. 16

Geographical sciences

WATER EXCHANGE IN MORPHOMETRIC SITES OF VOTKINSK WATER RESERVOIR

Kitaev A.B. 28

CONSEQUENCES OF ANTHROPOGENOUS INFLUENCE ON RIVER BED PROCESSES ON THE SMALL RIVERS

Larchenko O.V., Morozova G.V. 35

Philological sciences

ENGLISH LOANWORDS IN CONTEMPORARY CHINESE LANGUAGE

Shafeeva V.E., Guruleva T.L. 44

Philosophical sciences

HUMAN PROBLEMS IN THE MODERN INFORMATION AND COMMUNICATION SPACE

Papchenko E.V. 50

УДК 620.193:661.8

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ И ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА БИОКОРРОЗИЮ МЕТАЛЛОВ

^{1,2}Джамалова Г.А., ³Ерназарова А.К., ²Мусина У.Ш., ¹Сертай С.А., ¹Сериков Т.А.

¹*Satbaev University, Алматы, e-mail: j.ga@bk.ru;*

²*ТОО «Научно-диагностический центр А-ExpertGroup», Алматы;*

³*НИИ проблем экологии КазНУ имени аль-Фараби, Алматы*

Одной из актуальных проблем промышленной безопасности является проблема коррозии металлов и металлических конструкций. По оценкам специалистов экономические потери от коррозии составляют 2-5% валового национального продукта, а потери металла, включающие массу вышедших из строя металлических изделий и конструкций, составляют от 10 до 20% годового производства стали. В этой связи обзор научной литературы о процессе биокоррозии и основных факторах, характерных для биокоррозии, а также о технических средствах для защиты от биокоррозии позволит расширить знания в области биокоррозии и методах борьбы с ней. Цель: анализ условий и факторов, влияющих на биокоррозию металлов. Направление научного исследования: биокоррозия металлов. Идея научного теоретического исследования состоит в раскрытии эколого-биологических и технологических закономерностей биокоррозионного процесса в причинно-временной зависимости. Краткое описание научной и практической значимости работы: рассмотрение биокоррозионного процесса в аспекте сложной мозаики «конфликтных» взаимоотношений микроорганизмов и металлических конструкций в условиях окружающей среды (грунта, воды, воздуха) могут подсказать пути, с одной стороны, в создании усовершенствованной классификации биокоррозионных явлений, с другой – к поиску новых способов защиты от биокоррозии. Объект и методология исследования: Объектом исследования послужил биокоррозионный процесс в наземных, почвенных и водных средах. Теоретические исследования были проведены согласно ГОСТ [8] и методическим рекомендациям, изложенным в учебном пособии Шкляр М.Ф. [24]. Основные результаты, анализ и выводы исследовательской работы. Технологически установлено, что металлоконструкции работают в агрессивных средах (до 40-50%), в слабо агрессивных (до 30%) и примерно 10% не требуют активной антикоррозионной защиты. Наибольшие потери от коррозии приходятся на топливно-энергетический комплекс, химию и нефтехимию, сельское хозяйство. Классификация коррозионных процессов определяется: 1) механизмом процесса; 2) видом агрессивных сред; 3) условиями протекания коррозионного процесса; 4) характером изменения металла или сплава. Агентами биокоррозии металлоконструкций, в основном, являются грибы родов *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, сульфатвосстанавливающие бактерии родов *Desulfovibrio*, тионовые бактерии рода *Thiobacillus*, железобактерии рода *Gallionella*. Биокоррозия возникает за счет выделения агрессивных метаболитов (аммиак, органические кислоты, сероводород и др.). Ценность проведенного исследования. Полученные сведения позволяют при дополнительных экспериментальных исследованиях выработать технологические приемы на снижение аварийности и повышение безопасности эксплуатации металлических конструкций путём совершенствования методов борьбы с биокоррозией. Практическое значение итогов работы: получение общего научного представления о поведении биокоррозионного процесса в различных природных средах и технологических условиях позволит найти оптимальные решения в способах защиты металлических конструкций.

Ключевые слова: биокоррозия, биоагенты, металл, железо, сплавы

ANALYSIS OF CONDITIONS AND FACTORS INFLUENCING BIOCORROSIVE OF METALS

^{1,2}Jamalova G.A., ³Ernazarova A.K., ²Mussina U.Sh., ¹Sertai S.A., ¹Serikov T.A.

¹*Satbaev University, Almaty, e-mail: j.ga@bk.ru;*

²*LLP «Scientific and diagnostic Centre A-ExpertGroup», Almaty;*

³*Research Institute of Environmental Problems Al-Farabi KazNU, Almaty*

One of the most urgent problems of industrial safety is the problem of corrosion of metals and metal structures. According to experts, economic losses from corrosion make up 2-5% of the gross national product, and metal losses, including the mass of failed metal products and structures, constitute 10-20% of annual steel production. In this regard, a review of the scientific literature on the process of biocorrosion and the main factors characteristic of biocorrosion, as well as technical means for protection against biocorrosion, will expand knowledge in the field of biocorrosion and methods of combating it. Purpose: analysis of conditions and factors affecting the biocorrosion of metals. The direction of scientific research: the biocorrosion of metals. The idea of a scientific theoretical research consists in revealing the ecological-biological and technological regularities of the biocorrosive process in the causal-temporal relationship. Brief description of the scientific and practical significance of the work: consideration of the biocorrosive process in the aspect of the complex mosaic of «conflict» relationships between microorganisms and metal structures in environmental conditions (soil, water, air) may suggest ways on the one hand to create an improved classification of biocorrosion phenomena, with the other – to find new ways to protect against biocorrosion. Object and methodology of the study: The object of the study was the biocorrosive process in terrestrial, soil and water environments. Theoretical studies were conducted in accordance with GOST 7.32-2001 and methodical recommendations, set out in the training manual Shklyar M.F. (2017). Main results and analysis, conclusions of research work. Technologically, it is established that metal structures work in aggressive environments (up to 40-50%), in slightly aggressive (up to 30%) and about 10% do not require active corrosion protection. The greatest losses from corrosion are in the fuel and energy complex, chemistry and petrochemistry, and agriculture. Classification of corrosion processes is determined by: 1) the mechanism of the process; 2) a kind of aggressive media; 3) the conditions of the corrosion process; 4) the nature of the change in the metal or alloy. Agents for the biocorrosion of metal structures are mainly mushrooms of the genera *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, sulfate-reducing bacteria of the genera *Desulfovibrio*, thiobacteria of the genus *Thiobacillus*, and *Gallionella* genus bacteria. Biocorrosion occurs due to the release of aggressive metabolites (ammonia, organic acids, hydrogen sulphide, etc.). The value of the research. The obtained information allows, with additional experimental studies, to develop technological methods for reducing the accident rate and increasing the safety of operation of metal structures by improving the methods for combating biocorrosion. Practical significance of the results of the work: obtaining a common scientific understanding of the behavior of the biocorrosive process in various natural environments and technological conditions will allow finding optimal solutions in the ways of protecting metal structures.

Keywords: biocorrosion, bioagents, metal, iron, alloys

Всесторонний анализ биоповреждений и создание эколого-технологических основ защиты от биокоррозии на основе обобщения прикладных опытов и результатов фундаментальных исследований актуально, т.к. убытки, причиняемые коррозией металлов огромны.

Основные аспекты ущерба от коррозии металлов [3, 4, 10, 42, 43].

1) экономический аспект проблемы проявляется в непрерывном росте ущерба во времени: например, в США убытки от коррозии в 60-х годах прошлого столетия было на уровне 6–10, в 70-х – более 15, в 80-х – уже 50–82 и в 2004 – 303 млрд. долл. в год, т.е. примерно 3,1 – 4,0% от ВВП;

2) социальный аспект проблемы не поддается оценкам в стоимостном выражении, но значительна, т.к. проявляются в ущербе памятников культуры, гибели пассажиров и экипажей космических, воздушных и морских лайнеров из-за биоповреждений;

3) экологический аспект проблемы проявляется во взаимоотношениях человека с окружающей средой: в процессе своей жизнедеятельности человек оснащает биосферу новыми изделиями и конструкциями, одни из них биосфера отторгает и разрушает, другие – вовлекает в искусственные и естественные биоценозы.

В дополнение к вышеизложенному следует отметить, что истинные убытки от коррозии складываются из прямых (стоимость разрушившейся конструкции, замены оборудования, затраты на мероприятия по защите от коррозии) и косвенных (простой оборудования при замене прокорродировавших деталей и узлов, утечка продуктов, нарушение технологических процессов) потерь [23, 22, 50].

Цель: анализ условий и факторов, влияющих на биокоррозию металлов.

Идея научного теоретического исследования состоит в раскрытии эколого-биологических и технологических закономерностей биокоррозионного процесса в причинно-временной зависимости.

Научная и теоретическая значимость работы: рассмотрение биокоррозионного процесса в аспекте сложной мозаики «конфликтных» взаимоотношений микроорганизмов и металлических конструкций в условиях окружающей среды (грунта, воды, воздуха) могут подсказать пути, с одной стороны, в создании усовершенствованной классификации биокоррозионных явлений, с другой – к поиску новых способов защиты от биокоррозии.

Материалы и методы исследования

Объект исследования: биокоррозионный процесс в наземных, почвенных и водных средах.

Методика исследования. Теоретические исследования были проведены согласно методике, изложенной в ГОСТ [8] и методическим рекомендациям, изложенных в учебном пособии Шкляр М.Ф. [24].

Результаты исследования и их обсуждение

Разрушение металлов и сплавов в результате химического и электрохимического взаимодействия с окружающей средой называют коррозией [16, 20, 68, 69]. В общем случае это разрушение любого материала, будь то металл или керамика, дерево или полимер.

Среда, вызывающая коррозию, является коррозионной (агрессивной). Продуктом коррозии является металл, перешедший в окисленное состояние [1, 41]. Процесс коррозии зависит от факторов внутренних (влияние на вид и скорость коррозии природы металла) и внешних (влияние состава коррозионной среды и условий протекания коррозионного процесса) [16, 37, 56].

Более всего подвержены коррозии чистые металлы. Сплавы, пластики и прочие материалы в этом отношении характеризуются термином «старение». Вместо термина «коррозия» также часто применяют термин «ржавление» [44, 49].

Коррозионный фактор зависит от природы металла. Известны различные классификации коррозии в зависимости от окружающей среды, от условий использования коррозирующих материалов (постоянный или переменный контакт; находятся ли они под напряжением; контактируют ли с другой средой) и от множества других факторов [43, 47].

Почти все металлы, приходят в соприкосновение с окружающей их газообразной или жидкой средой, более или менее быстро подвергаются с поверхности разрушению. Причиной его является химическое взаимодействие металлов с находящимися в воздухе газами, а также с водой и растворенными в ней веществами [20, 46].

Из литературных источников [1, 16, 20, 29, 55, 56] известно, что классификация коррозионных процессов определяется: 1) механизмом процесса; 2) видом агрессивных сред; 3) условиями протекания коррозионного процесса; 4) характером изменения металла или сплава.

В первом случае различают: *химический* коррозионный процесс (процессы окисления металла и восстановления окислительного компонента среды протекают синхронно). Если поверхность металла соприкасается с коррозионно-активной средой, и при этом нет электрохимических

процессов, то имеет место химическая коррозия. Например, образование окалина при взаимодействии металлов с кислородом при высоких температурах; *электрохимический* коррозионный процесс (ионизация атомов металла и восстановление окислительного компонента среды протекают не в одном акте и их скорости зависят от электродного потенциала). Корродировать могут два различных металла, соединенных между собой, если на их стык попадет, например, конденсат из воздуха. У разных металлов различные окислительно-восстановительные потенциалы и на стыке металлов образуется фактически гальванический элемент. При этом металл с более низким потенциалом начинает растворяться, в данном случае, корродировать. Это проявляется на сварочных швах, вокруг заклепок и болтов. Для защиты от такого вида коррозии применяют, например, оцинковку. В паре металл-цинк корродировать должен цинк, но при коррозии у цинка образуется оксидная пленка, которая сильно замедляет процесс коррозии.

Во втором случае – по типу агрессивных сред, в которых протекает процесс разрушения, коррозию различают: *газовую* (в газовой среде при влажности 0,1 %); *атмосферную* (в атмосфере воздуха или любого влажного газа); *подземную* (в почвах, грунтах); *биокоррозионную* (под влиянием жизнедеятельности микроорганизмов); *контактную* (при контакте металлов с разными стационарными потенциалами в данном электролите: коррозия в неэлектролитах; коррозия в электролитах); *радиационную* (под действием радиоактивного излучения); *под током* (возникает под воздействием тока от внешнего источника или коррозия под воздействием блуждающих токов) и *напряжением* (под одновременным воздействием коррозионной среды и механических напряжений); *кавитацию* (под одновременным коррозионным и ударным воздействием внешней среды) и *фреттинг* (под одновременным коррозионным и вибрационным воздействием внешней среды) *коррозию*.

В третьем случае – по условиям протекания различают следующие виды коррозионного процесса: *сплошной* (охватывается коррозией вся поверхность металла); *структурно-избирательный* (разрушается одна структурная составляющая или один компонент сплава); *локальный* (отдельные участки поверхности металла: питтинг, т.е. точки и «язвы» глубоко проникают в металл, пятна – не сильно углубляются в толщу металла); *поверхностный* (распространяется в глубине и приводит к расслоению ме-

таллоконструкций); *межкристаллический* (неэлектрохимическое межкристаллическое локальное разрушение по границам зерен металла; процесс быстротечный с продвижением в глубь) и *целевой* (разрушение под прокладками, в зазорах, резьбовых креплениях) коррозионный процесс [16, 18, 20, 53, 54, 56, 58].

Часто к коррозионным процессам третьего типа относят: контактную коррозию; коррозию при неполном погружении; коррозию при полном погружении; коррозию при переменном погружении; коррозию при трении; коррозию под напряжением.

В четвертом случае – по характеру разрушения различают: сплошную коррозию, охватывающую всю поверхность: равномерную; неравномерную; избирательную; локальную (местная) коррозию, охватывающую отдельные участки: пятнами; язвенную; точечную (или питтинг); сквозную; межкристаллитную (расслаивающая в деформированных заготовках и ножевая в сварных соединениях) [40, 58].

В работе Stricher M. (1974) [58] отмечено, что металл (на примере стали в морской воде) корродирует со скоростью 0,13 мм/год или 2,5 г/(м²·сут). Сокол И.Я. и др. (1989) [18] обратили внимание на то, что при питтинге железо корродирует в почве с образованием мелких язв, нержавеющей сталь в морской воде и при быстром потоке жидкости – глубоких язв, растрескивание металлоконструкций происходит в агрессивной коррозионной среде при постоянном растягивающем напряжении, при этом на долю последних приходится 20-40 % всех коррозионных разрушений в энергетике, химической и нефтехимической отраслях промышленности.

Технологически установлено, что металлоконструкции работают в агрессивных средах (до 40-50 %), в слабо агрессивных (до 30 %) и примерно 10 % не требуют активной антикоррозионной защиты. Наибольшие потери от коррозии приходятся на топливно-энергетический комплекс, химию и нефтехимию, сельское хозяйство [16; 28].

На коррозионные исследования влияют *ресурсосберегающие* (сохранность металлического фонда), *технологические* (повышение надежности металлоконструкций) и *экономические* (снижение затрат на возмещение потерь) факторы. Подсчитано, что ежегодно 20-25 млн. т. металла теряется безвозвратно вследствие коррозии [5], при этом общая сумма коррозионных потерь в мире составляет примерно 2-5 % валового национального продукта [17].

Главным рабочим металлом является железо и его сплавы. Механизм образова-

ния коррозии [25, 51]: на полированной поверхности малоуглеродистой стали при обычных температурах в чистом сухом воздухе возникает оксидная тонкая защитная пленка, но в присутствии в воздухе, воде и почве электролитов разрушается:

Анодная реакция: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$; Катодная в деаэрированных растворах: $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$.

Катодная реакция быстро протекает в кислотах; медленно – в щелочных и нейтральных растворах, а в присутствии кислорода в них идет реакция: $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$. При взаимодействии ионов OH^- и Fe^{2+} образуется гидрат закиси железа: $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$. Последний окисляется до простой формы ржавчины – гидрата окиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Окончательный продукт – бурая ржавчина $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ имеет целый ряд модификаций.

В анаэробных условиях в присутствии сульфатовосстанавливающих бактерий почвы и воды (*Desulphovibrio desulphuricans*) анодная реакция остается без изменения, тогда как катодная проходит сложнее и приводит она к восстановлению неорганических сульфатов до сульфидов и образованию ржавчины и сульфида железа (FeS).

В табл. 1 представлена зависимость коррозионных свойств сплавов на основе железа.

В дополнение к табл. 1 следует отметить, что коррозия незащищенной поверхности стали в атмосфере, определяется влажностью (70-80% является критической) и степенью загрязненности воздуха двуокисью серы (например, в промышленных зонах), хлоридами (например, вблизи морского побережья коррозия может протекать и при 40% влажности) и солями аммония. Скорость протекания коррозионного процесса находится, по оценкам разных авторов [25, 39, 50], в интервале 0,005-0,950 мм/год.

Коррозия стали в водных средах обусловлена такими факторами, как состав стали и состояние ее поверхности (сварочное железо более стойка, чем малоуглеродистая сталь; для повышения стойкости стали в водных средах рекомендуют вводить более 3% легирующих добавок, например, хрома; скорость коррозии сварных швов

на ледоколах может достигать в морской воде 10 мм/год), свойства воды (природа воды, количество растворенных твердых веществ: хлориды и сульфаты усиливают процесс электрохимической коррозии; pH: кислая среда более агрессивна, менее щелочная, но в щелочной образуется питтинг; жесткость: жесткие водные среды менее агрессивны; содержание двуокиси углерода, которая влияет на кислотность воды и на образование защитной карбонатной окарины, и кислорода, критическая концентрация последнего 12 моль/л; наличие органических веществ: торф, делая воду кислой, усиливает коррозию; сульфатовосстанавливающие бактерии корродируют металл, дополнительно процесс усиливают в морской воде ракушки вследствие обрастания судна, в пресной – водоросли), условия эксплуатации (температура: при повышении скорости коррозионного процесса увеличивается; скорость потока: в морской воде из-за высокой концентрации хлоридов скорость коррозии возрастает с увеличением скорости потока, в среднем 0,12-0,83 мм/год; особенности конструкции; блуждающие токи) [12, 14, 15, 19, 25, 26, 39, 52, 56].

Коррозия стали в почве зависит от условий эксплуатации (сильные коррозионные процессы происходят в местах выхода тока из металла, это происходит либо, когда трубопроводы проходят по участкам с различными грунтами, что приводит к образованию коррозионных токов дифференциальной аэрации, либо по трубопроводу протекают блуждающие токи от близлежащих электрических коммуникаций), состава металла (подземная коррозия имеет, в основном, электрохимический характер и протекает со скоростью, в среднем 0,035-0,050 мм/год; питтинговая коррозия 0,25-30 мм/год), вид почвы (сухие песчаные или известковые почвы с высоким электросопротивлением наименее, глинистые и сильно соленые почвы наиболее агрессивны) [2, 9, 25, 31, 56].

Коррозия цветных металлов и сплавов. Вследствие коррозии ежегодно разрушается такое количество стали, которое приблизительно равно $\frac{1}{4}$ всей мировой выработки [9, 13, 20, 48].

Таблица 1
Зависимость коррозионных свойств от состава металла: сплавы на основе железа [25]

Легко поддаются коррозии	Поддаются коррозии	Не поддаются коррозии
Обычные чугуны, стали без легирующих добавок, сварочное железо	Низколегированные стали (содержат 2-3% Cu, Cr, Ni)	Нержавеющие стали с высоким содержанием легирующих добавок (18% Cr, 8% Ni, 3% Mo)

Высокая коррозионная стойкость алюминия и алюминиевых сплавов обеспечивается образованием на металле в считанные секунды защитной окисной пленки толщиной примерно 10 Å, дальнейшее увеличение толщины зависит от окружающей среды: ускоряется при повышении температуры и влажности. Коррозия алюминия чаще всего проявляется в некоторых нейтральных растворах в виде электрохимического питтинга на различных дефектах и далее распространяется вследствие того, что внутри питтинга раствор окисляется. Для алюминия, растворы, содержащие хлориды, да еще с действием локальных гальванических ячеек, агрессивны. Межкристаллическая электрохимическая коррозия вызывается какой-либо неоднородностью структуры сплава, вызванной легирующими добавками или малыми количествами примесей. Например, в сплавах Al-Cu, если не были соблюдены правильная технология производства и не был выбран правильный режим термообработки, то на границах зерен частиц CuAl_2 соседние области твердого раствора становятся анодными и, следовательно, склонными к коррозии. Для высокопрочных сплавов системы Al-Zn-Mg-Cu и Al-Mg (деформируемых и литейных) с повышенным Mg-содержанием характерна межкристаллическая коррозия под напряжением. В материалах с волокнистой структурой медьсодержащих сплавов, образованные под прокаткой или прессованием, могут возникнуть частично разделенные слои, которые и представляют собой одну из форм коррозионного растрескивания. Такие легирующие элементы и примеси, как Cu повышают чувствительность к межкристаллической и общей коррозии (Cu-содержащие алюминиевые сплавы менее коррозионностойкие). Но сплав Al-Zn-Cu имеет повышенную стойкость к коррозии под напряжением. Mg-содержащие (до 5%) алюминиевые сплавы коррозионностойки в морской воде. При контакте Al с другими металлами между ними может возникнуть разность потенциала и ток, приводящие к контактной коррозии, например, в морских водах контакты меди с латунью и бронзой, в воде свинца и алюминия ускоряет коррозию алюминия. Также для алюминия неблагоприятен контакт со ртутью и всеми драгоценными металлами [6, 20, 28, 56].

Агрессивными для алюминия являются морские среды и промышленные атмосферы с большим количеством кислых газов, например, с двуокисью серы, хлориды и кислые сульфаты совместно с сыростью скорость коррозии усиливают, образуя очень объемные и рыхлые продукты коррозии [6, 7, 56].

В жесткой воде концентрация 0,02 мг/л Cu приводит к питтинговой коррозии алюминия [6, 7, 56].

Коррозия в почве определяется влажностью, способной вымывать растворимые составляющие. Агрессивными по отношению к алюминиевому сплаву является насыпной грунт, содержащий шлак. В растворах солей тяжелых металлов (серебро, медь, золото) на поверхности металла образуется контактная коррозия [6, 7, 11, 56].

Медь и медные сплавы подвержены селективным формам коррозии (наименее стойки коррозии латуни: обесцинкование или сезонное растрескивание, ударная коррозия в мягкой воде с быстрым потоком и большим содержанием свободной двуокиси углерода, хлоридов и сульфатов, питтинг в скважинах с холодной водой, в медных водяных цилиндрах). Торф (рН 2,6), шлак (рН 7,6) и болотистый грунт в зоне прилива (рН 6,9) являются наиболее агрессивными для медных сплавов [6, 7, 47, 56].

Свинец и свинцовые сплавы берегут от контакта с дистиллированной водой. Хотя в них коррозия свинца невелика, но ее скорость возрастает в присутствии кислорода, двуокиси углерода. Дождевая вода способна растворять свинец. Застойные воды, содержащие нитраты, двуокись углерода также вызывают коррозию свинца. Подземные металлические конструкции являются причиной повреждения подземных конструкций (свинцовые трубы, оболочки кабелей) [6, 7, 66].

Микроорганизмы – источники биокоррозии. Особый интерес для исследования представляет биокоррозия микробиологической природы.

Микроорганизмы корродируют металл после определенного периода адаптации, необходимого для образования колоний и консорциума [6, 7, 27, 56]:

– специфически, т.е. когда микроорганизмы материалы конструкции потребляют в качестве источников питания (биохимическая коррозия),

– косвенно, т.е. когда продукты жизнедеятельности микроорганизмов повышают агрессивность среды и стимулируют процессы коррозии металлов (электрохимическая коррозия трубопроводов, связанная с жизнедеятельностью железобактерий).

Бактерии и грибы – источники биокоррозии. Бактерии, участвующие в коррозии металлов, в основном, относятся к хемотрофам (рис. 1).

Как видно из рис. 1:

1) наиболее активными литотрофными агентами биокоррозии являются сульфатредуцирующие (десульфатирующие), нитрифицирующие, тионовые и железобактерии;

2) биокоррозионные процессы протекают благодаря тому, что многие бактерии могут:

а) существовать без использования органических веществ из среды;

б) адсорбироваться на поверхности металлических конструкций;

в) сохранять жизнеспособность в экстремальных условиях среды:

– при высокой температуре: для хемотрофных и гетеротрофных бактерий температурный предел роста может превышать 90°C (например, активные возбудители биокоррозии *Thiobacillus*, сульфатредуцирующие характеризуются высокой термостойкостью своих белков, ферментов и липидов их мембран (липиды много содержат насыщенных и разветвленных жирных кислот с большим числом атомов углерода),

– при высоком давлении (сульфатредуцирующие бактерии были выделены из нефтяных скважин на глубине 3500 м и более при температуре до 105°C и давлении 400 атм и более):

– при сильной кислотности (pH = 1) или щелочности (pH = 10) растут *Thiobacillus*;

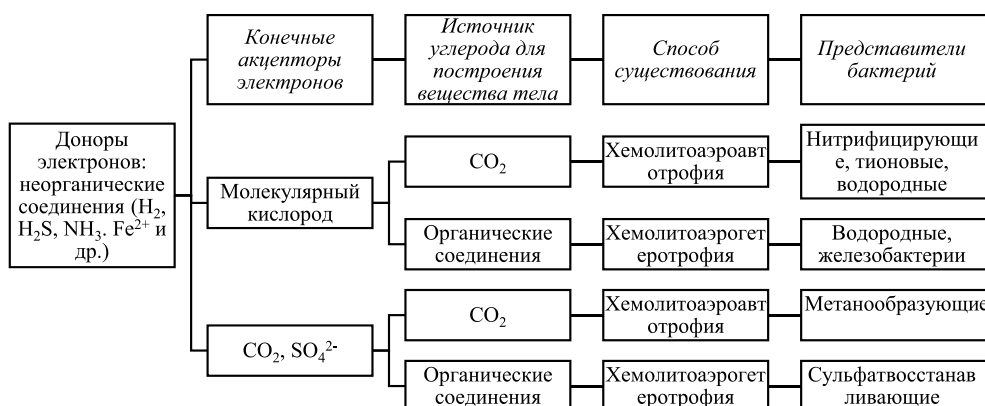
– при больших концентрациях солей (археи галофилы);

– при интенсивном облучении, например, некоторые виды *Pseudomonas*.

В дополнение к рис. 1 приводятся табл. 2, где расписаны экологические аспекты для возбудителей биокоррозии металлов – литотрофных бактерий.

Как видно из табл. 2, к литотрофным бактериям, вызывающих биокоррозию, относят сульфатредуцирующие, нитрифицирующие, тионовые и железобактерии. При этом, последняя группа – это не таксономическая, а экологическая.

Литотрофные бактерии (*Pseudomonas*) получают энергию для своей жизнедеятельности за счет превращения неорганических веществ. Биокоррозия возникает за счет выделения литотрофами агрессивных метаболитов (аммиак, органические кислоты, сероводород и др.) [10, 34, 56].



а) доноры электронов: неорганические соединения (H₂, H₂S, NH₃, Fe²⁺ и др.)

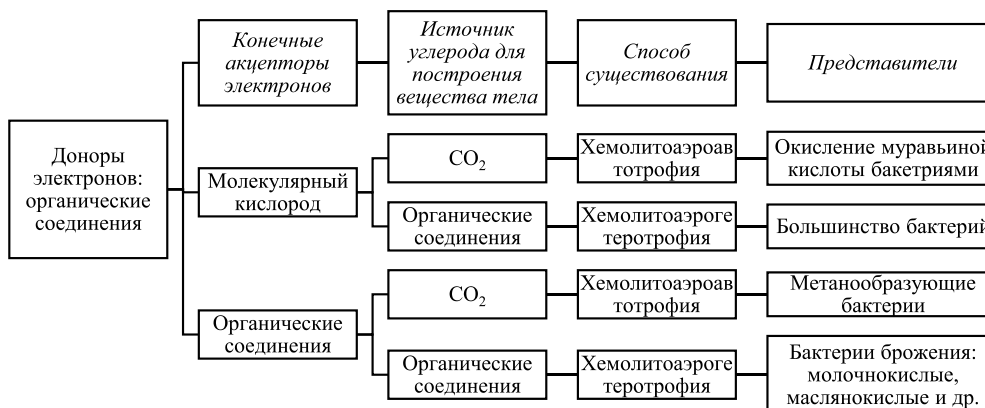


Рис. 1. Способы существования хемотрофов (по М.В. Гусеву, Л.А. Минеевой, 1978) [10, 56, 61]

Таблица 2

Литотрофные бактерии – возбудители биокоррозии [10, 21, 30, 32, 33, 45, 56, 57]

Показатель	Краткая характеристика литотрофных (коррозийных) бактерий	тионовые	железобактерии
Распространение	В почве, в воде (пресной, соленой), геологических отложениях серы и нефти	В водах (пресных и соленых), в серных источниках с невысоким содержанием H_2S	В почве, воде, железосодержащих рудах
Представители (роды)	<i>Desulfovibrio</i> (неспорные грамотрицательные подвижные, клетки с разными типами кривизны): <i>D. autotrophicus</i> (монополярный политрих), <i>D. desulfuricans</i> , <i>D. vulgaris</i> , <i>D. salexigenes</i> (монополярные монотрихи). <i>Desulfotomaculum</i> (перитрихи: термофил <i>Dtm. Nigriticans</i> (развивается в системах центрального отопления, теплообменниках), <i>Dtm. Orientis</i> : эндоспорные грамотрицательные прямые или изогнутые палочки, иногда образующие цепочки). Первый род обнаруживается преимущественно в воде, второй – в почве.	<i>Thiobacillus</i> (неспоробразующие грамотрицательные палочки, некоторые подвижны за счет полярно расположенных жгутиков). По отношению к кислотности среды: при нейтральной среде (<i>T. Thioaratus</i> , <i>T. denitrificans</i>), при кислой (рН 0,5-3,5) – ацидофилы: <i>T. thiooxidans</i> , <i>T. ferrooxidans</i> , <i>T. acidophilus</i> . Растут в присутствии молекулярного кислорода; имеются факультативные анаэробы	Представители нитчатых бактерий, цианобактерии, флексибактерии, микрореплазмы. Различают две группы: облигатно ацидофильные хемолитоавтотрофы (<i>T. ferrooxidans</i> , <i>Lepidospirillum ferrooxidans</i>); Растущие в слабощелочной и нейтральной среде
Акцепторы электронов	Сульфат, сульфит, тиосульфит, тетрапиронат. Конечным продуктом анаэробного дыхания является сероводород	O_2 служит конечным акцептором электронов	Доноры электронов: Fe^{2+}
Особенность	Возбудители анаэробной коррозии железа, стали и алюминия	в отсутствие молекулярного водорода хорошо растут на органических средах	Окисляют восстановленные формы железа, откладывают окислы железа на поверхности своих клеток
Механизм вызываемой коррозии	1) стимуляция катодной деполаризации твердыми сульфидами железа; 2) вследствие потребления поляризованного водорода	Осуществляют окисление различных восстановительных соединений серы до сульфатов	Образуют дифференцированно аэрируемые ячейки (слизистые скопления) на поверхности корродируемого субстрата
Основной ущерб	Газо- и нефтетрубопроводы, стальные хранилища нефти, трубопроводы и гидранты обратного водоснабжения, железобетонные стены подводных тоннелей	Металлические конструкции, каменные и бетонные сооружения, резиновые изделия	Металлические конструкции всех видов
Особенность «функционального»	Образуют часто ассоциации с аэробными симбиотическими микроорганизмами, которые создают для первых анаэробные условия	Окисляют с получением энергии: сера (S^0), H_2S , тиосульфат ($S_2O_3^{2-}$), тритионат ($S_3O_6^{2-}$), тиоцианат (CNS^-)	Источником энергии для первых служит процесс окисления закисного железа; источником углерода $-CO_2$, для вторых – окисление Fe^{2+} происходит при реакции с H_2O_2 или с участием каталазы
Условия роста некоторых культур	От 3-5 до 35-104 °C; рН 4,2-10,5; до 1000 атм	8-75 °C; рН 0,5-3,5	-



Рис. 2. Классификация биокоррозии металлов [14, 56]

В основе биокоррозионного действия, безусловно, находятся ферментативные процессы, регулируемые, в основном, такими ферментами, как оксидоредуктазами и гидролазами [6, 7, 35, 56, 57]. Ферментативная активность проявляется в водной среде, при этом вода, достаточная для коррозионного процесса, может вноситься самим микроорганизмом.

Классификация биокоррозии металлов представлена на рис. 2 [14, 56].

Как видно из рис. 2, коррозия классифицируется по среде обитания микроорганизмов, по природе микроорганизмов и по механизму протекания коррозионного процесса.

Аэробная биокоррозия протекает под действием тионовых, нитрифицирующих и железобактерий в присутствии растворенного O_2 . Метаболизм тионовых и нитрифицирующих бактерий приводит к созданию агрессивных коррозионных сред за счет накопления конечных продуктов – серной и азотной кислот, а железобактерий – образует дифференцированно аэрируемые ячейки. Анаэробная биокоррозия – это результат действия сульфатредуцирующих бактерий рода *Desulfovibrio* и *Desulfotomaculum*, ответственных за восстановление сульфатов до сероводорода [10, 36, 56].

Биокоррозионное действие может привести к отказу конструкции. Например, ходовые части кораблей снижаются вследствие обрастания и биокоррозии, что приводит к перегреву и преждевременному износу систем и двигателей [6, 7, 12, 56].

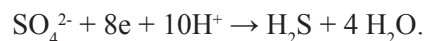
Исследования показали, что до 65-70% применяемых металлоконструкций не обладают достаточной стойкости к микроорганизмам и до 50% коррозионных процессов связано с микробиологической активностью [15, 56].

Агрессивное, по отношению к металлоконструкциям, влияние бактерий (сульфатовосстанавливающие и тионовые бактерии, железобактерии) и мицелиальных грибов (микромицеты) проявляется при аэробных и анаэробных условиях. Поэтому биокоррозии могут иметь бактериальное, микромицетное и смешанное происхождение [10, 56, 67].

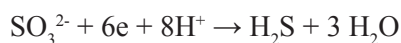
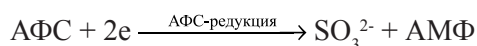
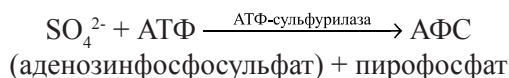
Таким образом, агентами биокоррозии металлоконструкций являются грибы родов *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, сульфатовосстанавливающие бактерии (СВВ) родов *Desulfovibrio*, тионовые бактерии рода *Thiobacillus*, окисляющих серу и соединения серы до серной кислоты; железобактерии рода *Gallionella*, окисляющих закисное железо до окисного.

Биохимические механизмы бактериальной коррозии металлов вкратце описаны ниже.

Облигатно анаэробные сульфатредуцирующие бактерии используют сульфат (конечный акцептор электронов) для образования H_2S (диссимильаторная сульфатредукция: для активации одной молекулы сульфата требуется одна молекула АТФ) [10, 56, 59]:



Фермент аденозин-5'-фосфосульфатредуктаза восстанавливает аденозинфосфосульфат до сульфата и АМФ [56, 59, 64, 65]:



Особенность сульфатредуцирующих бактерий при механизме биокоррозии: не способны к автотрофной ассимиляции углекислоты и для размножения нуждаются в готовых органических веществах. В качестве доноров электронов (водорода) для них служат конечные продукты брожения (лактат, малат, этанол окисляются до ацетата и углекислого газа) других видов микроорганизмов. Так, в глинистых почвах в анаэробных условиях водопроводные трубы с толщиной стенки 6 мм разрушаются полностью в течение 3-4 лет [10, 56, 60, 65].

Тионовые бактерии окисляют восстановленные соединения серы (сульфиды и др.) до сульфатов (скорость тионового окисления в миллионы раз выше химического). Метаболизм тионовых бактерий, с одной стороны, для биокоррозии образует агрессивную среду за счет продуцирования серной кислоты, н с другой, окисляет закисное серноокисное железо до окисного. Последний обладает агрессивностью к метал-

лическим конструкциям. Окисное железо, принимая электроны с поверхности металлической конструкции, восстанавливается до закисного, после чего последний опять окисляется сульфатредуцирующими бактериями до окисного. В результате, постоянно образуется окисное железо и разрушается металлическая конструкция [10, 56, 62].

Нитрифицирующие бактерии окисляют аммиак до нитратов: $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$. Образующаяся азотная кислота агрессивно вызывает коррозию металлов. Нитрифицирующие бактерии создают кислые агрессивные среды в помощь другим биокоррозионным таксонам. В процессе нитрификации образуется азотная кислота за счет окисления аммиака. Представители *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis* стимулируют первую фазу нитрификации: $\text{NH}_3 + 1,5 \text{O}_2 = \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 73 \text{ ккал.}$, а *Nitrobacter vinogradskii* – вторую фазу: $\text{HNO}_2 + 0,5 \text{O}_2 = \text{HNO}_3 + 17 \text{ ккал}$ [10, 56, 63].

Железобактерии корродируют металлические конструкции, соприкасающиеся с водой. На месте сварных швов образуются благодаря железобактериям, слизистые скопления, омываемые водой (катод), под которыми образуются дифференцированно аэрируемые ячейки (анод). В анодной зоне металл корродирует: $\text{Fe} \xrightarrow{-2e} \text{Fe}^{2+}$. Ионы Fe^{2+} на аноде образуют Fe(OH)_2 , который окисляется до Fe(OH)_3 , который в свою очередь на аноде усиливает его анаэробность, увеличивает разность потенциалов, ускоряет биокоррозию [10, 38, 56, 61].



Рис. 3. Методы борьбы с коррозией

Способы борьбы с коррозией чрезвычайно разнообразны. Наиболее простой из них заключается в защите поверхности металла от непосредственного соприкосновения с окружающей средой путем покрытия масляной краской, лаком, эмалью, высокомолекулярными пленками тонким слоем другого металла. Кроме цинка из более активных металлов иногда применяют кадмий, действующий подобно цинку. Из менее активных металлов для покрытия стали чаще всего кроме олова используют медь и никель. Никелированные стальные изделия красивы, кроме того, при повреждении слоя никеля коррозия происходит менее интенсивно, чем при повреждении слоя меди или олова, так как разность потенциалов для пары никель-железо гораздо меньше, чем для пары медь-железо [10, 14, 16, 23, 44, 56].

В целом, основные методы борьбы с коррозией представлены на рисунке 3.

Заключение

(Био)коррозия металлов и сплавов (разрушение в результате химического, биохимического и электрохимического взаимодействия с агрессивными условиями окружающей среды) проявляется в ущербе экологическом, социальном и экономическом. Процесс коррозии зависит от факторов внутренних и внешних. Продуктом коррозии является металл, перешедший в окисленное состояние.

Технологически установлено, что:

- металлоконструкции в промышленных условиях функционируют в средах, различающиеся по степени агрессивности: в агрессивных до 40-50% от всех используемых металлических сооружений и конструкций, в слабо агрессивных – до 30% и в неагрессивных – примерно 10%. Наибольшие потери от коррозии приходятся на топливно-энергетический комплекс, химию и нефтехимию, сельское хозяйство. Классификация коррозионных процессов определяется механизмом процесса, видом агрессивных сред, условиями протекания коррозионного процесса и характером изменения металла или сплава;

- до 65-70% применяемых металлоконструкций не обладают достаточной стойкости к микроорганизмам и до 50% коррозионных процессов связано с микробиологической активностью.

Выводы:

1) биокоррозии могут иметь бактериальное, микромицетное и смешанное происхождение;

2) агентами биокоррозии металлоконструкций, в основном, являются:

- грибы родов *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*,

- сульфатвосстанавливающие бактерии родов *Desulfovibrio*, тионовые бактерии рода *Thiobacillus*,

- железобактерии рода *Gallionella*;

3) агрессивное влияние бактерий (сульфатвосстанавливающие и тионовые бактерии, железобактерии) и мицелиальных грибов (микромицеты) к металлоконструкциям проявляется при аэробных и анаэробных условиях.

Список литературы

1. Азаренков Н.А., Литовченко С.В., Неклюдов И.М., Стоев П.И. Коррозия и защита металлов. Часть 1 // Химическая коррозия металлов. – Харьков: ХНУ, 2007. – 187 с.
2. Алцыбеева А.А., Левин С. Ингибиторы коррозии металлов. // Л.: Химия, 1968. – 262 с.
3. Богданова Т.И., Шехтер Ю.Н. Ингибированные нефтяные составы для защиты от коррозии. // М.: Химия, 1984. – 248 с.
4. Воробьева Г.А., Складнова Е.Е., Ерофеев В.К., Устинова А.А. Конструкционные стали и сплавы / Под ред. Г.А. Воробьевой. – СПб.: Политехника, 2013. – 440 с.
5. Ву Динь Вуй. Атмосферная коррозия металлов в тропиках. – М.: Наука, 1994. – 240 с.
6. Герасименко А.А. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник: В 2 т. Т. 1. / [под ред. А.А. Герасименко]. – М.: Машиностроение, 1987. – 688 с.
7. Герасименко А.А. Защита от коррозии, старения и биоповреждений 3-40 машин, оборудования и сооружений: Справочник: В 2 т. Т. 2 / [Под ред. А.А. Герасименко]. – М.: Машиностроение, 1987. – 784 с.
8. ГОСТ 7.32-2001. Межгосударственный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.
9. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М.: Металлургия, 1976. – 472 с.
10. Ильичев В.Д. Биоповреждения: Учеб. пособие для биол. Спец. Вузов / В.Д. Ильичев, В.Б. Бочаров, А.А. Анисимов и др. [Под ред. В.Д. Ильичева]. – М.: ВШ, 1987. – 352 с.
11. Малышев В.М., Румянцев Д.В. Серебро. – М.: Металлургия, 1976. – 311 с.
12. Попилов Л.Я. Советы заводскому технологу. – Л.: 1975. – 263 с.
13. Попов Ю.А. Теория взаимодействия металлов и сплавов с коррозионно-активной средой. – М.: Наука, 1995. – 200 с.
14. Рачев Х., Стефанова С. Справочник по коррозии. – Мир, 1982. – 519 с.
15. Розенфельд И.Л. Ингибиторы коррозии. – М.: Химия, 1977. – 350 с.
16. Семенова И.В., Флорионович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии / [Под ред. И.В. Семеновой]. М. ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 336 с.
17. Скалли Дж. Основы учения о коррозии и защите металлов. – М.: Мир, 1978. – 224 с.
18. Сокол И.Я. Структура и коррозия металлов и сплавов: Атлас. Справ. Изд. / Сокол И.Я., Ульянин Е.А., Фельдгандлер Э.Г. и др. – М. Металлургия, 1989. – 400 с.
19. Тодт Ф. Коррозия и защита от коррозии. – Л.: Химия, 1967. – 709 с.
20. Улиг Г.Г., Ревы Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику: Пер. с англ. / [Под ред. А.М. Сухотиной]. – Л.: Химия, 1989. – 456 с.
21. Федоров А.А. Жизнь растений. В 6-ти т. Т.1 / [под ред. А.А. Федорова]. – М., 1974. – 487 с.
22. Федорченко В.И. Коррозия металлов. – М.: Бибком, 2009. – 655 с.

23. Хохлачева Н.М. Коррозия металлов и средства защиты от коррозии. Учебное пособие / Н.М. Хохлачева, Е.В. Раховская, Т.Г. Романова. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 118 с.
24. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований. – М., Дашков и К., 2017. – 244 с.
25. Шрайдер Л.Л. Коррозия. Справочник / Сокр. пер. с англ. [Под ред. В.С. Синявского]. – М.: Металлургия, 1981. – 632 с.
26. Эванс Ю.Р. Коррозия и окисление металлов. – М.: Машгиз, 1962. – 855 с.
27. Abdollahi H.; Wimpenny J.W.T. Effects of oxygen on the growth of *Desulfovibrio desulfuricans* // *J. Gen. Microbiol.* – 1990. Vol. 136. – P. 1025–1030.
28. Akalezi C.O., Enenebaku C.K., Oguzie E.E. Application of aqueous extracts of coffee senna for control of mild steel corrosion in acidic environments // *Int J Ind Chem.* – 2012. Vol. 3. – P. 13–25.
29. Ameh P.O., Eddy N.O. Commiphora pedunculata gum as a green inhibitor for the corrosion of aluminium // *Res Chem Intermed.* – 2014. Vol. 40(8). – P. 2641–2649.
30. Angell P., Luo J.-S., White D.C. Microbially sustained pitting corrosion of 304 stainless steel in anaerobic seawater // *Corr. Sci.* – 1995. Vol. 37. – P. 1085–1096.
31. Argo J. A qualitative test for iron corrosion products // *Studies in Conservation.* – 1981. Vol. 26. – P. 140–142.
32. Bak F., Cypionka H.A. Novel type of energy metabolism involving fermentation of inorganic sulfur compounds // *Nature.* – 1987. Vol. 326. – P. 891–892.
33. Barton L.L. (ed.) Sulfate-reducing bacteria // Plenum Press, New York. – 1984.
34. Beech I.B., Cheung C.W.S., Chan C.S.P., Hill M.A., Franco R., Lino A.R. Study of parameters implicated in the biodegradation of mild steel in the presence of different species of sulphate-reducing bacteria // *Internat. Biodet. Biodeg.* – 1994. Vol. 34. – P. 289–303.
35. Beech I.B., Cheung C.W.S. Interactions of exopolymers produced by sulphate-reducing bacteria with metal ions // *Internat. Biodet. Biodeg.* – 1995. Vol. 35. – P. 59–72.
36. Beech I.B., Zinkevich V., Tapper R., Gubner R., Avci R. The interaction of exopolymers produced by marine sulphate-reducing bacteria with iron // W. Sand (ed.), *Biodegradation and Biodegradation, 10th International Biodegradation and Biodegradation Symposium, Hamburg, Dechema Monographs.* – Frankfurt, 1996. Vol. 133. – P. 333–338.
37. Behrens C. New Light on Corrosion // *Society for Science & the Public. Science News.* – 1968. Vol. 93. – P. 164–165.
38. Costain C., Logan J. To Assess the Effectiveness of Various Iron Treatments // *ICOM Committee for Conservation. Metals working Group N 1.* – 1985. – P. 8–9.
39. Duncan K.E., Davidova I.A., Nunn H.S., Stamps B.W., Stevenson B.S., Souquet P.J., Suflita J.M. Design features of offshore oil production platforms influence their susceptibility to biocorrosion // *Appl Microbiol Biotechnol.* – 2017. Vol. 101(16). – P. 6517–6529.
40. Eddy N.O., Ita B.I. Theoretical and experimental studies on the inhibition potentials of aromatic oxaldehydes for the corrosion of mild steel in 0.1 M HCl // *J. Mol. Mod.* – 2011. Vol. 17. – P. 633–647.
41. Hazlewood P.E., P.E. Sing P.E., Hsieh J.S. Role of wood extractives in black liquor corrosiveness // *Corrosion.* – 2006. Vol. 62. – P. 911–917.
42. Klinesmith D.E., McCuen R., Albrecht P. Effect of environmental condition on corrosion rate // *J. Mater. Civil Eng.* – 2007. Vol. 19. – P. 121–129.
43. Landolfo R., Di Lorenzo G., Guerrieri, M.R. Modelling of the damage induced by atmospheric corrosion on 19th century iron structures // In *Proceedings of the Italian National Conference on Corrosion and Protection, Senigallia (Ancona), Italy, 25 June – 1 July 2005.*
44. Landolt, Dieter. Corrosion and Surface Chemistry of Metals // *EPFL Press.* – 2007. – P. 400.
45. Lenhart T.R., Duncan K.E., Beech I.B., Sunner J.A., Smith W., Bonifay V., Biri B., Suflita J.M. Identification and characterization of microbial biofilm communities associated with corroded oil pipeline surfaces // *Biofouling.* – 2014. Vol. 30(7). – P. 823–835.
46. Lin C.S., Chiu C.C. Formation of the layered etch films on AA1050 aluminum plates etched in nitric acid using alternating currents // *J Electrochem Soc.* – 2005. Vol. 152. – P. 482–487.
47. Mattias P.F., Maura G., Riinaldi G. The degradation of Lead antiquities from Italy // *Studies in Conservation.* – 1985. Vol. 29. – P. 87–92.
48. Mendoza A.R., Corvo F. Outdoor and indoor atmospheric corrosion of non-ferrous metals // *Corrosion Science.* 2000. Vol. 42(7). – P. 1123–1147. URL: <https://www.sciencedirect.com>. (дата обращения: 14.01.2018).
49. Ramana M., Pidapartia, Babak Seyed Aghazadeha, Angela Whitfield, A.S.Rao, Gerald P. Mercierb Classification of corrosion defects in NiAl bronze through image analysis // *Corrosion Science.* – 2010. Vol. 52(11). – P. 3661–3666.
50. Ricker, Richard E. Analysis of Pipeline Steel Corrosion Data From NBS (NIST) Studies Conducted Between 1922–1940 and Relevance to Pipeline Management // *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology.* – 2010. Vol. 115(5) – P. 373–392. PMC. Web. 14 Jan. 2018.
51. Roberge, Pierre R. Handbook of Corrosion Engineering // New York: McGraw-Hill. – 2000. – P. 1139.
52. Rosenfeld I.L. Rroc. Ist. Congr. Met. Corros // London. Butterworths. – 1962. – P. 243.
53. Sahin M., Gece G., Karci F., Bilgic S. Experimental and theoretical study of the effect of some heterocyclic compounds on the corrosion of low carbon steel in 3.5% NaCl medium // *J. Appl. Electrochem.* – 2008. Vol. 38. – P. 809–815.
54. Sramek J., Jakobsen T.B., Pelikan J.B. Corrosion and conservation of a silver Visceral vessel from the beginnings of the seventeenth century // *Studies in Conservation.* – 1978. Vol. 23. №3 – P. 114–117.
55. Srinivasan H.S., Mital C.K. Studies on the passivation behavior of Al–Zn–Mg alloy in chloride solutions containing some anions and cations using electrochemical impedance spectroscopy // *Electrochim Acta.* – 1994. Vol. 39. – P. 2633–2637.
56. Skovhus T.L., Enning D., Lee J.S. Microbiologically Influenced Corrosion in the Upstream Oil and Gas Industry // *CRC Press.* – 2017. – P. 559.
57. Skovhus T.L., Eckert R.B., Rodrigues E. Management and control of microbiologically influenced corrosion (MIC) in the oil and gas industry-Overview and a North Sea case study // *Biotechnology.* – 2017. Vol. 256. – P. 31–45.
58. Stricher M. Corrosion. – 1974. Vol. 30. – P. 115.
59. Tsygankova L.E., Vigdorovich V.I., Esina M.N., Nazina T.N., Dubinskaya E.V. Bioelectrochemistry. – 2014. Vol. 97. – P. 154–161.
60. Videla H.A., Characklis W.G. Biofouling and microbially influenced corrosion // *Internat. Biodegrad. Biodeter.* – 1992. Vol. 29. – P. 195–207.
61. Vigneron A., Alsop E.B., Chambers B., Lomans B.P., Head I.M., Tsesmetzis N. Complementary Microorganisms in Highly Corrosive Biofilms from an Offshore Oil Production Facility. // *Appl Environ Microbiol.* – 2016. Vol. 82(8) – P. 2545–2554.
62. Wagner D. Chamberlain A.H.L.; Fischer, W.R.; Wardell, J.N.; Sequeira, C.A.C. Microbiologically influenced corrosion of copper in potable water installations // *A European project review. Mat. Corr.* – 1997. Vol. 48(5). – P. 311–321.
63. Wagner D., Fischer W.R., Paradies H.H. Test methods on microbial induced corrosion in different loops // In *Proceedings of the 12th Scandinavian Corrosion Congress and Eurocorr, Dipoli, Finland.* – 1992. – P. 651–665.
64. Wagner P., Little B., Ray R., Jones-Meehan J. Investigation of microbiologically influenced corrosion using environmental scanning electron microscopy // *Proc. NACE Corrosion 92, NACE, Houston, TX, Paper No 185, 1992.*
65. Wathinson D. Degree of mineralization its significance for the stability and treatment of excavated ironwork // *Studies in Conservation.* – 1983. Vol. 28. – P. 85–90.
66. Westphal H. Die Restaurierung und Untersuchung eines karolingischen Schwentes // *Arbeitsblatuer fur Hestauratoren. Heft 2.* – 1980. – P. 141–148.
67. Widdel F. Microbiology and ecology of sulfate and sulfur-reducing bacteria // In: A.J.B. Zehnder (ed.), *Biology of Anaerobic Microorganisms*, Wiley-Liss, John Wiley and Sons, Inc., New York. – 1988. – P. 469–586.
68. Zelinka S.L., Rammer D.R. Corrosion rates of fasteners in treated wood exposed to 100% relative humidity // *ASCE Journal of Materials in Civil Engineering.* – 2009. Vol. 21(12). – P. 758–763.
69. Zelinka S.L., Stone D.S. Corrosion of metals in wood: Comparing the results of a rapid test method with long-term exposure tests across six wood treatments // *Corrosion Science.* – 2011. Vol. 53 (3). – P. 1708–1714.

УДК 504.53

ОБЗОР СПОСОБОВ БИОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ**¹Тоганбай А.Н., ¹Сарсенбаев С.О., ²Мусина У.Ш., ^{1,2}Джамалова Г.А.**¹Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы;²ТОО «Научно-диагностический центр A-Expert Group», Алматы; e-mail: j.ga@bk.ru

Показано, что актуальность очистки и восстановления нефтезагрязненных почв стоит особенно остро для предприятий, осуществляющих добычу, переработку, транспортировку, а также использующих в производственной деятельности нефть и нефтепродукты. Нефти Казахстана имеют особенность: залегают на глубине 1000–2000 м; являются мезозойскими (более 90 %); по качеству: парафинистые; наиболее тяжелые и вязкие; содержат в большом количестве парафин, смолы, асфальтены и меньшем – дизельную фракцию. Причем с увеличением глубины залегания, повышением температуры и давления, у нефти улучшаются качественные характеристики (уменьшается вязкость, плотность; уменьшается содержание серы, смол и асфальтенов). Предприятия нефтегазового сектора экономики РК урон почвам наносят через механическое нарушение почвенного покрова, прорывы карт с нефтешламом и буровыми отходами, сбросы нефти в земляные амбары, разливы сырой нефти из-за аварий на скважинах, повреждений и коррозии трубопроводов, разливы водонефтяной смеси при разрывах трубопроводов, утечки нефти при производстве ремонта скважин. В результате аварийных ситуаций разливы нефти и потери нефтепродуктов в результате хозяйственной деятельности наносят существенный ущерб окружающей среде, в частности, почвам. В статье представлен обобщенный материал о физико-химических свойствах нефти, крупных запасах энергетических ресурсов Казахстана, методах очистки почв от нефтезагрязнений, о способах биоремедиации нефтезагрязненных почв Казахстана, биопрепаратах для очистки почв от нефтезагрязнений.

Ключевые слова: биоремедиация почв, нефть, почва, нефтегазовый сектор экономики Казахстана**REVIEW OF METHODS OF BIOREMEDIATION OF OIL-CONTAMINATED SOILS OF KAZAKHSTAN****¹Toganbay A.N., ²Mussina U.Sh., ¹Sarsenbaev S.O., ^{1,2}Jamalova G.A.**¹Satbaev University, Almaty;²LLP «Scientific and Diagnostic Center A-Expert Group», Almaty, e-mail: j.ga@bk.ru

It is shown that the urgency of cleaning and restoring oil-contaminated soils is particularly acute for enterprises that produce, process, transport, and use oil and oil products in their production activities. The oil of Kazakhstan has a feature: it lies at a depth of 1000–2000 m; are Mesozoic (more than 90 %); on quality: paraffin; the heaviest and the most viscous; they contain paraffin, tar, asphaltene in a large amount, and a smaller fraction of the diesel fraction. Moreover, with increasing depth, increasing temperature and pressure, the oil improves the quality characteristics (viscosity, density decreases, sulfur, tar and asphaltene content decreases). Enterprises of the oil and gas sector of the economy of the Republic of Kazakhstan cause damage to the soil due to mechanical disturbance of the soil cover, breakthroughs of maps with oil sludge and drilling waste, oil spills in earthen barns, oil spills due to accidents at wells, damage and corrosion of pipelines, spills of water – in the production of well repair. As a result of emergencies, oil spills and loss of petroleum products as a result of economic activities cause significant damage to the environment, in particular, to soils. The paper presents a generalized material on the physico-chemical properties of oil, large reserves of energy resources in Kazakhstan, methods for cleaning soil from oil pollution, methods for bioremediation of oil-contaminated soils in Kazakhstan, biological products for cleaning soil from oil pollution.

Keywords: bioremediation of soils, oil, soil, oil and gas sector of Kazakhstan's economy

Одним из экологических способов восстановления нефтезагрязненных почв являются биологические методы, среди которых биоремедиация почв является наиболее привлекательной, которую возможно осуществлять непосредственно в местах нахождения нефтезагрязненной почвы и восстановить её исходные качества, чем и определяется общий интерес к изученности данной темы.

Цель: обзор способов биоремедиации нефтезагрязненных почв Казахстана.

Идея научного теоретического исследования: изучение закономерностей биоремедиационного процесса в эко-технологической зависимости.

Объект исследования: Нефтезагрязненные почвы Казахстана.

Результаты исследования и их обсуждение

Биоремедиация – способ биологической очистки почв с применением технологий и устройств, который может быть оптимизирован:

1) биостимуляцией – активизацией деградирующей способности аборигенной микрофлоры внесением биогенных элементов, кислорода, различных субстратов;

2) биодополнением – интродукцией природных и генно-инженерных штаммов-деструкторов чужеродных соединений.

Как известно, почва – это верхний слой литосферы [1] и как природный субстрат, обитаемый внутри и снаружи, имеет ряд

свойств биосферы [2] и состоит из органических и неорганических компонентов [3], трехфазный, т.к. имеет твердую, жидкую и газообразную основу [3].

Основные функции почв [4] представлены на рис. 1.

Из рис. 1 следует, что почва выполняет природные (первые четыре функции) и технико-промышленные (последние две функции) задачи [5, с. 9].

Нефть – это, с одной стороны, важный энергоноситель и «аккумулятор» техногенеза, с другой – мощный загрязнитель почвы, угнетатель биохимических процессов на уровне почв, а при аварийных разливах – приводит к необратимым изменениям и формированию техногенных пустынь [6].

Нефть [7, с. 21; 8, с. 27]:

- дисперсная система со сложной внутренней организацией,
- представляет собой смесь различных углеводов,
- преимущественно темная по цвету густая маслянистая жидкость,
- под действием внешних факторов способна изменяться.

В химическом аспекте нефть [8, 9] имеет более 450 индивидуальных соединений, состоит из элементов углерода (83-95%), водорода (11,5-14%), а также серы (от 6-8 до 14%), азота (0,02-1,7%) и кислорода (0,05-3,6%). Число углеродных атомов в углеводородах нефти колеблется от C1-C4 (газы) до C60 (твердые вещества).

Нефтегазовый сектор экономики Казахстана [10]:

- имеет стратегическое значение и среди нефтедобывающих стран мира входит в первую двадцатку (12-е место),

– хорошо развит в Западном регионе республики: в таких областях, как Актюбинская, Атырауская, Западно-Казахстанская, Мангистауская, Кзыл-Ординская.

Предприятия нефтегазового сектора экономики РК урон почвам наносят через [11]:

- механическое нарушение почвенного покрова,
- прорывы карт с нефтешламом и буровыми отходами,
- сбросы нефти в земляные амбары,
- разливы сырой нефти из-за аварий на скважинах, повреждений и коррозии трубопроводов,
- разливы водонефтяной смеси при разрывах трубопроводов,
- утечки нефти при производстве ремонта скважин.

Общеизвестно, что имеется корреляционная зависимость между повышением конкурентоспособности индустриально развитых регионов Казахстана и напряженной экологической ситуацией в связи с загрязнением почвы нефтью и нефтепродуктами [12].

Ниже приводится статистика, касающаяся нефтезагрязнений почв РК [11, 13-16]:

- при разведке происходит уничтожение на 70-80% растительного покрова в радиусе 500-800 м вокруг каждой буровой установки.
- более чем 1,5 млн. га почв загрязнены нефтью и нефтепродуктами, большая часть из которых приходится на Мангистаускую (9%), Западно-Казахстанскую (13% или 194 тыс. га; разлито 3,3 – 7,5 млн тонн нефти), Актюбинскую (19%) и Атыраускую (59%) область,



Рис. 1. Основные функции, выполняемые почвой [4]

– 267 участков общей площадью 650 га загрязнены радиоактивно (мощность излучения от 100 до 17000 мкр/час).

В дополнение следует отметить, что деградация почв происходит [17]:

- на производственных площадях нефтепромыслов,
- вдоль линий нефтепроводов,
- вдоль транспортных коммуникаций,
- на участках разведочного и геофизического бурения.

Из вышеизложенного следует, что почвы нефтепромыслов подвержены разрушениям почвенного покрова и загрязнению сырой нефтью, буровыми отходами, минерализованными стоками и химическими реагентами.

Последствия от нефтехимических загрязнений в почвах проявляются на уровне генетических изменений вследствие необратимости процессов деградации. При этом наблюдается отсутствие должного эффекта от применения механических, физических и химических методов очистки почв от нефтезагрязнений [18].

В РК ПДК (предельно допустимая концентрация) для нефтепродуктов определена на уровне 100 мг/кг и 10 мг/кг на месторождениях, соответственно, Каражанбас, Жетыбай и Каламкас [19].

Ниже в качестве примера рассматриваются нефтезагрязненные почвы Атырауской и Павлодарской области.

Высокие уровни нефтепродуктов, согласно работе Сапарова А.С. (2009 г) [20], обнаружены в почвах Атырауской области вблизи месторождения Макат (на сильно замазученных участках превышение достигает 1725 ПДК), Тентексор (200 ПДК), Байшонас (138 ПДК), Комсомольское (137 ПДК), Доссор (127,2 ПДК), Сагиз (107 ПДК), Танатар (60 ПДК), Искене (24 ПДК), Каратайкыз (2,4 ПДК).

Автор публикации (Сапаров А.С., 2009), [20] классифицирует исследуемые почвы по степени нефтезагрязнения на сильно

(107-1725 ПДК), умеренно (24 и 60 ПДК) и слабо (2,4 ПДК) загрязненные.

В дополнение следует отметить, что в Атырауской области (ТОО «Тенгизшевройл») остро стоит вопрос по решению влияния хранимой серы на грунт, т.к. на площади 1,3 млн га замазученность на некоторых нефтепромыслах достигает уже толщины 10 м [11].

На севере Казахстана почва загрязнена средними и тяжелыми фракциями нефтепродуктов, глубина пропитки достигает 15 см, уровень загрязнения варьирует в пределах от 30 до 300 г/кг почвы, с преобладанием темных нефтепродуктов [21].

Из вышеизложенного следует, что необходимо [22]:

- регулировать и контролировать техногенное воздействие на объекты окружающей среды;
- учитывать, как экономические потребности, так и состояние природных ресурсов;
- повышать устойчивость объектов окружающей среды на основе внедрения в производство эффективных механизмов рационального природопользования.

Нефтезагрязнения отрицательно влияют на физико-химические (ухудшаются агрофизические, агрохимические свойства почвы; понижается активность ферментов, обеспеченность почвы подвижными формами азота и фосфора) и биологические (вначале изменяется численность микроорганизмов основных физиологических групп, затем снижается биоразнообразие, происходит нарушение в биохимическом процессе жизнеобеспечения почв) свойства почв [23]. Нефть оказывает отрицательное влияние на жизнь растений, задерживает начало цветения. Цветки, загрязненные нефтью, не образуют семена [24], а при сильном нефтяном загрязнении происходит вымирание растительного покрова [25].

В табл. 1 представлены факторы, определяющие характер и степень нефтяного загрязнения почв.

Таблица 1

Факторы, определяющие характер и степень загрязнения почв нефтью

Легкие фракции нефти [26]	Твердый парафин [27]	Ароматические углеводороды [28]
характер и степень загрязнения почв		
Обладает наибольшей проникающей способностью	Очень трудно разрушается	Наиболее токсичные компоненты
Затягиваются капиллярными силами на глубину до 1 м	Происходит закупорка пор в почве	Уже при концентрации 1% в воде убивают все растения
Имеют низкую температуру кипения и быстро испаряются	С трудом окисляется на воздухе	При 38%-ном содержании угнетают рост растений
Почва со временем может само очиститься	Нарушают влагообмен и «дыхание». Дegradiруют биоценоз	Трудно деградируются

Казахстан, как обладатель крупных запасов энергетических ресурсов. Казахстан обладает крупными запасами энергетических ресурсов (нефть, газ, уголь, уран) и является энергетической державой. Нефтедобывающая и газовая промышленность Казахстана располагает уникальными запасами углеводородного сырья. По разведанным запасам страна занимает 16-е место в мире (табл. 2) [29, 30].

Как видно из табл. 2, по добыче нефти расположение стран: крупнейшим производителем нефти в мире является Саудовская Аравия, второе место – у России, далее – США, Иран, Канада, Мексика, Венесуэла и другие [29, 31].

По запасам нефти картина немного другая, так лидирующее положение принадлежит Саудовской Аравии, на втором месте Иран, далее – Ирак, Кувейт, ОАЭ, Венесуэла, Россия, Казахстан, Ливия и Нигерия [29].

Среди стран СНГ, Казахстан по производству нефти занимает второе почетное место после Российской Федерации, а из 90 нефтедобывающих стран мирового сообщества, как это видно из табл. 2, входит в первую двадцатку. Доля Казахстана в общемировой добыче нефти составляет 1,8 %, газа природного – 0,6 % [29].

На рис. 2 представлен фрагмент карты «Развитие нефтегазодобывающего комплекса» [32].

Таблица 2

Мировое производство нефти за период с 1991 по 2016 годы на примере четырех государств, млн тонн [29]

Государство	1991	2000	2010	2016
1. Саудовская Аравия (13,4%)	428,4	456,0	473,8	585,7
2. Россия (12,6%)	461,9	326,7	511,8	554,3
3. США (12,4%)	422,9	347,6	332,7	543,0
16. Казахстан (1,8%)	26,6	35,3	79,7	79,3
Всего в мире (100%)	3165,6	3617,8	3953,2	4382,4

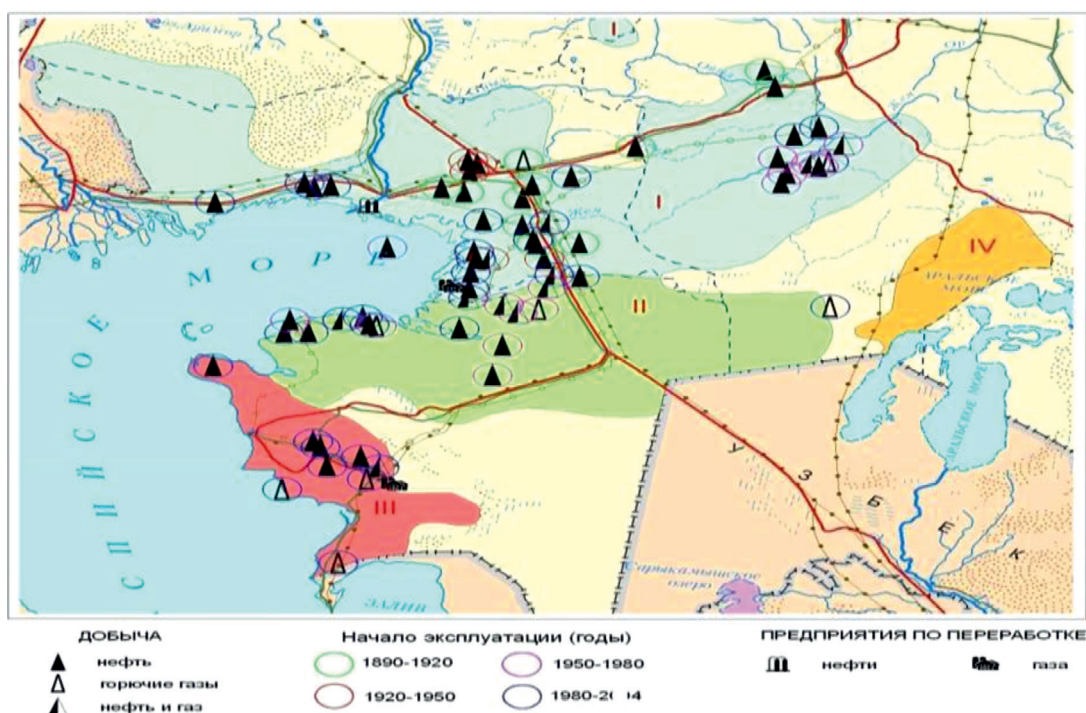


Рис. 2. Фрагмент карты «Развитие нефтегазодобывающего комплекса», масштаб 1:7 500 000 [32]: время начала освоения нефтегазоносных площадей промышленного значения: I (Прикаспийский: последняя треть XIX в.), II (Мангистауский: с начала 50-х г XX в), III (Устюрто-Бузачинский: с конца 50-х г XX в), IV (Аральский внутриплатформенный: с начала 60-х г XX в), V (Шу-Сарысуйский: с начала 70-х г XX в), VI (Южно-Торгайский: с начала 80-х г XX в)

Согласно статистическим данным [33], в РК в 2016 г. ресурсы нефти сырой находится на уровне 80,6 млн тонн, в том числе добыча составило 66,5 млн тонн, импорт 0,1 млн тонн (табл. 3).

Как видно из табл. 3 из общего объема нефтяных ресурсов 76% экспортировано.

В дополнение к табл. 3 следует отметить, что экспорт нефти выполняется, в основном, в Италию (28,4%), Нидерланды (13,6%) и Францию (8,9%) [33].

Физико-химические свойства нефти. Органолептическая характеристика нефти [34, с. 10]:

- вязкая, маслянистая жидкость с характерным запахом,
- по цвету (зависит от растворенных в ней смол): темно-бурая, буро – зеленоватая, светлая, почти бесцветная,
- на свету слегка флуоресцирует: светится голубым или желто-бурым светом (используют при поиске нефти).

Характеристика физических свойств нефти [34, с. 22]:

1. Плотность (табл. 4). По плотности судят [35] об углеводородном составе сырой нефти и нефтепродуктов: более высокая плотность указывает на большее содержание ароматических углеводородов, более низкая плотность – на большее содержание парафиновых углеводородов.

2. Молекулярная масса [35]. Показатель связан с температурой кипения продуктов и входит в ряд комбинированных показателей – молекулярной рефракции (мера электронной поляризуемости), парахора (свойство, связывающее поверхностное натяжение с плотностью), характеристического фактора (определяет химическую природу) и др.

3. Вязкость (свойство оказывать сопротивление перемещению под влиянием действующих сил, табл. 5) [36, с. 14]. Показатель зависит от молекулярной массы (от фракционного состава) и строения (от груп-

пового состава): чем тяжелее фракционный состав, чем больше асфальтосмолистых веществ, тем выше вязкость.

Вязкость нефти и нефтепродуктов (котельное топливо, тяжелые нефти) больше вязкости воды, принимаемой равной 1, а вязкость бензина меньше вязкости воды [36, с. 14].

4. Температура вспышки, воспламенения и затухания:

– вспышки (для большинства нефтей ниже 0 °С) и воспламенения – минимальная температура, при которой пары нефти (нефтепродуктов) образуют с воздухом смесь, способную при внесении в нее пламени, искры к кратковременному (температура вспышки) образованию пламени или образуют устойчивое незатухающее пламя (температура воспламенения) [37, с. 16];

– застывания – температура, при которой нефть (нефтепродукты) в стандартных условиях теряют подвижность; показатель зависит от химического состава [37, с. 16].

5. Оптические свойства (способность вращать плоскость поляризации лучей света) для большинства нефтей характерно слабое правое вращение. С повышением температуры кипения фракции (с увеличением молекулярной массы) оптические свойства возрастают [37, с. 16].

Как видно из табл. 5, физические показатели нефти входят, в основном, в определенный интервал значений [38].

Как уже отмечено выше, нефть состоит из углерода (79,5–87,5% от массы) и водорода (11,0–14,5% от массы). Дополнительно присутствуют еще три элемента – сера, кислород и азот. В чрезвычайно малых концентрациях в нефтях встречаются металлы [39] (расположены в алфавитном порядке): алюминий, барий, бор, ванадий, галлий, железо, йод, калий, кальций, кобальт, магний, марганец, медь, молибден, мышьяк, натрий, никель, серебро, стронций, хром, цинк.

Таблица 3

Балансы ресурсов и распределения нефти и газа (тераджоуль) в 2016 г [33]

Показатель	Нефть сырая	Газ природный	Газ нефтяной попутный
Ресурсы	3 411 301,3	1 349 464,9	1 142 181,6
Добыча	2 794 576,4	492 206,1	1 141 988,5
Потери	15 517,9	7 026,3	15 436,7
Экспорт	2 598 511,3	843 681,0	-

Таблица 4

Классификация нефти в зависимости от плотности [35]

Классификация нефти	Легкая	Средняя	Тяжелая	Очень тяжелая
Относительная плотность	0,800-0,839	0,840-0,87929	0,880-0,920	0,880-0,920
Плотность API, °API	36°-45,4°	29,5°-36°	22,3°-29,3°	Менее 22,3°

Таблица 5

Физико-химические свойства нефти [36-38]

№	Параметры	Значение
1	Плотность	0.65 – 1.05 г/см ³
2	Вязкость кинематическая	2 – 300 мм ² /с
3	Средняя молекулярная масса	220 – 400 г/моль
4	Температура застывания	-62...+35 °С
5	Температура вспышки	-35...+121 °С
6	Диэлектрическая проницаемость	2.0 – 2.5
7	Удельная теплоемкость	1.7 – 2.1 кДж/(кг·К)
8	Удельная теплота сгорания	43.7 – 46.2 МДж/кг

Оригинальная классификация, отражающая химический состав нефти, предложена Грозненским нефтяным научно-исследовательским институтом (ГрозНИИ). В основу этой классификации положено преимущественное содержание в нефти какого-либо одного или нескольких классов углеводородов [40, с. 23].

Класс нефти [40, с. 23]: Парафиновое; Парафино-промежуточное, Промежуточно-парафиновое; Промежуточное; Промежуточно-нафтенное; Нафтенно-промежуточное; Нафтенное.

Основание легкой части нефти для класса 1 и 2 – парафиновое, 3-5 – промежуточное и 6-7 – нафтенное.

Особенности нефти Казахстана [41]:

1) залегает на глубине 1000–2000 м (с увеличением глубины залегания, повышением температуры и давления, у нефти улучшаются качественные характеристики: уменьшается вязкость, плотность, содержание серы, смол и асфальтенов);

2) являются мезозойскими (более 90 %);

3) по качеству: парафинистые; наиболее тяжелые и вязкие (содержат: в большом количестве парафин, смолы, асфальтены и меньше – дизельную фракцию).

Методы очистки почв от нефтезагрязнений. На сегодня наибольшее распространение получили *механический* (способы: обволакивание загрязнения, замена почвы и откачка нефти в емкости, промывка почвы, сорбция нефти с поверхностного почвенного слоя) [42], *физический* (основаны на использовании электрического тока: электрохимическая и электрокинетическая очистка, температуры), *химический* (основан на использовании растворов поверхностно-активных веществ, сильных окислителей, таких как активный кислород, хлор, щелочные растворы) [43], *агротехнический* (основан на внесении удобрений), *биологический* (используют на третьем этапе рекультивации и основан на биовентиляции, биоремедиации и фиторемедиации)

и *комбинированный* методы очистки почв от нефтезагрязнений.

В дополнение к вышеизложенному следует отметить:

1) из механического метода при крупных разливах нефти используют способ сорбции с применением специального оборудования, при том, что он является наиболее дорогим;

2) физический метод очистки:

2.1) электрокинетический способ физического метода очистки [44]:

– применяют для очистки глинистых и суглинистых почв;

– применяют при полной или неполной водонасыщенности от нефти и нефтепродуктов,

– основан на процессах электроосмоса, электрофореза,

– имеет высокую степень контроля и управления процессом очистки;

2.2) Электрохимический способ физического метода очистки высокочастотен (100-250\$ за 1 м³ почвы) и основан на пропускании электрического тока сквозь почву, что приводит к электролизу воды, электрокоагуляции, реакции электрохимического окисления и электрофлотации [43];

3) химический метод очистки длителен по времени (до 4-х лет), на промывку почв требуется много воды, которую затем следует очищать, но эффективность очистки высокая (до 99 %);

4) биологический метод очистки (продолжительность восстановления занимает 2-3 сезона) [45]:

4.1) при биовентиляции через загрязненный пласт почвы усиленно пропускается воздух с целью обеспечения микрофлоры кислородом и, следовательно, разложения органических соединений до углекислого газа и воды [46];

4.2) при биоремедиации чаще всего используют биопрепараты на основе различных микроорганизмов, отличающихся повышенной способностью к биодеградации компонентов нефтей и нефтепродуктов

(свойство у микроорганизмов обеспечивается спец ферментными системами, осуществляющих катаболизм углеводородов [46, 47];

4.3) при фиторемедиации растительные сообщества осиливают очистку слабозагрязненных нефтью почв (период восстановления происходит в 3–4 сезона) [48].

Биопрепараты для очистки почв от нефтезагрязнений. В процессе теоретических исследований изучено 29 биопрепаратов, предназначенных для очистки почв от нефтезагрязнений. В результате была выявлена определенная закономерность, на основе которых разработана классификация разделения биопрепаратов по классам (рис. 3).

Если обратить внимание на действующее начала биопрепарата, то можно выделить группы, полученные на основе [49–51]:

– бактерий (например: Эконадин, *Pseudomonas fluorescens*; НПП «ЭКО-НАД» Украина), микромицет (например: Микромицет, Пеницилиум; Биолант г.Калининград) и смешанных (например: Деворойл) культур;

– моно- (например: Путидойл, *Pseudomonas putida*; ЗапСибНИГНИ, г. Тюмень), ди- (например: Родер, из двух активных штаммов рода *Rhodococcus*; ГосНИИнефть, г.Москва) и поликультуры (например: Девройл; из сообщества липофильных и гидрофильных дрожжей и бактерий; ИНМИ РАН, г. Москва);

– микробиологических культур (см. выше) и их ферментов (например: UNI-

REM, Bio Tech Service, США; FyreZyme, Ecotech International, США).

В целом следует отметить, что на сегодня, способных деградировать различные углеводороды, выделено примерно родов среди бактерий 20, дрожжей – 19 и микромицетов – 24 (рис. 3) [52–53].

На практике для производства биопрепаратов от нефтезагрязнений чаще всего пользуются «услугами» следующих родов микроорганизмов [54, 55]: *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Microbacterium*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Nocardia*, *Nostoc*, *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Stenotrophomonas*.

При разработке биопрепарата следует учитывать требования, предъявляемые к микроорганизму деструктору углеводородов [56], они должны быть:

- 1) безопасными для природы;
- 2) хорошо изученными по биологическим (морфологии, физиологии, биохимии, генетике и экологии) и экологическим (биоресурсы и распространение) признакам;
- 3) эффективными в борьбе с нефтезагрязнениями;
- 4) устойчивыми к неблагоприятным факторам среды.

Соблюдение этих требований позволяет при очистке от нефтезагрязнений:

- в первом случае, не оказывать вред окружающей природной среде и, в частности, не оказывать вред здоровью человека;

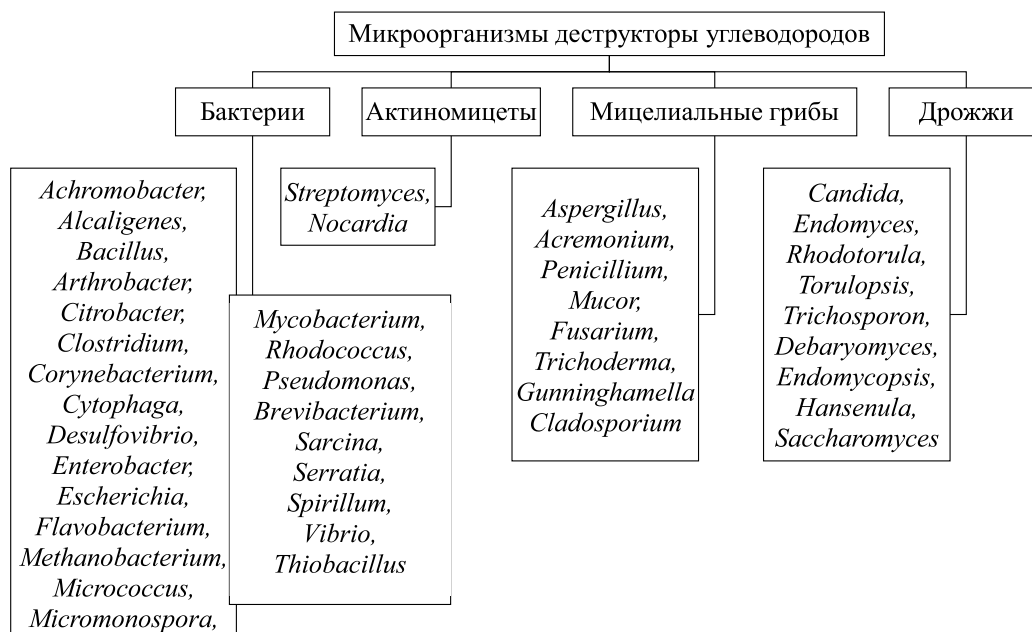


Рис. 3. Микроорганизмы-деструкторы углеводов [52, 53]

– во втором случае – иметь возможность локально контролировать развитие и распространение микроорганизмов биопрепарата в биорекультивируемой среде – грунте или водном объекте;

– в третьем случае – интенсифицировать процесс очистки от нефтезагрязнений, превосходить аборигенов по степени деградации;

– в четвертом случае – обеспечить процесс очистки в экстремальных зонах по климатическим, техногенным и другим аспектам.

В дополнение необходимо отметить, что эффективность биопрепарата тем выше, чем больше вероятность выделения деструктора из зоны загрязнения вследствие того, что они к условиям непосредственного применения адаптированы, устойчивы к действию аборигенов микроорганизмов [57, 58]. В качестве примера приводится информация о биопрепаратах в табл. 6.

Коммерческие биопрепараты можно также разделить на три категории:

1) это биопрепараты в виде суспензии, пасты или порошка, представленные из моно- или поликультуры углеводородокисляющих микроорганизмов (например, Девройл, Родер);

2) это биопрепараты, культуры которых дополнительно иммобилизованы на материалах сорбционного для углеводородов характера (например, Родотрин, Лессорб);

3) это биопрепараты, состоящие не только из микроорганизмов-деструкторов углеводов, но и из микроорганизмов продуцентов биосурфактантов, а также иные добавки, улучшающие эффект очистки (например, Ленойл СХП Дестройл).

Кроме того, выпускаются биопрепараты, одни из которых непосредственно занимают деструкцией нефтезагрязнений (вышеперечисленные биопрепараты), другие – усиливают процесс разложения нефти (например, Путидойл).

В дополнение к изложенной информации следует отметить, что отечественные биопрепараты «Мико-Ойл», «Бакойл-KZ» и «Экобак» также высокоэффективны при очистке почв от нефтезагрязнений. Так, биопрепарат «Мико-Ойл» показал высокий процент очистки (93 %) за короткий промежуток времени (1 мес.) при испытаниях на почвах Атырауской и Мангистауской областей [78], тогда как биопрепарат «Бакойл-KZ» не только снижает содержание нефти в почвах, но и, с одной стороны, активизирует ферментативную активность почв, с другой, интенсифицирует почвенное дыхание (испытан на нефтезагрязненных почвах Атырауской области) [79], биопрепарат «Экобак» был успешно протестирован при аварии нефтепровода «Павлодар – Шымкент» в Карагандинской области в 2007 г. (очищено свыше 12 тыс. т. почвы) [80].

Таблица 6

Биопрепараты для очистки почв от нефтезагрязнений

Показатель	Наименование биопрепарата			
	Девройл [59-62]	Путидойл [63-66]	Родер [67]	Эконадин [68, 69]
1	2	3	4	5
Разработан	ИНМИ РАН, г. Москва	ЗапСибНИГНИ, г. Тюмень	ГосНИИнефть, г. Москва	НПП ЭКОНАД Украина
Стоимость	35-45 \$/кг	29 \$/кг	-	5-6 \$/кг вместе с торфом
Применение	Грунт и сток	для ускорения разложения нефти	почвы различного типа, пресная и морская вода	почва, вода; отходы буровых скважин
Биологическая основа	сообщества липофильных и гидрофильных дрожжей и бактерий	Штаммы бактерий <i>Pseudomonas putida</i> 36	Монокультурный препарат: состоит из двух активных штаммов рода <i>Rhodococcus</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i> на сфагновом торфе
Технология применения	На углеводородах различных классов, и их производных	подогрев воды (5 м ³) до 18-28°C, аэрирование (16 – 24ч) и перемешивание.	Биомассу получают на средах с высоким содержанием морской соли	Культуру выращивают до концентрации не менее 5 г/л по сухой биомассе
Концентрация загрязнений	более 5% (до 20 кг/м ²)	не более 10%; в воде не выше 20 г/л	до 5%	-

Продолжение табл. 6

1	2	3	4	5
Норма расхода	5-10 кг/га почвы, 1 кг/га поверхности водоема;	3-15 кг/га почвы, 2-5 кг/га водной поверхности	Трехкратное внесение	30-50 кг/ 100м ² почвы, 100-240 кг/м ³ нефти
Срок очистки	1-2 мес.	15-30 дней	для почв 2 сезона; для воды 2 мес	3-4 мес.
Недостаток	численность микроорганизмов снижается независимо от температуры хранения	распылительная сушка живой культуры не позволяет получить препарат с высоким титром клеток	неспособность «работать» при пониженных температурах; низкая скорость роста культур	дороговизна, ограничения в использовании
Преимущество	устойчивы к повышенной солености, к резким колебаниям t и pH	короткий промежуток времени; обладает высокой окислительной активностью	После биомасса включается в биокруговорот	очистка поверхности воды
Испытан	На объектах Западной Сибири, Татарстана и др.	На побережье Баренцева моря	река Черной г. Луховицы (Московская область)	акватории и береговая зона портов Украины

Продолжение табл. 6

Показатель	Наименование биопрепарата			
	Ленойл СХП [70-73]	Дестройл [73-74]	ПЕТРО ТРИТ [75]	Лессорб [76, 77]
1	2	3	4	5
Разработан	ЗАО НПФ «Уралинвест»	ПО «Сиббиофарм» г. Бердск	ООО «РСЭ Трейдинг»	НПП Лессорб, ООО
Стоимость	400 \$, с конц. 1*10 ⁸ КОЕ/г	3000 рубль за 1 кг/л	305 руб/л	165 руб/кг
Применение	почва, замкнутые водоемы и резервуары	почва, водоемы, промстоки предприятий	Почва и водные объекты	Почва, стоки и водоемы, загрязненные нефтепродуктами и солями тяжелых металлов.
Биологическая основа	Ассоциация природных бактерий <i>Bacillus brevis</i> , <i>Arthrobacter</i> Sp.	<i>Acinetobacter</i> sp.; выпускается в виде пасты и порошка (108 кл./г)	штамм бактерий <i>Rhodococcus equi</i> , штаммы дрожжей <i>Rhodotorula glutinis</i> и <i>Rh. glutinis</i> (1:1:1)	<i>Mycobacterium</i> , <i>Mycobacterium</i> , <i>Rhodococcus</i> , <i>Acinetobacter</i>
Технология применения	в 100 л воды+ дизтопливо (0,5%) и азот-фосфорное удоб. (500 г), 24 ч при 20°C	с водой + 0,1% раствора азотно-фосфорных удобрений, аэрируют 6 ч	нарабатывание биомассы проводят при температуре 30°C и 180 оборотов в минуту в течение 3 суток.	клеточную суспензию (10 ¹¹ кл/мл) перемешивают с сорбентом (7:1)
Концентрация загрязнений	от 15 до 30%.	паста 3–20кг/г; порошок 1,5–2кг/т нефти	1–10%	до 10%

Продолжение табл. 6

1	2	3	4	5
Норма расхода	10 -20 л на 1 кв.м	3–15кг/га почвы, 2–5,5кг/га вода	10–15кг/га	для водоемов 100-150 г/м ² , почвы – 15-20 кг/т
Срок очистки	2 мес.	2-3 мес.	1,5-2 месяца	1 – 3 месяц
Недостаток	без внесения биопрепарата «Азолен» менее эффективен	наличие тяжелых металлов; не ниже 14°C – ограничения	не используют в экологически неблагоприятных условиях	нерентабельность в регионах, удаленных от мест залежей торфа
Преимущество	утилизируют при температуре от +3°C.	обладает высоко выраженной окисляющей активностью	для северных условий	биоэмульгирующая активность
Испытан	Самаранефтегаз, РК (Актау); Китай (Тачин)	в прибрежных зонах Азовского моря	На объектах Западной Сибири	Транснефть» г. Брянск

Заключение

Одним из экологических способов восстановления нефтезагрязненных почв является биоремедиация почв, которую возможно осуществлять непосредственно в местах нахождения нефтезагрязненной почвы и восстановить её исходные качества, используя оптимизацию посредством либо биостимуляции, либо биодополнением.

Для грамотного ведения процесса очистки необходимы знания почвы и ее функций, как природных, так и технико-промышленных. Важно знать характеристики нефти, подвергаемые деструкции в этой связи по-разному. Более высокая плотность нефти указывает на большее содержание ароматических углеводородов, более низкая плотность – на большее содержание парафиновых углеводородов. Чем тяжелее фракционный состав, чем больше асфальтосмолистых веществ, тем выше вязкость. Нефть Казахстана имеют особенность: залегает на глубине 1000–2000 м; являются мезозойскими (более 90%); по качеству: парафинистые; наиболее тяжелые и вязкие; содержат в большом количестве парафин, смолы, асфальтены и меньше – дизельную фракцию. Причем с увеличением глубины залегания, повышением температуры и давления, у нефти улучшаются качественные характеристики (уменьшается вязкость, плотность; уменьшается содержание серы, смол и асфальтенов).

В мировой практике при биоремедиации чаще всего используют биопрепараты на основе различных микроорганизмов, отличающихся повышенной способностью к биodeградации компонентов нефтей и нефтепродуктов (свойство у микроорганизмов обеспечивается специальными ферментными системами, осуществляющих катаболизм углеводорода).

На основе анализа известных 29 биопрепаратов разработана условная классификация разделения по классам для очистки почв от нефтезагрязнений. На сегодня известно примерно 20 родов среди бактерий, дрожжей – 19 и микромицетов – 24, способные деградировать различные углеводороды.

Для разработки новых биопрепаратов необходимо соблюдать требования: их безопасность для природы; хорошо изучить по биологическим (морфологии, физиологии, биохимии, генетике и экологии) и экологическим (биоресурсы и распространение) признакам; препараты должны быть эффективными в борьбе с нефтезагрязнениями; устойчивыми к неблагоприятным факторам среды.

Коммерческие биопрепараты сегодня можно выпускать в виде суспензии, пасты или порошка, представленных из моно- или поликультур углеводородокисляющих микроорганизмов; можно иммобилизовать на сорбционных материалах; можно выпускать комбинированными, состоящими не только из микроорганизмов-деструкторов углеводородов, но и из микроорганизмов продуцентов биосурфактантов, а также иными добавками, улучшающими эффект очистки [81]; обладающих деструкционными свойствами по отношению к нефтезагрязнениям и одновременно усиливающими процесс разложения нефти. Для выбора потенциальных вариантов биопрепаратов требуется также их технико-экономическое обоснование.

Список литературы

1. Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения: учеб. для вузов. – М.: ВЛАДОС, 2001. – 384 с.
2. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова / В.А. Ковда; отв. ред. С. В. Зонн. – М.: Наука, 1985. – 264 с.
3. Soil map of the European Communities, scale 1:1 000 000. Luxembourg: CEC (Commission of the European Communities) (DG VI) сейчас называется European Commission. 1985.
4. Blum W. E. H. The Challenge of soil protection in Europe / W. E. H. Blum // Environmental Conservation. 1990. Vol. 17. P. 72–74.
5. Ступин Д.Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2009. – 432с.
6. Голодяев Г.П. Биоремедиация нефтезагрязненных почв методом компостирования / Г.П. Голодяев, Н.М. Костенков, В.И. Ознобихин // Почвоведение. 2009. № 8. С. 996–1006.
7. Крец В.Г., Шадрин А.В. Основы нефтегазового дела. Учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 200 с.
8. Магеррамов А.М., Ахмедова Р.А., Ахмедова Н.Ф. Нефтехимия и нефтепереработка. Учебник для высших учебных заведений. Баку: Издательство «Баку Университет», 2009. – 660 с.
9. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде: Учеб. пособие. – М.: Изд-во РУДН, 2004. – 163 с.
10. Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности. – М.: Недра, 1997. – 470 с.
11. Нефедова Т.Г. Экологическое состояние земельных ресурсов Казахстана. Алматы, 2011. URL: <https://articlekz.com/article/12978> (дата обращения: 04.09.2017.).
12. Палеева В.В. Актуальные проблемы охраны окружающей среды в Республике Казахстан // Материалы Международной научно-практической конференции «Валихановские чтения – 9». – Кокшетау, 2004. Т. 6. – С.131-134.
13. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов за 2015 год // URL: <http://doklad.ecogofond.kz/zemelnye-resursy> (дата обращения: 04.09.2017).
14. Досбергенов С.Н., Усачев А.Т., Асанбаев И.К. Изменение свойств почв и состава грунтовых вод при загрязнении нефтью и нефтепромысловыми сточными водами в Западно-Казахстане // Состояние и перспективы развития почвоведения. Алматы. 2005. С.117-118.

15. Природные ресурсы и экология Казахстана на рубеже XXI века // Информационный экологический бюллетень МПРиООС РК. Кокшетау. 2000. С. 63-68; С. 75-79; С. 87-91.
16. Аханов Ж.У. Аналитическая записка о тенденции развития почвенной науки // Почвоведение и Агрохимия № 1 2008. – С.11-14.
17. Тыныбаева Т.Г. Мониторинг загрязнения почв на газонефтяном месторождении Северные Бузачи (Казахстан). Автор.дисс.на соискание уч.степ. к.б.н. по спец. 03.00.16-Экология. М, 2007. – 26 с.
18. Сапаров А.С. Биологическая продуктивность почв Казахстана в условиях антропогенеза // Почвоведение и агрохимия. Алматы. 2008. – С. 17-18.
19. Совместный приказ Минздрава и МОМ от 27.01.2004 №21 П «Об утверждении Нормативов вредных веществ, вредных микроорганизмов и других биологических веществ, загрязняющих почву». Астана. 2004.
20. Сапаров А.С., Шимшиков Б.Е., Досбергенов С.Н., Асанбаев И.К. Нефтехимическое загрязнение почв территории трасс нефтепроводов в Атырауской области // Почвоведение и агрохимия. Алматы, 2009. С. 59 – 61.
21. Бондаренко А.П., Базарбеков К.У. Восстановление экосистем нарушенных нефтепродуктами: учебное пособие. – Павлодар, 2006. – 195 с. С.36.
22. Хабиров И.К., Габбасова И.М., Хазиева Ф.К. Устойчивость почвенных процессов. – Уфа: БГАУ, 2001. – 327 с.
23. Киреева Н.А. Влияние загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами на численность и видовой состав микромитозов / Н.А. Киреева, Н.Ф. Галимзянова // Почвоведение. – 1995. – № 2. – С.211-216.
24. Бочарникова Е.Д. Влияние нефтяного загрязнения на свойства серо-бурых почв Апшерона и серых лесных почв Башкирии / Е.Д. Бочарникова // Автореф. Дис. ... канд. биол. наук. – М.: 1990. – 16 с.
25. Саксонов М.А. Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли / М.А. Саксонов, А.Д. Абалаков, Л.В. Данько, О.А. Бархатова, А.Э. Балаян, Д.И. Стом // Физико-химические и биологические методы. – Иркутск: Иркут. Ун-т, 2005. – 114 с.
26. Гриценко А.И. Экология. Нефть и газ / А.И. Гриценко, Г.С. Акопов, В.М. Максимов. – М.: Наука, 1997. – 598 с.
27. Шамаева А.А. Исследование процессов биоремедиации почв и объектов, загрязненных нефтяными углеводородами: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биол. Наук: 14.11.2007 / Башкирский гос. ун-т. – Уфа, 2007.
28. Панов Г.Е. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности / Г.Е. Панов, Л.Ф. Петряшин, Г.Н. Лысяный. – М.: Недра, 1986. – 244 с.
29. Statistical Review of World Energy 2016. URL: <http://www.bp.com> (дата обращения: 19.12.2017.2017).
30. Внешняя торговля Республики Казахстан 2007–2011. Статистический сборник. Астана: Агентство Республики Казахстан по статистике, 2011. – 176 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.stat.gov.kz>.
31. Бренд нефтяных возможностей. URL: <http://invest-market.com/article.php?id=2021&type=news&PHPSESSID=41790c4ee6fa12a653b1dc2fbd15078a> (дата обращения: 26.08.2017).
32. Еликбаев Б.К., Мусина У.Ш., Джамалова Г.А. Воздействие техногенеза на процесс опустынивание в Казахстане. I Международная научно-практическая конференция «Опустынивание Центральной Азии: оценка, прогноз, управление». Астана, 25-27 сентября, 2014.
33. Топливо-энергетический баланс Республики Казахстан 2012-2016 / Статистический сборник / г. Астана, 2017. URL: <http://www.stat.gov.kz> (дата обращения: 12.01.2018).
34. Химия нефти и топлив: учебное пособие / Е. В. Бойко. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 60 с.
35. Нефть 2017 / Межрыночный анализ Forex. URL: <http://enc.fxclub.ru/390/> (дата обращения: 29.08.2017).
36. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде: Учеб. пособие. – М.: Изд-во РУДН, 2004. – 163 с.
37. Плачкова С.Г., Плачков И.В., Дунаевская Н.И. и др. / Энергетика: история, настоящее и будущее: От огня и воды к электричеству/ Киев: Издательский дом «АДЕФ-Украина», 2012 – 2013.
38. Физические Свойства нефти. URL: <http://petrodi-gest.ru/info/neft/fizicheskie-svoystva-nefti> (дата обращения 29.08.2017).
39. Энергетика: история, настоящее и будущее. К: Издательский дом «АДЕФ-Украина». 2012 – 2013. URL: <http://energetika.in.ua/ru/avtori> (дата обращения: 07.09.2017).
40. Химия нефти и газа: Учебное пособие для вузов / Под ред. В. А. Проскурякова и А. Е. Драбкина. – Л.: Химия, 1981. – 359 с.
41. Байдельдина О.Ж., Дарибаева Н.Г., Нуранбаева Б.М. Особенности строения и свойств парафинистых нефтей казахстана, влияющие на эффективность мероприятий при борьбе с парафиноотложениями // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 4. – С. 100-106.
42. Морозов Н.В., Лыкова Е.В. Оптимизация процесса восстановления почв загрязненных нефтью и нефтепродуктами // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – № 11 – С. 63-63.
43. Какие бывают методы очистки почвы от загрязнения URL: <http://ecology-of.ru/priroda/kakie-byvayut-metody-ochistki-pochvy-ot-zagryazneniya> (дата обращения: 01.09.2017).
44. Абсеитова Е., Амралина А., Нуралина М. Эффективность биологического метода очистки почв. URL: http://www.rusnauka.com/12_KPSN_2013/Ecologia/1_135395.doc.htm. (дата обращения: 25.08.2017).
45. Киреева Н.А. Микробиологические процессы в нефтезагрязненных почвах / Н.А. Киреева – Уфа: БашГУ, 1994. – 171 с.
46. Очистка почв, загрязненной нефтепродуктами. URL: https://www.anpz.kz/press_center/news/?ELEMENT_ID=24466 (дата обращения: 25.08.2017).
47. Вельков В.В. Биоремедиация: принципы, проблемы, подходы/ В.В. Вельков// Биотехнология. – 1995.- № 3-4.- С. 20-27.
48. Темирганов Б.А. Исследование основных свойств нефтяных сорбентов и их сравнительный анализ // Актуальные проблемы современной науки. Ч.13. Экология: Труды 5-й Международной конференции молодых ученых и студентов. 7-9 сентября 2004. – 127 с.
49. Кузнецов А.Е. Прикладная Экобиотехнология: учебное пособие: в 2 т. / А.Е. Кузнецов, Н.Б. Градова, Н.Б. Лушников, М. Энгельхарт, Т. Вайссер, М.В. Чеботаева. – М.: БИНОМ, 2010. – Т. 2. – 485 с.
50. Биопрепараты – деструкторы нефти и нефтепродуктов. URL: <http://www.npuuk.ru/?q=node/252> (дата обращения: 08.09.2017).
51. Рогозин Е.А., Андреева О.А., Жаркова С.И., Мартынова Д.А. Сравнительная характеристика отечественных биопрепаратов, предлагаемых для очистки почв и грунтов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2010. – Т.5. № 3. URL: http://www.ngtp.ru/gub/7/37_2010.pdf (дата обращения: 08.09.2017).
52. Хомякова Д.В. Угледородокисляющая микробиота нефтезагрязненных почв Крайнего Севера / Д.В. Хомякова, И.В. Ботвиенко, А.И. Нетрусов // Биоразнообразие восстанавливаемых территорий (ред. Капелькина Л.П.). СПб.: Наука, 2002. – С. 15-30.
53. Киреева Н.А. Моделирование биодеградации нефти в почве микроорганизмами / Н.А. Киреева, В.В. Водопьянов // II Международная научная конференция «Современ-

ные проблемы загрязнения почв». Том 2: сборник материалов. – М.: Изд-во МГУ, 2007. – С. 78–79.

54. Маркарова М.Ю. Характеристика некоторых представителей углеводородокисляющей микрофлоры Усинского нефтяного месторождения [Электронный ресурс] / М.Ю. Маркарова // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. – 2000. – Вып. 34. – Режим доступа: <http://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/00-34/03.html>.

55. Ибрагимова С.Т. Биологическое диагностирование нефтезагрязненных почв месторождений Казахстана: автореферат дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Ибрагимова Самал Токагамбетовна. – Алматы, 2009. – 18 с.

56. Киреева Н.А., Бакаева М.Д., Галимзянова Н.Ф. Влияние биоремедиации на условно-патогенные микромицеты нефтезагрязненных почв. Проблемы медицинской микологии. 2005. т.7, 2, С.40–41.

57. Андреева, И.С. Психроотолерантные штаммы-нефтедеструкторы для биоремедиации почв и водной среды / И.С. Андреева, Е.К. Емельянова, С.Н. Загребальный, С.Е. Олькин, И.К. Резникова, В.Е. Репин // Биотехнология. – 2006. – № 1. – С. 43–52.

58. Куликова И.Ю. Разработка биопрепарата для ликвидации авиационных разливов на море / И.Ю. Куликова // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2008. – № 5. – С. 59–62.

59. Биопрепараты – деструкторы нефти и нефтепродуктов. URL: <http://npukk.ru/?q=node/252> (дата обращения 6.09.2017).

60. Биопрепараты – деструкторы нефти и нефтепродуктов. 2007 – 20017. URL: <http://gmo.jofo.me/514032.html> (дата обращения 6.09.2017).

61. Патент РФ № 2319541. Способ получения сорбента. Авторы: Назарько М.Д., Романова К.Н., Лобанов В.Г. и др. Дата публикации: 20.03.2008. URL: <http://www.freepatent.ru> (дата обращения 6.09.2017).

62. Патент РФ № 2378060. Биопрепарат для очистки почв от загрязнений нефтью и нефтепродуктами, способ его получения и применения. Филонов А.Е., Кошелева И.А., Самойленко В.А. Дата публикации: 10.01.2010. URL: <http://www.freepatent.ru> (дата обращения 6.09.2017).

63. Патент РФ № 2193533. Биопрепарат для очистки воды и почвы от нефти и нефтепродуктов. Авторы: Чугунов В.А., Холоденко В.П., Ермоленко З.М. Дата публикации: 27.11.2002. URL: <http://ru-patent.info> (дата обращения 6.09.2017).

64. Биопрепараты для ликвидации загрязнений. URL: <http://www.studfiles.ru> (дата обращения 6.09.2017).

65. Патент РФ № 2428469. Биопрепарат для очистки почв и воды от нефти и нефтепродуктов. Авторы: Рогозина Е. А., Орлова Н. Свечина Р. М. Дата публикации: 10.09.2011. URL: <http://www.findpatent.ru> (дата обращения 6.09.2017).

66. Очистка почва, загрязненной нефтепродуктами. URL: http://www.vitusltd.ru/recult_oil.html?for_printing (дата обращения 6.09.2017).

67. Патент РФ № 2174496. Биопрепарат «родер» для очистки почв, почвогрунтов, пресных и минерализованных вод от нефти и нефтепродуктов. Мурыгина В.П., Войшвил-

ло Н.Е., Калужный С.В. Дата публикации: 10.10.2001. URL: <http://www.findpatent.ru/> (дата обращения 6.09.2017).

68. Биопрепарат «Эконадин» – сорбент биодеструктор углеводородов нефти. URL: <http://www.econad.com.ua/index.php?page=8&pg=6&ln=ru>. (дата обращения 6.09.2017).

69. Новый биопрепарат «эконадин» для быстрого реагирования при ликвидации нефтяного загрязнения. Дата публикаций 23.04.2008. URL: <http://www.uiniei.kiev.ua/RUS/offer.php?offid=584&slang=rus> (дата обращения 6.09.2017).

70. Биопрепараты для очистки от нефти. URL: <http://www.ufa-uralinvest.ru/preparat.htm> (дата обращения 6.09.2017).

71. Ленойл – сегодня самый эффективный ликвидатор загрязнения нефтью и нефтепродуктами. URL: <http://lenoil.myl.ru> (дата обращения: 08.09.2017).

72. Патент РФ 2297290. Способ рекультивации отбелевающей земли, загрязненной нефтепродуктами. Авторы: Логинов О. Н., Бикинина А. Г., Силищев Н. Н. Дата публикации: 20.04.2007. URL: <http://www.freepatent.ru> (дата обращения 6.09.2017).

73. Биологический препарат Дестройл. URL: <http://www.gasturbo.ru> (дата обращения 6.09.2017).

74. Патент РФ 2431532. Способ обезвреживания нефтезагрязненных земель и нефтешламов. Авторы: Конев С. П., Авдеева Н. В., Мельников Э. В., Дата публикации: 20.10.2011. URL: <http://www.freepatent.ru> (дата обращения 6.09.2017).

75. Патент № 2501852. Препарат для очистки почвы от нефти и нефтепродуктов. Авторы: Щемелинина Т.Н., Маркарова М.Ю., Шарапова И.Э. Дата публикации: 20.12.2013 URL: <http://www.freepatent.ru> (дата обращения 6.09.2017).

76. Патент № 2193533. Биопрепарат для очистки воды и почвы от нефти и нефтепродуктов. Авторы: Чугунов В.А., Холоденко В.П., Ермоленко З.М. Дата публикации: 27.11.2002 URL: <http://ru-patent.info> (дата обращения 6.09.2017).

77. Патент № 2317262. Препарат для микробиологической очистки нефтяных шламов и загрязненного нефтепродуктами грунта. Авторы: Франк Р. Дж., Фесик М.Т., Циммерман У.Б. Дата публикации: 20.02.2008. URL: <http://www.freepatent.ru> (дата обращения: 06.09.2017).

78. Айгуль Турысбекова. «Мико-Ойл»: биологическая химчистка. АО «Республиканская газета «Казахстанская правда» 2017. URL: <http://www.kazpravda.kz/fresh/view/miko-oil-biologicheskaya-himchistka1/> (дата обращения: 25.08.2017).

79. Биопрепарат «Бакойл-KZ». URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnaya-otsenka-razlichnyh-dozbiopreparata-dlya-ochistki-neftezagryaznennyh-pochv> (дата обращения: 25.08.2017).

80. Кайгородцева Т.Ф. Биотехнология в Казахстане. 14.12.2014. URL: <http://dereksiz.org/biotehnologii-v-kazhastane.html> (дата обращения 6.09.2017).

81. Turkayeva A., Jamalova G., Mussina U., Oshakbayev M., Timma L., Pubule Je., Blumberga D. Chemical and microbiological nature of produced water treatment biotechnol-ogy// Energy Procedia 113 (2017). – P. 116–120.

УДК 556.552

ВОДООБМЕН В МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ УЧАСТКАХ ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Китаев А.Б.*ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь,
e-mail: hydrology@psu.ru*

Интенсивность водообмена является важнейшей характеристикой экосистемы любого объекта, в том числе и искусственных водоемов, каковыми являются водохранилища. В настоящем исследовании дан анализ существующих методов оценки внешнего водообмена по модели водоема–вытеснителя. В основу работы положен показатель, представляющий отношение сброса вод с каждого морфометрического участка к величине объема этого участка. Величина сброса вод определялась через расходы воды по методике Т.П. Девятковой для границ морфометрических участков. Величины же объемов вод определялись по объемным кривым. Выбор используемого в работе метода обусловлен простотой расчета и прежде всего тем, что он отражает характер регулирования стока водохранилищем. Представлены результаты расчета средне-месячных величин показателя внешнего водообмена всех морфометрических участков Воткинского водохранилища в современных условиях (по материалам 1993–2004 гг.). Дана сравнительная характеристика полученных результатов с материалами, ранее выполненных исследований. Полученные величины обмена вод морфометрических участков Воткинского водохранилища могут быть с успехом использованы при оценке процессов разбавления и смешения сточных вод, сбрасываемых в водоем, а также при оценке состояния водной экосистемы водохранилища.

Ключевые слова: водохранилище, морфометрический участок, водный баланс, обмен вод

WATER EXCHANGE IN MORPHOMETRIC SITES OF VOTKINSK WATER RESERVOIR

Kitaev A.B.*Perm State University, Perm, e-mail: hydrology@psu.ru*

The intensity of water exchange is the most important characteristic of an ecosystem of any object including artificial reservoirs which reservoirs are. In the real research the analysis of the existing methods of assessment of external water exchange on reservoir displacer model is given. The indicator representing the relation of dumping of waters from each morphometric site to the size of volume of this site is the basis of work. The size of dumping of waters was defined by water expenses by T.P. Devyatкова's technique for borders of morphometric sites. Sizes of volumes of waters were determined by volume curves. The choice of the method used in work is caused by simplicity of calculation and first of all the fact that it reflects the nature of regulation of a drain a reservoir. Results of calculation of average monthly sizes of an indicator of external water exchange of all morphometric sites of the Votkinsk reservoir in modern conditions are presented (on materials of 1993–2004). The comparative characteristic of the received results with materials, earlier executed researches is given. The received sizes of exchange of waters of morphometric sites of the Votkinsk reservoir can be used with success at assessment of processes of dilution and mixture of the sewage dumped in a reservoir and also at assessment of a condition of a water ecosystem of a reservoir.

Keywords: reservoir, morphometric site, water balance, water exchange

Среди различных видов антропогенного воздействия на природу видное место занимает создание водохранилищ, перераспределяющих речной сток во времени и пространстве. При этом существенное изменение претерпевают различные составляющие единого процесса стока: водный, тепловой, солевой, биологический и т.д. При зарегулировании стока изменяется, прежде всего, интенсивность и скорость обновления вод в реках и речных системах.

Интенсивность водообмена является важнейшей характеристикой экосистемы любого объекта, в том числе и искусственных водоемов, каковыми являются водохранилища. По мнению К.К. Эдельштейна [5] водообмен представляет собой сочетание многообразных динамических процессов, одновременно протекающих в водоеме под

действием на воду различных внешних сил, ее вязкости и инерции.

В настоящее время принято деление водообмена на внешний и внутренний. Внешний водообмен определяется компонентами водного баланса и под ним понимается замена вод, находящихся в водоеме, новыми водами, поступившими извне [4]. При внутреннем водообмене происходит перемещение и смешение водных масс в самом водоеме. Он может быть связан как с внешним водообменом и водным балансом, так и с перемешиванием – горизонтальным и вертикальным турбулентным обменом. В первом случае фактором, определяющим водообмен, являются стоковые течения, во втором случае турбулентное перемешивание происходит при волнах и течениях (как стоковых, так и ветровых).

Внешний водообмен непосредственно связан с водным балансом водоемов. Он осуществляется по-разному в сточных и бессточных водных объектах. В реках и большинстве сточных водоемов, к которым принадлежат водохранилища (кроме многих прудов), водообмен осуществляется в основном путем притока воды с водосборов и стока из водотока или водоема. С поступающими или вытекающими водами перемещаются содержащиеся в них наносы, растворенные вещества, а часто и планктон. Следовательно, чем интенсивнее водообмен, тем быстрее могут изменяться физико-химические свойства вод.

Материалы и методы исследования

В работе были использованы составляющие водного баланса Воткинского водохранилища за период с 1993 по 2004 г. (рис. 1). Расчет показателя внешнего водообмена выполнен с использованием методики определения среднемесячных величин расходов воды, на границах морфометрических участков, предложенной Т.П. Девятковой [1] и объемных кривых.

Результаты исследования и их обсуждение

Наибольшая величина годового сброса воды через Камскую ГЭС за рассматриваемый период составила 73,6 км³ (93,2% от прихода) в 1994 г., а наименьшая наблюдалась в 2004 г. и составила 49,5 км³ (92,9% от приходной части). Боковая приточность в водохранилище достигла максимального значения в 1995 г. (1,32 км³ или 2,1%), а минимального в 1996 г. (0,69 км³ или 1,2%). Наибольшее количество атмосферных

осадков было в 1994 г. и составило 0,72 км³ (0,9% от прихода), а наименьшее количество наблюдалось в 1996 г. и составило 0,43 км³ (0,8%). Наибольшее суммарное поступление вод в водохранилище было в 1994 г. (79,0 км³), а наименьшее в 2004 г. – 53,3 км³ [2].

Основной составляющей расходной части водного баланса водохранилища является поверхностный сток через Воткинскую ГЭС. Наибольшее значение этого поступления наблюдалось в 1994 г. и составило 77,1 км³ или 99,5% от всей расходной части, наименьшее же значение пришлось на 2004 г. (50,6 км³ или 99,2%). Величина потерь воды при испарении с поверхности водоема наибольшего значения достигала в 1998 г. и составила 0,47 км³ (0,8% от расходной части). Наибольшие суммарные потери воды из водохранилища были в 1994 г. и составили 77,5 км³, а наименьшие – в 2004 г. (51,0 км³).

Сопоставление приходных и расходных частей водного баланса показало, что в 1994 и в 2004 г. приток вод в водохранилище был несколько выше потерь воды из водоема (в 1994 г. – 79,0 км³ и 77,5 км³, а в 2004 г. – 53,3 км³ и 51,0 км³).

На основе полученных данных можно сделать вывод, что 1994 г. является многоводным, а 2004 г. – маловодным.

Камское водохранилище характеризуется большими колебаниями величин приходной и расходной частей, чем на Воткинском, что говорит о том, что Камское водохранилище можно отнести к природно-техногенному объекту, а Воткинское, зарегулированное с двух сторон, стоит отнести к техногенному объекту.

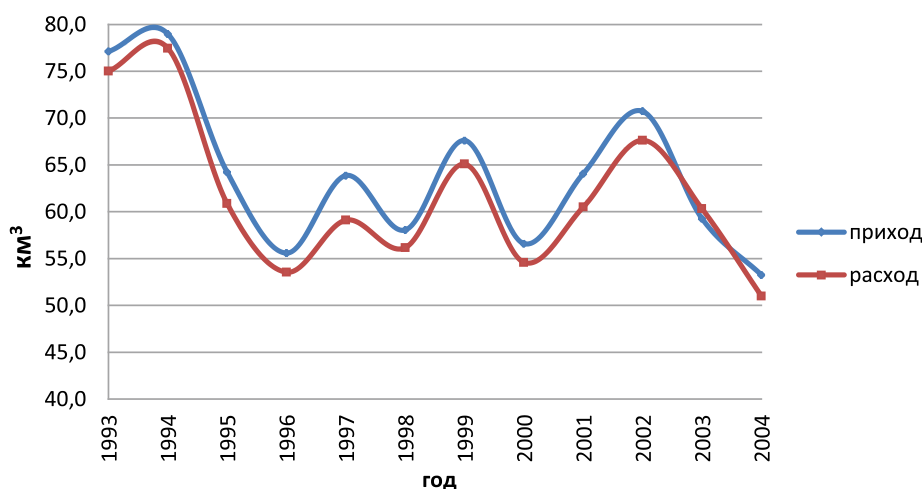


Рис. 1. Соотношение приходной и расходной частей водного баланса Воткинского водохранилища (1993–2004 гг.)

Если сравнивать водный баланс на Камских водохранилищах за выявленный многоводный (1994) и маловодный (2004) г. с коэффициентами, полученными автором за многоводный (на Камском водохранилище – 1965 г., на Воткинском – 1979 г.) и маловодный (1967) г., то можно сделать вывод, что на Камском водохранилище суммарный объем приходной и расходной частей в 1994 г. (73,8 км³ и 74,2 км³) выше, чем в 1965 г. (68,0 км³ и 62,1 км³). Причиной этого является отсутствие рассчитанного прихода воды на неизученных реках в 1965 г., потому что по основному и боковому притоку объем воды в 1965 г. был выше, чем в 1994 г. (37,0 и 29,6 – в 1965 г.; 36,5 и 27,0 – в 1994 г.). На Воткинском водохранилище суммарный объем приходной и расходной частей в 1994 г. (78,9 км³ и 77,5 км³) выше, чем в 1979 г. (73,6 км³ и 73,9 км³).

Сравнивая маловодные годы (1967 и 2004 г.) можно сказать, что на Камском и Воткинском водохранилище объемы приходной и расходной частей в 2004 г. были больше, чем в 1967 г. На Камском водохранилище объем приходной части в 1967 г. был 39,6 км³, а в 2004 г. – 51,5 км³, а объем расходной части составил 37,8 км³ и 50,2 км³. На Воткинском водохранилище объем приходной части в 1967 г. был 39,4 км³, а в 2004 г. – 53,3 км³, а объем расходной части составил 36,7 км³ и 51,0 км³ [3].

В работе показатели внешнего водообмена для всего водохранилища были рассчитаны по модели водоема-вытеснителя по трем основным показателям:

– коэффициенту водообмена по притоку

$$D_{\text{пр}} = \frac{W_{\text{пр}}}{V} \quad (\text{формула С.В. Григорьева}),$$

– коэффициенту водообмена по оттоку (стоку) $D_{\text{ст}} = \frac{W_{\text{ст.ГЭС}}}{V}$ (формула Л.И. Дубровина),

– среднему коэффициенту водообмена $D = \frac{W_{\text{пр}} + W_{\text{от}}}{2V}$ (формула В.Н. Штефана) (рис. 2).

Максимальные значения коэффициентов водообмена по всем трем формулам пришлось на 1994 г. и составили 9,40, 9,58 и 9,49. Минимальные же значения были в 2003 г. – 6,60, 6,48 и 6,54.

Сравнение коэффициентов водообмена Камского и Воткинского водохранилищ представлено на рис. 3.

На основе полученных данных можно сделать вывод, что обмен вод в Воткинском водохранилище происходит быстрее, чем в Камском водохранилище (в 1,5 раза), кроме 1998 и 2001 г.

При оценке интенсивности внешнего водообмена морфометрических участков Камского и Воткинского водохранилищ использован показатель, представляющий собой отношение стока с каждого конкретного участка водоема к его объему, т.е.

$$D_{\text{уч}} = \frac{W_{\text{ст.уч.}}}{V_{\text{уч}}}.$$

Анализ водообмена по приведенной формуле за период с 1993 по 2004 г. по Камскому и Воткинскому водохранилищам показал, что во внутригодовом ходе внешний водообмен имеет три фазы:

- весеннее наполнение с максимальными показателями водообмена;
- летне-осенний период;
- зимняя сработка водохранилища.

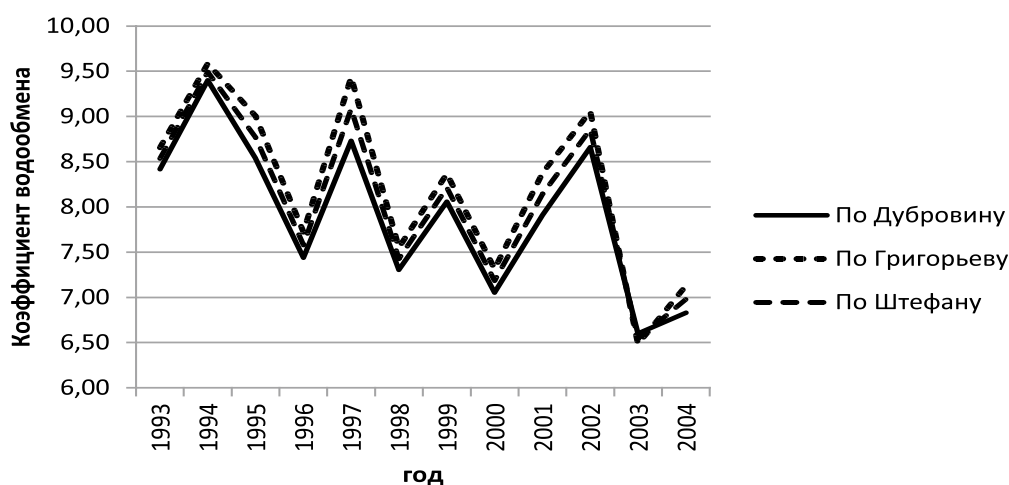


Рис. 2. Изменение коэффициентов внешнего водообмена на Воткинском водохранилище за период с 1993 по 2004 гг.

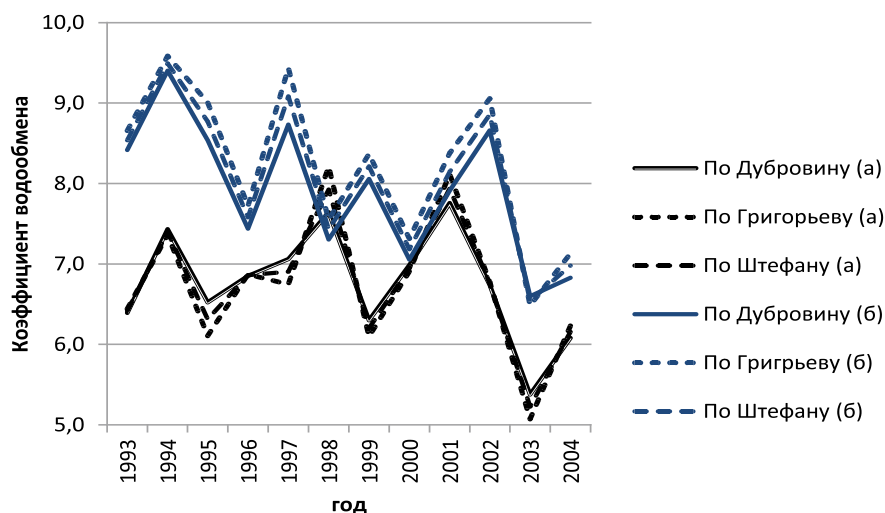


Рис. 3. Изменение коэффициентов внешнего водообмена на Камском (а) и Воткинском (б) водохранилищах за период с 1993 по 2004 гг.

В период наполнения водохранилищ весной интенсивность водообмена на всех морфометрических участках (рис. 4) заметно выше, чем в зимнее и летнее время. При этом максимальные величины относятся к верхним участкам водоемов, а минимальные — к приплотинным участкам. На водохранилищах отмечается некоторое увеличение показателей водообмена во время прохождения паводков в летне-осенний период, на Камском водохранилище это более заметно, чем на Воткинском.

Период весеннего наполнения на всех участках Воткинского водохранилища в 1993 г. отмечался в мае. В это время были зафиксированы наибольшие значения обмена вод. Так, на верхнем участке обмен вод составляет 32,8 раза, в центральной части на участке Жулановка–Калиновка — 9,4 раза, на приплотинном участке водообмен снизился до 4,4 раз. В летне-осенний период за счет дождевых паводков (октябрь) водообмен увеличился и составил на участке Пермь–Оханск 6,8 раза, на участке Жулановка–Калиновка уменьшился до 2,7 раз и в приплотинной части водохранилища снизился до 1,4 раз. В период зимней сработки водоема (декабрь) наблюдались минимальные значения обмена вод в годовом аспекте и составили для верхнего участка — 4,4 раза, для центральной части водохранилища — 1,2 раза и на приплотинном участке обмен вод происходит 0,7 раз в месяц.

Согласно рис. 1 1994 год является многогодовым за исследуемый период. В период весеннего наполнения водоема (май) (рис. 5) на первом участке водохранилища

обмен вод составил 21 раз, в центральной части — 6 раз, а на приплотинном участке снизился до 2,8 раз. В летне-осенний период сильно выраженного увеличения водообмена во время дождевых паводков в октябре 1994 г. не было и обмен вод на тех же участках составил — 6,2; 2,5 и 1,3 раза. В период зимней сработки наименьшие значения обмена вод для всех участков пришлось на январь и составили 3,7; 1,2 и 0,7 раз. В декабре этого года наблюдалось повышение водообмена до 10,8 раза на верхнем участке водохранилища, что явилось экстремальным значением обмена вод за весь рассматриваемый период для данной фазы водного режима.

В период весеннего наполнения водоема в 1995 г. максимальные значения водообмена на участке от Камской ГЭС до Оханска были в апреле и составили 21,2 раза. На нижележащих участках наибольшие значения обмена вод пришлось на май и составили для центрального участка 6,6 раза, для приплотинного — 3,2 раза. В летне-осенний период в августе наблюдалось повышение водообмена на центральном и приплотинном участке до 2,3 и 1,2 раза за счет дождевых паводков. Затем водообмен снизился и вновь увеличился только к периоду зимней сработки (декабрь): в верхнем участке до 5,2 раза, в центральном до 1,7 раз и на участке Калиновка–Воткинская ГЭС до 0,9 раз. Минимальные значения обмена вод пришлось на январь и составили для тех же участков — 5,4; 1,0; 0,6 раза.

Согласно рис. 1 1996 г. является маловодным за исследуемый период. В период весеннего наполнения водохранилища макси-

мальные значения обмена вод на участках Камская ГЭС–Оханск и Оханск–Жулановка были в мае и составили 17,9 и 8,8 раза, а на участках Жулановка–Калиновка и Калиновка–Воткинская ГЭС максимум пришелся на июнь и составил 4,0 и 2,0 раза. В летне-осенний период водообмен несколько увеличился в октябре на верхнем участке

до 5,9 раз, в центральной части водохранилища составил 2,6 раза, на приплотинном участке – 1,4 раза. В период зимней сработки водохранилища минимальные значения водообмена отмечались в марте: в верхнем участке 4,0 раза, в центральном 1 раз и на участке Калиновка–Воткинская ГЭС 0,5 раза.

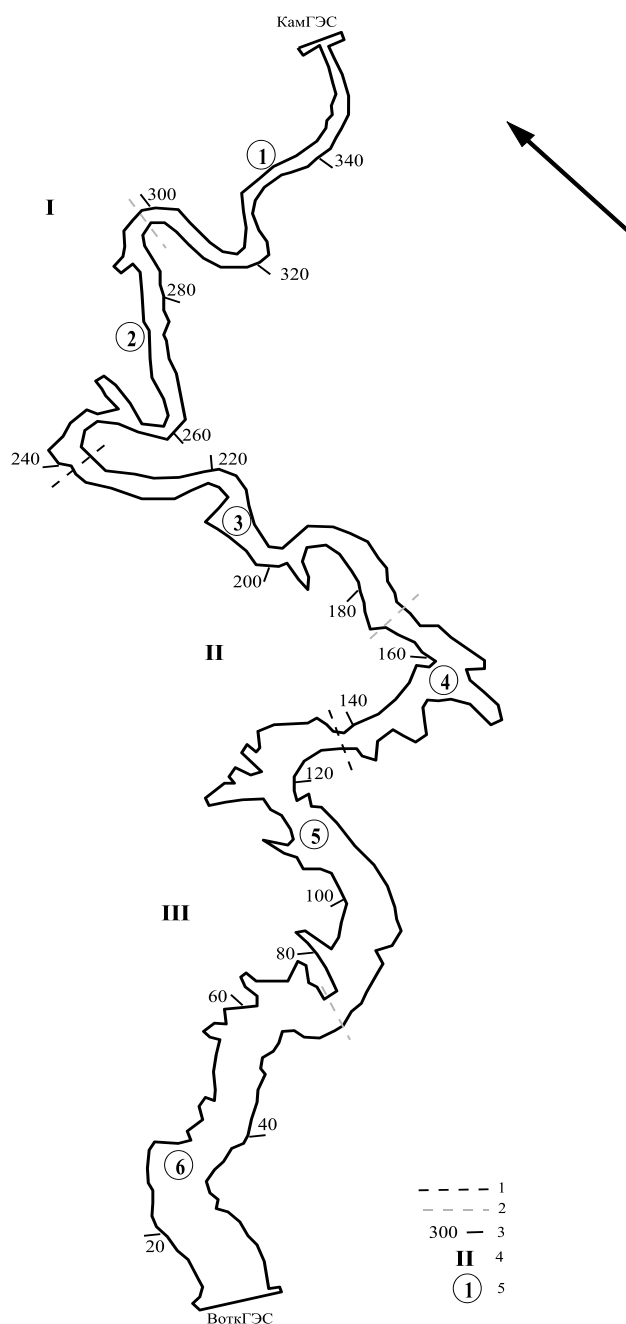


Рис. 4. Схема морфологических таксономов Воткинского водохранилища: 1 – границы районов; 2 – границы участков; 3 – расстояние (км) от плотины (по судовому ходу); 4 – номера районов; 5 – номера участков: 1 – Пермь – Краснокамск, 2 – Краснокамск – Сосновка (Оханск), 3 – Сосновка – Березовка, 4 – Березовка – Жулановка, 5 – Жулановка – Калиновка, 6 – Калиновка – Воткинская ГЭС

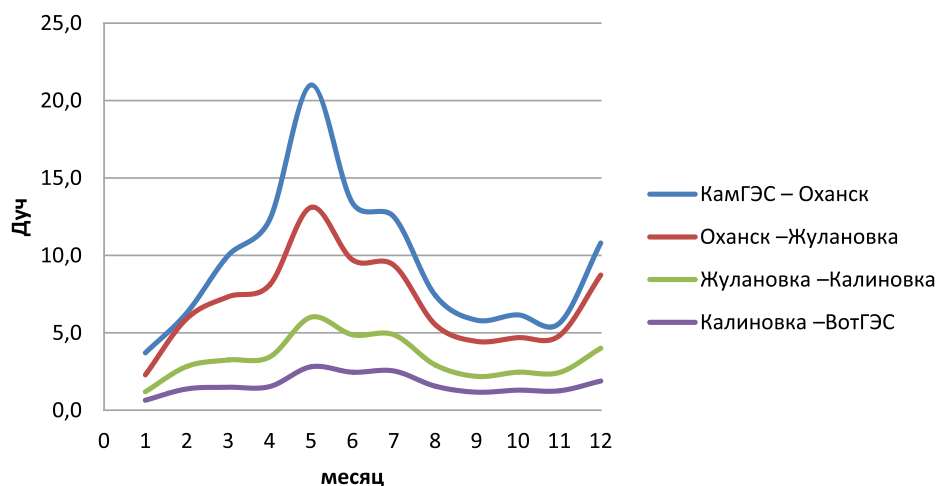


Рис. 5. Внутригодовой ход коэффициента $D_{уч}$ Воткинского водохранилища в 1994 г.

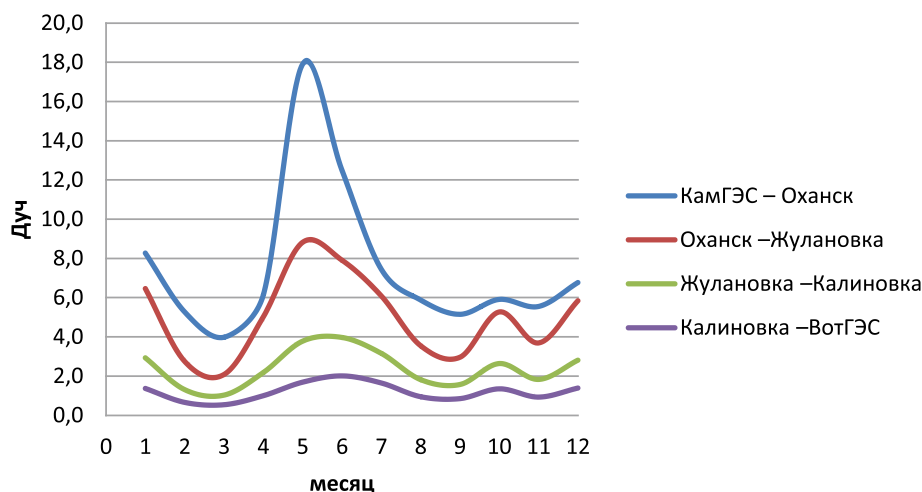


Рис. 6. Внутригодовой ход коэффициента $D_{уч}$ Воткинского водохранилища в 1996 г.

В период весеннего наполнения водоема в 1997 г. максимальные значения водообмена на всех участках Воткинского водохранилища были в мае и составили для верхнего участка 34,4 раза, для центрального участка – 10,6 раза, а для приплотинного – 5 раз. В летне-осенний период сильно выраженного увеличения водообмена во время дождевых паводков в октябре этого года не было и обмен вод для тех же участков составил – 5,5; 1,6 и 0,8 раза. В период зимней сработки водохранилища минимальные значения водообмена отмечались в феврале на участке Пермь–Оханск – 3,0 раза, Жулановка–Калиновка – 0,8 раза, Калиновка–Воткинская ГЭС – 0,4 раза.

В фазу весеннего наполнения водоема 1998 г. максимальные значения водообмена

на всех участках водохранилища были в мае и составили для верхнего участка 39,2 раза, для центрального участка – 9,6 раза, а для приплотинного – 4,2 раза. В летне-осенний период было некоторое увеличение водообмена на верхнем участке в октябре и обмен вод был 5,8 раза, а на центральном и приплотинном участке такое явление отмечалось в сентябре – 2,3 и 1,2 раза. В период зимней сработки водоема на всех участках минимальные значения были в декабре и составили 3,3; 1,1 и 0,6 раза.

В период весеннего наполнения водоема 1999 г. максимальные значения водообмена на всех участках водохранилища были в мае и составили для верхнего участка 40 раз, для центрального участка – 10,6 раз, а для приплотинного – 4,7 раз. В летне-осенний

период было некоторое увеличение водообмена на верхнем участке в сентябре, когда обмен вод составил 5,9 раза. В ноябре на всех участках водохранилища отмечалось некоторое повышение водообмена на верхнем участке до 5,7 раза, в центральной части водохранилища обмен вод составил 2,1 раза, на приплотинном участке – 1 раз. В период зимней сработки водоема на всех участках минимальные значения были в декабре и составили 4,4; 1,3 и 0,7 раза.

Характер пространственно-временных изменений обмена вод в последующие годы (2000-2004 гг.) рассматриваемого периода в целом аналогичен выше представленному временному интервалу.

Выводы

1. Рассматривая изменение показателей водообмена по длине водохранилища видно, что в течение года происходит плавное снижение обмена вод от плотины Камской ГЭС до плотины Воткинской ГЭС за весь расчетный период. Наибольшие их значения приходятся на период весеннего наполнения – май, минимальные на период зимней сработки.

2. Сравнение коэффициентов водообмена на Воткинском водохранилище за выявленный многоводный (1994) и маловодный (1996) год с их величинами, полученными автором за многоводный (1965) и маловодный (1967) год [3-5] показало, что в период весеннего наполнения водоема показатели водообмена в 1994 г. на верхнем участке (21 раз) больше, чем в 1965 г. (14,7 раза). На остальных участках водохранилища, наоборот, в 1965 г. (центральная часть – 7,3 раза, приплотинная – 3,5 раза) водообмен был больше, чем в 1994 г. (6 и 2,8 раз). В осталь-

ные фазы водного режима на всех участках водохранилища обмен вод выше в 1994 г.

3. На Воткинском водохранилище в период с февраля по апрель обмен вод в центральной и приплотинной части водохранилища происходил быстрее в 1967 г. в 1–1,5 раза, чем в 1996 г. В остальные месяцы на всех участках водоема водообмен в 1996 г. был выше, чем в 1967 г. в 1–3 раза.

4. В целом, наличие трех фаз во внутригодовом ходе внешнего водообмена и распределение коэффициентов $D_{\text{вч}}$ по длине водохранилищ остается неизменным.

5. Полученные величины обмена вод морфометрических участков Воткинского водохранилища могут быть с успехом использованы при оценке процессов разбавления и смешения сточных вод, сбрасываемых в водоем, а также при оценке состояния водной экосистемы водохранилища.

Список литературы

1. Девяткова Т.П. К вопросу об определении средних расходов воды на водохранилищах // Анализ и прогноз метеорологических элементов и речного стока. Вопросы охраны среды. – Пермь, 1979. – С. 129–134.
2. Китаев А.Б., Голубцова Д.Н. Водообмен Камского и Воткинского водохранилищ (по материалам 1999-2004 гг.) // Современные проблемы географии и геологии: мат. IV Всероссийской научно-прак. конф. с международным участием – Томск: Томский гос. ун-т, 2017. – Т.1. – С. 371–373.
3. Китаев А.Б. Оценка интенсивности протекания внутриводоемных процессов в камских водохранилищах // Современные исследования природных и социально-экономических систем. Инновационные процессы и проблемы развития естественнонаучного образования: мат. международной научно-прак. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. пед. ун-т, 2017. – С. 76–81.
4. Обухов Е.В. Сравнительные показатели внешнего водообмена на водохранилищах Днепроовского каскада в условиях изменения климата // Географический вестник. – Пермь, 2015. – № 2. – С. 54–67.
5. Эдельштейн К.К. Гидрология озер и водохранилищ. – М.: Перо, 2014. – 399 с.

УДК 504.453

ПОСЛЕДСТВИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ НА МАЛЫХ РЕКАХ

Ларченко О.В., Морозова Г.В.

ФГОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь,
e-mail: larhcenko@yandex.ru

В современных условиях трудно найти водный объект, который не испытывает на себе антропогенное воздействие. В результате русловые процессы приобретают иные, чем в естественном состоянии, направленность и интенсивность, а последствия часто несоизмеримы по масштабам с антропогенным воздействием. На примере двух малых рек Пермского края рассмотрены негативные последствия необдуманных действий населения и некомпетентных проектировщиков, приведшие к нарушению естественного хода русловых процессов. Так, на р. Сосновке незначительные объемы выемки грунта в русле перестроили весь процесс движения воды: протока за период половодья была занесена твердым материалом и стала не проточной, а старица вновь возродилась и стала основным руслом для транспорта воды. В месте выемки грунта активизировался процесс размыва берега, нарушивший сложившуюся инфраструктуру поселения. Для предотвращения дальнейшего размыва берега реки необходимо восстановить движение воды по старой спрямляющей протоке, предусмотрев руслонаправляющее сооружение в начале излучины с тем, чтобы при больших уровнях вода не смогла пройти в старицу. При этом особое внимание необходимо уделить уклону дна в восстановленной спрямляющей протоке – он должен быть больше, чем в действующем русле. На р. Юг неудачный, с нарушением СНиПа, выбор участка размещения створа автомобильного моста и неучет типа руслового процесса в этом месте привел к аварийной ситуации: русловые опоры моста оказались подмыты, левобережные опоры частично разрушены. Установлено, что размыву способствуют особенности кинематики потока, особенности движения воды по пойме на спаде половодья. В результате размыва у этих опор нарушилась целостность примыкания моста к берегу. Какие-либо мероприятия по укреплению мостовых опор, расчистке русла, сооружению руслонаправляющих дамб, защитных валов по обоим берегам и т.д. дадут только кратковременные положительные результаты, но не изменят ситуацию в корне. Ситуацию может изменить только перенос автодорожного моста в новое место в соответствии со действующими нормами и правилами.

Ключевые слова: русловые процессы, свободное меандрирование, спрямляющая протока, мостовые переходы, гидравлические расчеты

CONSEQUENCES OF ANTHROPOGENOUS INFLUENCE ON RIVER BED PROCESSES ON THE SMALL RIVERS

Larchenko O.V., Morozova G.V.

Perm State University, Perm, e-mail: larhcenko@yandex.ru

In modern conditions, it is difficult to find a water body that does not experience anthropogenic impact. As a result, the channel processes acquire a different orientation and intensity than in the natural state, and the consequences are often incommensurate in scale with anthropogenic impact. On the example of two small rivers of the Perm Krai, the negative consequences of the ill-considered actions of the population and non-competent planners, which led to a violation of the natural course of channel processes, were considered. So, on the Sosnovka river, insignificant volumes of excavation in the channel rebuild the entire process of water movement: during the flood period the channel was filled with solid material and became non-flowing, and the old duct revived again and became the main channel for water transport. In the place of excavation, the shore erosion process became more active, disrupting the locality infrastructure. To prevent further erosion of the bank of the river, it is necessary to restore the movement of water along the old direct channel, presupposing the channel-control construction at the beginning of the bend, so that at high levels the water can not pass into the old duct. In this case, special attention should be given to slope of the bottom in the restored straighten duct – it should be greater than in the active riverbed. On the Yug river, the unsuccessful (with the violation of the SNIP) the choice of the area for the placing of the car bridge and the disregard the type of channel process in this place led to an emergency situation: the channel footing of the bridge were washed up, the left-bank footings partially destroyed. It is established that the features of the flow kinematics contribute to the erosion, the features of the movement of water along the floodplain on the decline of flood. As a result of erosion, the integrity of the adjunction of the bridge to the coast of these footings was disrupted. Any events for the strengthening of the bridge footings, clearing the channel, the making of channel dams, protective shafts on both banks, etc. will give short-term positive results only, but they will not change the situation radically. The situation can be changed at the transfer of the road bridge to a new location according to the existing rules and regulations.

Keywords: channel processes, free meandering, duct straightening, straighten channel, bridge transitions, hydraulic calculations

Многофакторность русловых процессов на равнинных реках значительно усложняет их изучение и тем более прогнозирование изменений русел во времени и пространстве. В современных условиях трудно

найти водный объект, в той или иной мере не испытывающий на себе антропогенное воздействие, при этом русловые процессы приобретают иные, чем в естественном состоянии, направленность и интенсивность,

а последствия часто несоизмеримы по масштабам с антропогенным воздействием [1]. Для проведения руслорегулирующих работ с целью предотвращения негативного воздействия вод и минимизации возможного ущерба населению и объектам экономики выбраны два объекта: р. Сосновка в д. Желнино и р. Юг в п. Юго-Камский. На их примере рассмотрены негативные последствия вмешательства человека в естественный ход руслового процесса, приведшие в первом случае к его коренному изменению, во втором – к разрушению опор автомобильного моста.

Материалы и методы исследования

Работа выполнена на основе полевых исследований авторов на выбранных участках рек, в состав которых входило: геоморфологическое и гидрографическое обследование русла и поймы; промеры глубин и нивелировка поперечников; определение типа и направленности руслового процесса. Для наблюдений за динамикой потока на исследуемых участках были разбиты морфостворы, для которых выполнены гидравлические расчеты: установлен уровень максимального наполнения русла; построены зависимости ширины и площади поперечного сечения от высоты стояния уровня для русла, право- и левобережной поймы; определены средние скорости движения

воды; рассчитана пропускная способность русла; определен продольный уклон водной поверхности.

В соответствии с действующим СП 33-101-2003 [4] выполнены гидрологические расчеты: определены значения максимальных расходов весеннего половодья и дождевых паводков 1% и 10% обеспеченности для створа каждого населенного пункта; выполнена оценка необходимости выполнения руслорегулирующих работ на исследуемых участках водных объектов; выбраны и научно обоснованы руслорегулирующие работы для каждого участка (при наличии целесообразности таких работ).

Результаты исследования и их обсуждение

Река Сосновка является притоком р. Сивы и относится к бассейну р. Камы. Река не изучена в гидрологическом отношении, наблюдения за уровнем и расходами воды ранее не производились. Объектом изучения является участок р. Сосновки у д. Желнино Большесосновского района Пермского края. Долина реки на этом участке трапецеидальная (рис. 1). Правобережный склон очень крутой, сложен суглинками. На правом берегу расположена д. Желнино. Непосредственно по бровке проходит грунтовая дорога. Левобережный склон пологий, занят луговой растительностью и пашнями.

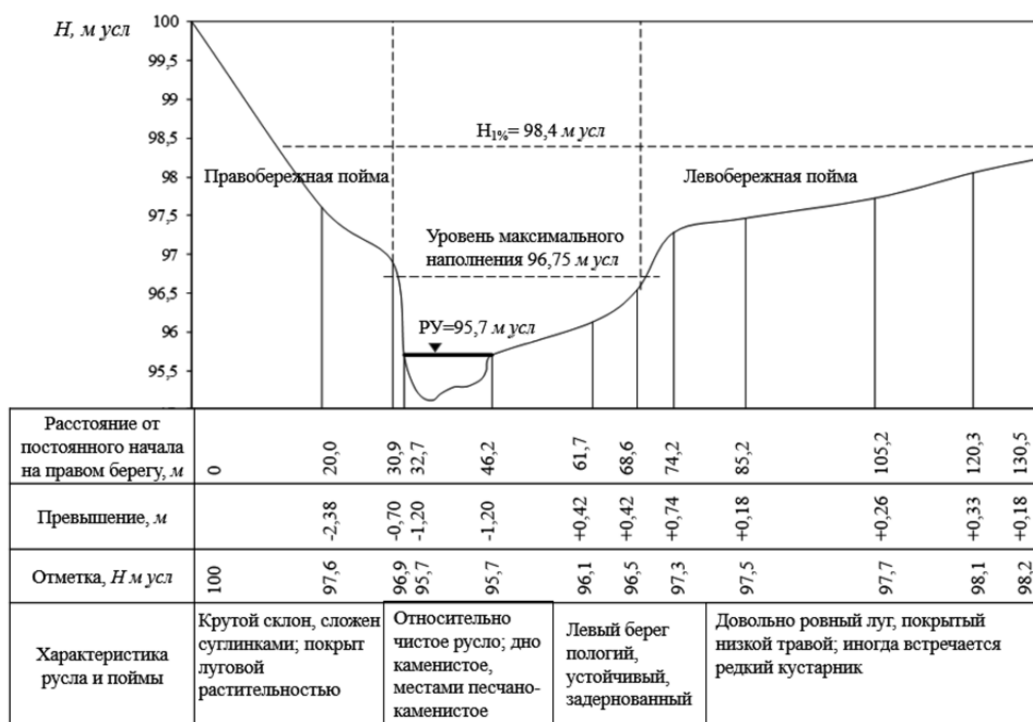


Рис. 1. Поперечный профиль р. Сосновка в районе морфоствора, в 50 м выше места размыва



а)



б)

Рис. 2. Река Сосновка: а) правый берег – крутой, глинистый, обрушающийся; б) сформировавшийся на повороте осередок

Таблица 1

Расчет пропускной способности русла р. Сосновка, д. Желнино¹

Уровень воды Н, м усл	Левобережная пойма n = 0,050 √I/n = 0,42					Русло n = 0,040 √I/n = 0,525					Правобережная пойма n = 0,050 √I/n = 0,42					Сум- марная величина
	В, м	ω, м ²	Н, м	V, м/с	Q, м ³ /с	В, м	ω, м ²	Н, м	Q, м ³ /с	V, м/с	В, м	ω, м ²	Н, м	V, м/с	Q, м ³ /с	
95,2	–	–	–	–	–	4,2	0,3	0,1	0,03	0,1	–	–	–	–	–	0,03
95,5	–	–	–	–	–	12,2	3,7	0,3	0,9	0,2	–	–	–	–	–	0,9
95,7²	–	–	–	–	–	13,5	5,2	0,4	1,5	0,3	–	–	–	–	–	1,5
96,0	–	–	–	–	–	26,0	11,6	0,5	3,6	0,3	–	–	–	–	–	3,6
96,2	–	–	–	–	–	32,9	19,1	0,6	7,01	0,4	–	–	–	–	–	7,0
96,5	–	–	–	–	–	37,0	27,9	0,8	12,1	0,4	–	–	–	–	–	12,1
96,7	–	–	–	–	–	38,0	37,4	1,0	19,2	0,5	–	–	–	–	–	19,2
97,0	3,0	0,9	0,3	0,2	0,2	38,0	41,2	1,1	22,8	0,6	2,0	0,1	0,06	0,06	0,01	22,9
97,2	5,4	1,9	0,4	0,2	0,4	38,0	50,7	1,3	32,3	0,6	6,0	1,2	0,2	0,1	0,2	32,8
97,50	17,5	4,5	0,3	0,2	0,8	38,0	60,2	1,6	42,9	0,7	9,2	3,1	0,3	0,2	0,6	44,3
97,75	33,2	10,7	0,3	0,2	2,1	38,0	69,7	1,8	54,8	0,8	11,7	5,7	0,5	0,3	1,5	58,4
98,00	48,7	20,2	0,4	0,2	4,7	38,0	79,2	2,1	64,8	0,9	14,0	8,9	0,6	0,3	2,8	75,3
98,25	62,5	34,2	0,6	0,3	9,7	38,0	88,7	2,3	81,9	0,9	16,0	12,6	0,8	0,3	4,5	96,1
98,50	94,0	53,3	0,6	0,3	15,3	38,0	98,2	2,6	97,1	1,0	18,4	16,9	0,9	0,4	6,7	119,1

Примечание. ¹В таблице приняты следующие обозначения: В – ширина русла, м; ω – площадь поперечного сечения, м²; Q – расход воды, м³/сек. Расчеты выполнены по формуле Шези $V = \frac{1}{n} H^{1/6} \sqrt{Hi}$, где V – средняя скорость, м/сек; n – коэффициент шероховатости; H – средняя глубина, м; i – уклон поверхности.

²Выделены значения русла при рабочем уровне.

Дно долины занимает двусторонняя пойма. Пойма низкая, выход воды на пойму начинается при уровне примерно на 2 м выше летнего межени.

Русло реки умеренно извилистое и неразветвленное. Тип руслового процесса – свободное меандрирование. На обследованном участке подмываемым является правый берег, высотой 2-3 м; склон крутой, отвесный, глинистый, обрушающийся (рис. 2, а).

В результате размыва бровка берега ежегодно приближается к дороге и жилым постройкам. Левый берег, напротив, пологий, устойчивый, задернованный.

Гидравлические расчеты показали, что максимальная пропускная способность русла составляет 19,2 м³/сек и наблюдается весной при уровне наибольшего наполнения 96,75 м усл. Средняя скорость при этом достигает 0,51 м/с. Максимальная пропускная

способность русла при отметке $H_{1\%} = 98,4$ м усл увеличивается в 10 раз до $119,2$ м³/сек (табл. 1).

В 2006 г. в результате необдуманных действий населения на рассматриваемом участке произошло нарушение естественного хода русловых процессов, что привело к активизации размыва берега и разрушению единственной грунтовой дороги, соединяющей центр населенного пункта и его окраину. В результате этого стал затруднен проезд техники для проведения каких-либо хозяйственных работ и в случае стихийных бедствий. Дорога проходит на расстоянии около 0,5 м от бровки берега и со временем может полностью разрушиться. Под угрозой разрушения оказались жилые дома с надворными постройками и огородами.

Несколько лет назад ситуация с устойчивостью берегов на данном участке была совсем иной (рис. 3). В конце 80-х годов при развитии процесса свободного меандрирования образовалась спрямляющая протока (1), ставшая главным руслом, по которому до 2006 г. проходил основной поток воды; старое русло (2) отшнуровалось и превратилось в старицу (рис. 3, а).

На левобережной пойме расположены сельхозугодья, дорога на которые проходила вброд через старое русло и протоку. Для удобства передвижения сельхозтехники в 2006 г. было произведено выполаживание правого склона с выемкой грунта в старом русле. Это привело к тому, что уклон дна в старице в период половодий стал больше, чем в спрямляющей протоке. Как результат, водный поток устремился в сторону большего уклона, т.е. минуя спрямляющую протоку вновь в старое русло (2) (рис. 3, б). По мере увеличения

уклона возросли скорости течения воды в бывшей старице, а, следовательно, усилилось воздействие водного потока на берег. Произошло изменение кинематической структуры потока. Если в начале участка динамическая ось потока проходит под левым берегом, то затем она резко смещается к правому, пересекая поперек все русло старой излучины (рис. 3, б). Струи подходят к берегу под углом близким к 45° . Как результат, правый берег интенсивно размывается. Захватывая частицы грунта размытого берега поток отклоняется к середине русла и ниже по течению формируется осередок, размерами 3×8 м (рис. 3, б). Одновременно с этим спрямляющая протока в течении двух сезонов (половодий) оказалась полностью занесена наносами и постепенно стала зарастать. Сток воды по ней прекратился.

Для предотвращения дальнейшего размыва берега реки необходимо восстановить движение воды по старой спрямляющей протоке (1), длиной 170 м, предусмотрев руслонаправляющее сооружение в начале излучины с тем, чтобы при больших уровнях вода не смогла пройти в старицу (2). При этом особое внимание необходимо уделить уклону дна в восстановленной спрямляющей протоке – он должен быть больше, чем в действующем русле (на момент обследования он составлял 0,00044).

Другим примером антропогенного воздействия на русловые процессы является ситуация, возникшая на р. Юг при эксплуатации автомобильного моста. Здесь неучет особенностей руслового процесса привел к размыву оснований мостовых опор: русловые деформации уменьшили устойчивость, а, следовательно, надежность работы опор [1; 2].

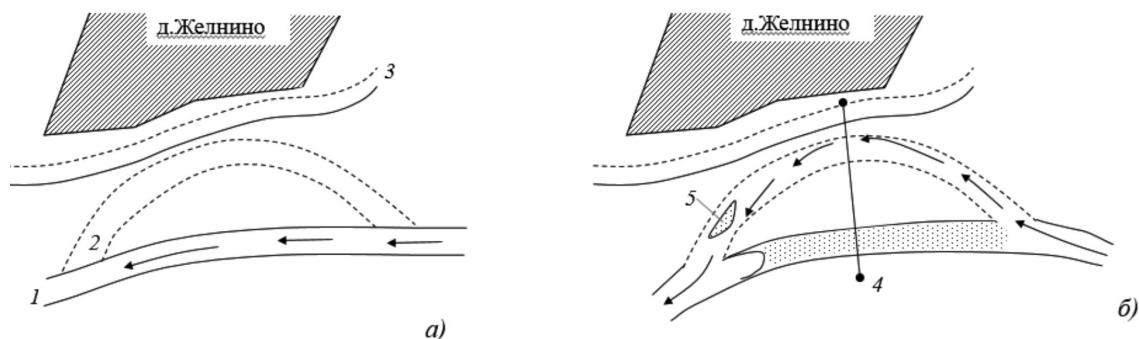


Рис. 3. Схема изменения русла р. Сосновка в д. Желнино: а) в конце 80-х годов, б) в 2008 г. 1 – спрямляющая протока; 2 – старое русло (старица); 3 – грунтовая дорога; 4 – морфоствор; 5 – осередок

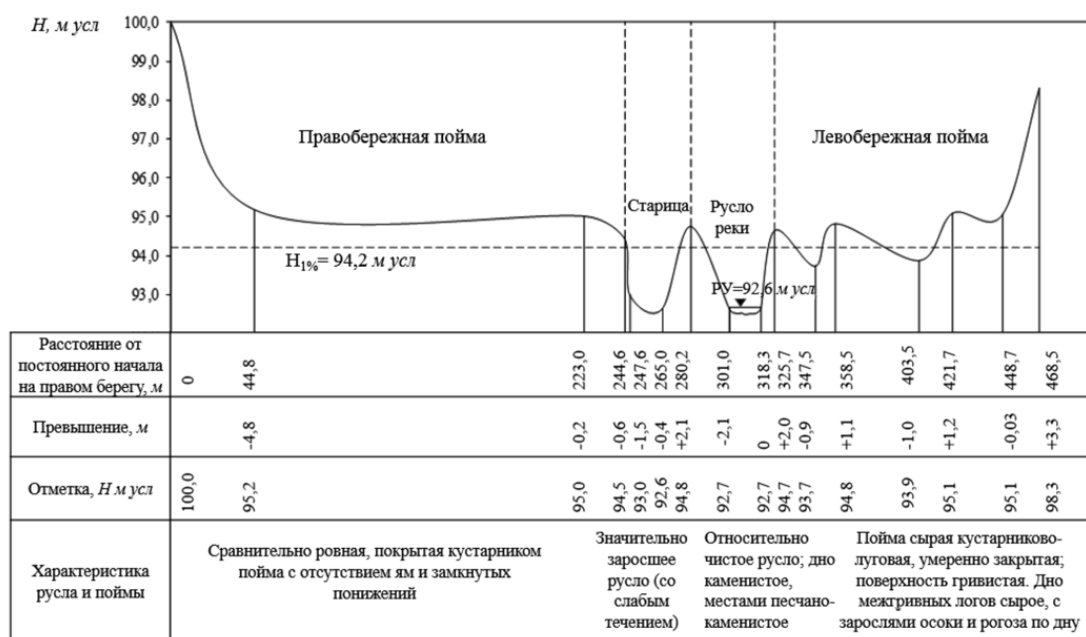


Рис. 4. Поперечный профиль р. Юг в районе морфоствора, в 100 м выше автомобильного моста по ул. Маркова

Автомобильный мост расположен на р. Юг ниже городского пруда в границах пос. Юго-Камский Пермского района Пермского края. Река Юг является левым притоком р. Камы; в гидрологическом отношении не изучена, наблюдения за уровнем и расходами воды в реке ранее не производились. Для анализа руслового процесса и гидравлических расчетов в 100 м выше автомобильного моста разбит морфоствор (рис. 4).

Долина реки в пределах рассматриваемого участка трапециевидная. Правобережный склон крутой, высотой до 6 м. Склон ровный, покрыт травяной растительностью, сложен суглинками. К бровке примыкают селитебные территории пос. Юго-Камск. Непосредственно по бровке проходит грунтовая дорога. Левобережный склон крутой, высотой 5 м, ступенчатый. Однако ступени не имеют никакого отношения к надпойменным террасам – уступы представляют грунтовые дороги. Склон занят луговой растительностью и пашнями, сложен суглинками.

Дно долины занимает двусторонняя пойма, шириной 400 м. Рельеф лево- и правобережной поймы различен, что сказывается на характере стока воды по пойме во время высоких вод.

Левобережная пойма шириной 130 м сырая, кустарниково-луговая, умеренно закрытая. Поверхность поймы гривистая. Высота грив над днищами пойменных ло-

гов составляет 0,8-1,0 м. Ширина межгрядных понижений составляет 30-50 м. В пределах морфоствора четко выделяются две гривы, одна из которых является прирусловым валом. Дно межгрядных понижений переувлажнено, с зарослями осоки и рогоза по дну. Вершины грив заняты кустарником и зарослями крапивы. В пределах левобережной поймы, по опросу местных жителей, ранее существовал пруд, устроенный на месте старицы (рис. 5, а). В настоящее время пруда не существует. При полном затоплении поймы на месте межгрядных понижений возникают значительные по площади мертвые пространства. В целом, полосы кустарника на пойме создают значительные сопротивления потоку. Затопление поймы происходит через разрывы в прирусловом валу. Первоначально водой заполняются самые низкие участки – межгрядные понижения. Транзитное движение воды по пойме отсутствует – этому препятствует насыпь автодороги, перекрывающая пойму (рис. 5).

Вероятно, насыпь автодороги приводит к возникновению подпора уровней на рассматриваемом участке. При этом, заторных явлений, равно как и скопления льда в районе мостового перехода, не происходит, поскольку выше расчетного створа на реке расположено гидротехническое сооружение Юго-Камского пруда с устройствами по удержанию льда.



Рис. 5. Схема р. Юг выше автомобильного моста: а) конец 80-х гг.; б) ситуация в 2008 г.

Правобережная пойма более ровная по сравнению с левобережной и обладает значительно большей пропускной способностью в силу относительно ровного рельефа, отсутствия ям и замкнутых понижений, наличия транзитной протоки (старицы) (рис. 5). Характерной особенностью рельефа правобережной поймы является наличие старого русла (рис. 5, б).

Старица характеризуется высокими берегами (до 3 м), покрытыми кустарником. Дно староречья песчано-гравелистое, покрытое слоем воды 0,15 м. Уровень воды в староречье и уровень воды в основном русле реки одинаковы. Участок дна староречья, примыкающий к левому берегу, сложен песком. С двух сторон староречье ограждают прирусловые валы. В период высоких вод в старице формируется поток, направленный под углом 45° в сторону левых опор моста. Согласно выполненным гидравлическим расчетам затекание воды из главного русла в старое наблюдается при уровне 93,46 м усл. Расход в старице при этом уровне достигает $5,7 \text{ м}^3/\text{сек}$, что составляет $\frac{1}{4}$ руслового стока (табл. 2). Скорости изменяются от 0,4 м/с (в старом русле) до 1,1 м/с – в основном.

Русло реки умеренно извилистое и неразветвленное. Высота берега достигает 3 м, берег крутой, отвесный, глинистый, обрушающийся. Величина ежегодного отступления подмываемых участков берега составляет 10-15 см. На большей части обследованного участка берега крутые или умеренно-крутые, задернованные, с редки-

ми полосами кустарника. Дно русла каменистое или песчано-каменистое.

Глубины на перекатах составляют 0,1-0,2 м, увеличиваясь на плесах до 0,8 м. Скорости течения на перекатах 0,3-0,5 м/сек, на плесах – 0,1-0,2 м/сек. Переходы от плесов к перекатам относительно плавные. Ширина меженного русла изменяется в пределах 12-18 м. Морфоствор пересекает реку в районе переката. Крупная плесовая ложина приурочена к мосту: вследствие возникновения подпора от насыпи автодороги в период половодья под мостовым переходом формируются значительные уклоны и скорости течения. Все это приводит к размыву русла в районе моста и переотложению наносов за мостом (формирование осередков и островов). Поверхность воды на перекатах неровная, волнистая.

На основании обследований установлено, что размыв русловых опор мостового перехода происходит по нескольким причинам.

Во-первых, размыв обусловлен особенностями кинематической структуры потока. В результате развития излучины струи воды в основном русле подходят к левому берегу под углом близким к 45° , тем самым, нарушая их устойчивость. При повышении уровня воды выше 93,46 м усл начинается движение воды по старому руслу, при этом струи обладают такими же динамическими усилиями, что и в основном русле. Совместное воздействие двух потоков приводит к вымыванию грунта из-под левобережных опор моста, их подмыв и как следствие – их разрушение.

Таблица 2

Расчет пропускной способности русла р. Юг, п. Юго-Камский¹

Уровень воды Н, м усл	Левобережная пойма n = 0,067 √I/n = 0,746					Русло n = 0,035 √I/n = 1,43					Старое русло n = 0,080 √I/n = 0,625					Правобережная пойма n = 0,067 √I/n = 0,746					Суммар- ный Q, м³/с
	B, м	ω, м²	H, м	V, м/с	Q, м³/с	B, м	ω, м²	H, м	V, м/с	Q, м³/с	B, м	ω, м²	H, м	V, м/с	Q, м³/с	B, м	ω, м²	H, м	V, м/с	Q, м³/с	
92,66²	—	—	—	—	—	17,3	2,3	0,1	0,4	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,8
93,00	—	—	—	—	—	21,5	8,02	0,4	0,7	5,94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,9
93,25	—	—	—	—	—	25,5	14,7	0,6	1,0	14,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,5
93,46³	—	—	—	—	—	28,0	19,9	0,7	1,1	22,7	24,2	13,5	0,6	0,4	5,7	—	—	—	—	—	28,4
93,50	—	—	—	—	—	28,5	21,3	0,8	1,2	25,1	24,5	14,7	0,6	0,4	6,5	—	—	—	—	—	31,8
93,75	—	—	—	—	—	32,5	29,6	0,9	1,3	39,7	27,0	21,1	0,8	0,5	11,2	—	—	—	—	—	50,9
94,00	—	—	—	—	—	35,0	38,5	1,1	1,5	58,7	29,1	28,5	1,0	0,6	17,6	—	—	—	—	—	76,3
94,25	—	—	—	—	—	39,4	49,7	1,3	1,7	82,9	31,5	37,0	1,2	0,7	25,7	—	—	—	—	—	109,2
94,65	31,0	13,7	0,4	0,4	5,9	45,0	66,5	1,5	1,9	123,3	35,0	50,6	1,5	0,8	40,5	9,0	1,1	0,1	0,2	0,2	169,9
95,00	94,0	49,4	0,5	0,5	23,7	45,0	82,5	1,8	2,1	176,5	35,0	62,9	1,8	0,9	58,1	22,0	5,3	0,2	0,3	1,5	259,9

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения: B – ширина русла, $м$; ω – площадь поперечного сечения, $м^2$; Q – расход воды, $м^3/сек$.

Расчеты выполнены по формуле Шези $V = \frac{1}{n} H^{1/6} \sqrt{H i}$, где V – средняя скорость, $м/сек$; n – коэффициент шероховатости; H – средняя глубина, $м$; i – уклон поверхности.

² Выделены значения русла при рабочем уровне.



Рис. 6. Река Юг ниже автомобильного моста. Пропускная способность снижена из-за наличия в центральной части русла осередка, а у правого и левого берегов – остатков старого моста (вид снизу)



Рис. 7. Река Юг ниже автомобильного моста. В русле видны осередки

Во-вторых, конструкция моста такова, что опоры, находящиеся в центре русла стесняют поток, из-за чего снижается пропускная способность русла в его центральной части (рис. 6). При этом сам поток с максимальными скоростями смещается к левому берегу, усиливая силовое воздействие на опоры и берег.

В-третьих, весной в период затопления поймы насыпь автомобильной дороги задерживает сток, создавая значительный подпор уровня перед мостом. Весь аккумулярованный на пойме объем воды пропускается через просвет мостового перехода (через проран). На пойме формируются поперечные течения, направленные от склонов долины к прорану. Скорости поперечных течений увеличиваются при подходе к прорану.

В результате возникновения подпора непосредственно под мостом формируются значительные уклоны водной поверхности (как следствие – значительные скорости течения). Это приводит к размыву русла на участке мостового перехода и переотложению материала за мостом (рис. 7). Благоприятствует формированию значительных поперечных течений незакрытое устье староречья, по которому в половодье проходит значительная часть стока.

Мостовой переход в той или иной степени стеснил паводочные потоки, перераспределив удельные расходы воды по ширине русла. В связи с этим средние скорости потока на вертикалях увеличились, что привело к нарушению динамического равновесия между потоком и руслом, сложившимся в бытовых условиях. Помимо этого, изменение гидравлики потока, вызванное дамбами,

перекрывающими пойму, привело в данном случае к выраженной косоструйности течений и излишней концентрации расходов воды у левого берега, вызывающий размыв и оказывающий негативное воздействие на устойчивость и надежность работы мостовых опор.

Таким образом, исследование показало, что створ автодорожного моста выбран крайне неудачно без учета кинематики потока и типа руслового процесса (свободного меандрирования). Согласно СНиП 2.02.03-84 [3] мостовые переходы необходимо располагать перпендикулярно течению воды (с косиной не более 10°), что не было учтено ни при проектировании, ни при строительстве этого моста. Какие-либо мероприятия по укреплению мостовых опор, расчистке русла, сооружению руслонаправляющих дамб, защитных валов по обоим берегам и т.д. дадут только кратковременные положительные результаты, но не изменят ситуацию в корне. Ситуацию может изменить только перенос автодорожного моста в новое место в соответствии со действующими нормами и правилами.

Выводы

Любая хозяйственная деятельность на реках и их водосборах может вызвать изменение руслового процесса на отдельных участках. Так, на р. Сосновке даже незначительные объемы выемки грунта в русле перестроили весь процесс движения воды: протока за период половодья была занесена твердым материалом и стала не проточной, а старица вновь возродилась и стала основным руслом для

транспорта воды. В месте выемки грунта активизировался процесс размыва берега, нарушивший сложившуюся инфраструктуру поселения.

Неудачный, с нарушением СНиПа, выбор участка размещения створа автомобильного моста и неучет типа руслового процесса в этом месте привел к аварийной ситуации: русловые опоры моста оказались подмыты, левобережные опоры частично разрушены. В результате размыва у этих опор нарушилась целостность примыкания моста к берегу.

Список литературы

1. Двинских С.А., Девятков А.В., Девяткова Т.П., Китаев А.Б., Ларченко О.В., Морозова Г.В. Русловые процессы в условиях техногенной нагрузки (на примере рек Пермского края): монография. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2012. – 135 с.
2. Ларченко О.В., Морозова Г.В., Девяткова Т.П. Особенности русловых процессов на участках мостовых переходов // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: труды междунар. науч.-практ. конференции. – Пермь, 2009. – Т.2. – С.107-111.
3. СНиП 2.02.03-84*. Мосты и трубы. Москва: Госстрой СССР, 2005. – 485 с.
4. СП 33-101-2003. Определение основных гидрологических характеристик. Москва: Госстрой России, 2004. 75с.

УДК 811.581

АНГЛОЯЗЫЧНЫЕ ЗАИМСТВОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ КИТАЙСКОМ ЯЗЫКЕ

Шафеева В.Е., Гурулева Т.Л.

ФГБОУ ВО «Российский государственный социальный университет», Москва,
e-mail: shafeeva.valeriya21@gmail.com, gurulevatatiana@mail.ru

В статье представлены результаты исследования англоязычных заимствований в современном китайском языке (СКЯ). Выявлены основные причины англоязычных заимствований в СКЯ. Определены основные способы англоязычных заимствований в СКЯ и их подвиды. Проведен количественный анализ 1000 англоязычных заимствований в современном китайском языке: выделены наиболее частые сферы англоязычных заимствований в СКЯ (политическая, экономическая, научно-технологическая и социально-бытовая). Проведен сопоставительный анализ способов заимствований в СКЯ в каждой из выделенных сфер. Выявлено, что наиболее частотным способом заимствования англоязычных слов является семантический способ, далее следуют фонетический, гибридный и буквенный способы. Обоснованы причины использования основных способов заимствования англоязычной лексики в китайском языке. Сделан вывод, что изолирующая типология китайского языка и словесно-слоговой тип китайской письменности определяют иной характер процесса заимствования в китайском языке, чем во флективных языках.

Ключевые слова: китайский язык, англоязычные заимствования, способы заимствований в китайском языке

ENGLISH LOANWORDS IN CONTEMPORARY CHINESE LANGUAGE

Shafeeva V.E., Guruleva T.L.

Russian State Social University, Moscow,
e-mail: shafeeva.valeriya21@gmail.com, gurulevatatiana@mail.ru

The article presents the results of the study of English borrowings in modern Chinese. The main reasons for the English borrowing in the modern Chinese have been identified. The main methods of English-language borrowing in the modern Chinese and their subspecies are determined. A quantitative analysis of 1000 English-language borrowings in modern Chinese is carried out: the most frequent spheres of English-language borrowing in the modern Chinese (political, economic, scientific, technological and social) are highlighted. A comparative analysis of the methods of borrowing in the modern Chinese in each of the selected spheres was made. The reasons for using the basic methods of borrowing English-language vocabulary in Chinese are substantiated.

Keywords: Chinese, English loanwords, ways of borrowing in Chinese

Причины появления заимствований в китайском языке делятся на внешние (экстралингвистические) и внутренние (лингвистические).

К внешним причинам относятся процесс интеграции Китая в мировое сообщество, начало более тесного диалога культур, что впоследствии привело к обмену терминами, касающимися культуры, торговли, науки, информационных технологий и других сфер жизни Китая. Приток заимствованных слов отражает не только стремление страны идти в ногу с быстро развивающейся наукой и идеологией современного мира, но и предпочтение среди молодого поколения китайцев всему новому и иностранному, в том числе языку.

К основным внутренним причинам относятся необходимость пополнения терминологий в профессиональных сферах, а также потребность в номинации новых предметов и явлений.

Как в российской, так и китайской лингвистике определение понятия «заимствование» до сих пор остается дискуссионным вопросом. По мнению российских лингви-

стов, как отдельное лингвистическое многоуровневое языковое явление, заимствование является любым словом, пришедшим в язык извне в результате кросс-культурного взаимодействия, процессом ассимиляции элемента чужого языка и результатом данного процесса, а также одним из способов пополнения лексического фонда языка.

Основная трудность определения понятия «заимствование» в китайском языке заключается в изолирующей типологии китайского языка и его иероглифической письменности. По мнению китайских лингвистов, в процессе заимствования в китайский язык иноязычные слова, в особенности их произношение, полностью «китаизируются», то есть проходят адаптацию согласно своим фонетическим особенностям. Основной проблемой китайской лингвистики является: относить ли к группе заимствований семантически заимствованные слова и калькированные, так как по мнению одних, в процессе заимствуется лишь значение слова, а форма образуется по китайской модели, а по мнению других, семантический способ и калькирование

являются самыми удобными способами заимствования в китайский язык, как язык изолирующего типа.

Количество заимствованных слов, прошедших в язык в результате политики реформ и открытости (с 1978 г.) велико, что позволяет сделать вывод о том, что заимствованные слова играют довольно важную роль в развитии лексического запаса китайского языка.

На основании работ отечественных синологов, занимающихся проблемами лексикологии китайского языка А.А. Хаматовой, В.Ф. Щичко, И.Д. Кленина и др. [3, 4], мы выделили четыре способа образования англоязычных заимствований:

- звуковой, или фонетический, способ;
- семантический способ, или калькирование;
- смешанный, или гибридный, способ;
- буквенные слова.

Первый тип – фонетическое заимствование (音译法 [yīnyìfǎ]), которое заключается в передаче звучания иноязычной единицы. Результат такого рода заимствований называется транслитерацией, результатом преобразования одного набора знаков в другой (например, 沙拉 [shālā] «salad»).

Заимствованные элементы могут быть односложными (卡 [kǎ] «card»), двусложными (吉他 [jítā] «guitar»). Трехсложные (康拜因 [kāngbàiyīn] «combine») и многосложные слова составляют лишь небольшую часть словарного запаса. Число слогов в заимствованном слове обычно не превышает пяти, например, научно-технические и медицинские термины (阿克利齐德 [ākèlìqídé] «acaricide»). Так как в английском языке достаточно много многосложных слов, то чтобы добиться краткости формы слова и лаконичности, при передаче в китайский язык фонетическим способом происходит стяжение слова за счет сокращения слогов или звуков.

В процессе фонетического заимствования, иностранные слова проходят адаптацию, которую, по мнению В.Ф. Щичко и И.Д. Кленина, можно разделить на три этапа, где на первом этапе заимствование «... осознается как иноязычное вкрапление, чуждое для данного языка; на второй стадии расценивается как несколько аномальное, но вполне допустимое к употреблению; на третьей – как освоенное заимствование...» [4, с. 187]. Возьмем, к примеру, слово 坦克 [tǎnkè] «tank», которое на втором этапе адаптации отбросило словообразовательный элемент 车 [chē] «повозка, телега», а в настоящее время воспринимается носителями языка как исконно-китайское слово.

Вопросы заимствований и адаптации также изучала Т. М. Коростина, которая выделяла следующие стадии адаптации:

- фонетическое освоение (транслация звучания иноязычной единицы средствами заимствующего языка);
- графическая адаптация (заимствованное слово приобретает облик, привычный для языка-реципиента);
- словообразовательный этап (способность слова подходить по определенным критериям словообразовательной системы языка-донора);
- семантический этап (заимствования переходят в язык-реципиент с учетом своих лексико-семантических вариантов);
- грамматическая адаптация (заимствованное слово адаптируется к синтаксической системе принимающего языка) [1].

Говоря о китайском языке, следует помнить, что он заимствует те слова, которые проходят полную «китаизацию», ассимиляцию. Поэтому для китайского языка, каждая из перечисленных стадий не имеет четких границ.

Стоит также принять во внимание обилие омофонов в китайском языке, откуда следуют две основные трудности заимствования фонетическим способом:

- фонологическая адаптация английских звуков;
- выбор китайских иероглифов для воспроизведения этих звуков.

Первая проблема заключается в том, что фонетический состав (инвентарь) английского и китайского языков значительно различается. Некоторым фонемам или слогам в английском языке невозможно найти аналог в китайском языке, и поэтому им необходимо пройти фонологическую адаптацию («китаизацию»), чтобы вписаться в китайскую звуковую систему. В процессе заимствования подбираются самые близкие по звучанию китайские слоги, но поскольку между английскими и китайскими фонемами не существует взаимно однозначных отношений, то данный способ транслитерации никогда не будет абсолютным воспроизведением английского исходного слова в китайском языке, а скорее лишь приближенным.

Фонетической структуре китайского слова свойственны определенное количество слогов и лимитированная сочетаемость этих слогов. Слог имеет строго определенную структуру, он состоит из инициали (согласный звук) и финали, которые подразделяются на простые (гласный звук) и сложные (гласный или гласный + согласный звуки). Не все звуки в слоге могут сочетаться, что значит – состав слога за-

фиксирован. Каждый слог имеет свою звуковую оболочку, что исключает изменимость морфемы, и содержит ограниченное количество звуков, не превышающее четыре. Структура английского слога свободная, возможны сочетания согласных, где место последних не фиксировано. По данным китайского лингвиста Ян Сипэна в китайском языке количество слогов составляет около 430, а с учётом четырёх тонов – не более 1370 [5]. А в английском языке количество возможных слогов составляет около 10000. Отсюда следует, что при заимствовании фонетическим способом, иноязычное слово удлиняется путем введения гласного звука после каждого согласного, что делает произношение слова неудобным (например, город «*San Francisco*» 圣弗兰西斯科 [shèngfúlánxīsikē]). Кроме того, многосложные заимствования нарушают ритм и мелодику слов, а также не соответствует артикуляционной базе китайцев.

Следовательно, зачастую использование фонетического способа ведет заимствованные слова к потере внутренней формы и их признаков. В результате, такие слова трудно воспринимаются, запоминаются и произносятся носителями китайского языка. Стоит добавить, что большинство фонетических заимствований в китайском языке имеют синонимы, между которыми идет беспрестанная борьба за право обозначать какой-либо предмет.

Несмотря на вышеперечисленные трудности, связанные с использованием фонетического способа, существуют и положительные тенденции, например, передачи семантического значения наряду со звучанием иноязычного слова. Это наиболее ярко проявляется в сферах СМИ и рекламы среди названий новых товаров, магазинов, логотипов компаний и прочего. Например, «*Coca-Cola*» 可口可乐 [kěkǒukělè], дословно переводится как «каждый глоток приносит радость» или «*Pepsi-Cola*» 百事可乐 [bǎishìkělè] – «пусть сто дел пройдут легко и весело». Разумеется, такие заимствования создаются в рекламных целях и ярко выделяются на фоне исконной китайской лексики, что привлекает внимание покупателей.

Фонетический способ применяется чаще семантического (калькирование) при заимствовании научных терминов, имен собственных, когда они обозначают какие-либо предметы, не выражая признаки, лежащие в основе их названия. Например, единица измерения «*volt*» 伏特 [fútè].

Заимствования семантическим способом представляют один из важных источников пополнения лексики китайского языка.

При использовании семантического способа употребляются исконные китайские морфемы для передачи значения английского слова.

Среди семантических заимствований существует особая группа слов, заимствованных с помощью калькирования, т.е. английские слова переводятся дословно. Например, «*bluetooth*» 蓝牙 [lányá] (досл. «голубой зуб»).

Межъязыковое общение ярче всего выражается в заимствовании научной и технической лексики, где калькирование является наиболее удобным способом заимствования, при котором иностранное слово раскладывается на значимые части и при переводе на китайский язык сохраняет свою исходную структуру. По сравнению с фонетическим заимствованием, кальки больше отвечают нормам китайского языка и легко запоминаются носителями языка. Различают два способа заимствования посредством калькирования – структурное и этимологическое. При структурном калькировании заимствуется признак иностранной лексической единицы, лежащий в ее основе, копируется морфемная структура иноязычного слова, которая совпадает с лексическими значениями морфем китайского языка. Например, «*horsepower*» 马力[mǎlì] (досл. «лошадиная сила»). При втором способе устанавливается этимология заимствованного слова, описательно раскрывая содержание слова. Например, древнегреческий Бог Солнца Гелиос, 太阳神[tàiyángshén], где 太阳[tàiyáng] – это «солнце», а 神[shén] – «божество». Интересно, что термины, заимствованные в китайский язык данным способом, в русский язык чаще заимствуются транскрипированием.

Главное отличие семантического заимствования от калькирования заключается в том, что при семантическом заимствовании употребляются исконные слова, у которых только появляются новые значения (например, термин в физике 基本粒子[jīběn lìzǐ] «*elementary particle*» – «элементарные частицы», где у слова 基本[jīběn], «базовый», появилось новое значение «элементарный»), а при калькировании слова передается значение и структура исходного слова языка-донора.

Гибридный, или смешанный, способ включает в себя несколько видов [3], [4]:

– способ семантически-фонетического характера (китайская морфема + фонетическое заимствование);

– способ фонетически-семантического характера (фонетическое заимствование + китайская морфема);

– полукалька (фонетическое заимствование + родовое понятие (корень)).

Наглядным примером гибридного способа семантически-фонетического характера является слово «карточка» 卡 [kǎ], заимствованное от английского слова «card», которое функционирует и самостоятельно, и в составе сложных, где является корнем при образовании производных слов. Например, 电话卡 [diànhuà kǎ] «telephone card».

Тот же пример можно привести и для следующего гибридного способа. Так как в китайском языке количество слогов ограничено, порой одна и та же морфема используется для записи различных иноязычных единиц и выступает в роли классификатора в образовании новых слов. Морфема 卡 [kǎ] может употребляться в значениях «кассета» (от франц. «cassette»), «машина» (от англ. «car»), «калория» (от англ. «calorie»). Например, 单卡 [dānkǎ] «однокассетник», 卡车 [kǎchē] «грузовик», 千卡 [qiānkǎ] «килокалория».

Третий вид, полукальки, относится к особенности фонетических заимствований в стремлении быть более понятными. На практике это выражено в присоединении к фонетическому заимствованию исконно-китайской морфемы, односложного, реже двусложного, словообразовательного элемента (корня/классификатора), который уточняет значение слова. Полукальки в китайском языке бывают двух видов:

– полукальки, в которых первая часть – фонетическое заимствование части исходного слова языка-донора, которое не несет смысловой нагрузки, вторая часть – исконно-китайская морфема-классификатор, которая содержит буквальный перевод исходного слова. Например, «sardine» 沙丁鱼 [shādīng yú], где 沙丁 [shādīng] – фонетическое освоение английского слова «sardine», а морфема 鱼 [yú] – это «рыба» (благодаря классификатору 鱼 [yú], китайцы поймут, что слово обозначает какой-то вид рыбы);

– полукальки, в которых первая часть – семантическое заимствование, а вторая часть – это звуковая имитация. Например, 新西兰 [xīnxīlán] от «New Zealand» (досл. 新 [xīn] – «новая» в сочетании с двумя иероглифами, не имеющими отношения к «Зеландии»).

Некоторые слова, заимствованные данным способом в китайский язык, со временем утрачивают родовое слово и становятся чистыми фонетическими заимствованиями. Например, «champagne» 香槟 [xiāngbīn] (утратило 酒 [jiǔ] «вино»).

Помимо вышеперечисленных трех основных способов заимствования, исследо-

ватели лексики китайского языка не могут не считаться с таким особым типом единиц, который называется 字母词 [zìmǔcí] «буквенные слова», совершенно необычный для китайского языка. Это слова, которые частично или полностью записываются латиницей. Большинство таких слов английского происхождения появилось после реформ 1978 г. До того времени в китайском языке их было очень мало, и это были лишь профессиональные термины, например: A型血 [A xíngxuè] «группа крови А».

В настоящее время существует большое разнообразие буквенных заимствований. А.А. Хаматова к буквенным словам относит:

– заимствованные буквенные аббревиатуры («WTO» – World Trade Organization);

– буквенные слова в сочетании с китайскими морфемами (三G手机 [sān G shǒujī] – «телефон 3G», третье поколение);

– аббревиатуры, созданные на материале фонетического алфавита пиньинь 拼音 [pīnyīn] (этот способ как правило не используется при заимствовании) [2].

Увеличение числа буквенных заимствований привело к необходимости их сбора и толкования. В 2001 г. в Шанхае был издан «Словарь буквенных слов» 字母词词典 [zìmǔcí cídiǎn], который включает 2200 буквенных слов. Буквенные заимствования включаются в словари неологизмов.

В практической части данного исследования нами был проведен количественный анализ англоязычных заимствований в СКЯ по выделенным сферам, в результате которого мы пришли к следующим выводам:

Во-первых, по итогам анализа 250 лексических единиц политической и экономической сфер СКЯ основным способом при заимствовании англоязычных слов был выделен семантический (67.6%), так как данный пласт лексики ориентирован на понимание широких слоев населения. Буквенный способ заимствования занял второе место в данной сфере (19.6%), а именно употребление в СМИ аббревиатур англоязычных словосочетаний. Фонетический способ употребляется реже (7.2%), причиной чего являются особенности фонетической системы китайского языка. Выбор гибридного способа заимствования (5.6%) обусловлен стремлением к точности номинации понятия.

Во-вторых, по итогам исследования 400 лексических единиц научно-технологической сферы СКЯ было выявлено, что чаще всего используются семантический (46%) и фонетический (36%) способы, так как большая часть заимствованной научной лексики – это узкоспециальные тер-

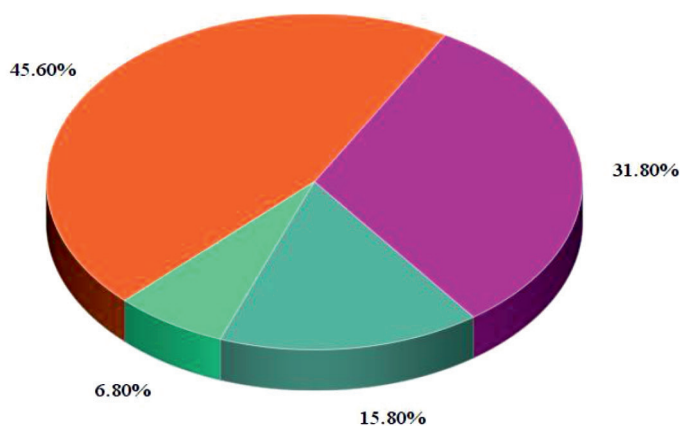
мины, смысл которых зачастую понятен только специалистам конкретной области. Было замечено, что в настоящее время фонетический способ заимствования постепенно начинает вымещать семантический способ, и это делается скорее умышленно, чтобы облегчить понимание специалистам разных стран и добиться точности номинации термина, исключить возможные дополнительные смыслы. Гибридный и буквенный способы составили 17% и 1%. Также в ходе исследования англоязычной лексики научно-технологической сферы нами был выделен подвид гибридного способа – гибридный способ с образованием нового иероглифа (на примере таблицы Менделеева и элементарных частиц, а также терминологии химических соединений (например, 羟 [qiǎng] «гидроксил», англоязычный термин («hydro-» и «oxy-» (водород и кислород). В соответствии с этим был составлен иероглиф из двух фонетических ключей, которые входят в состав иероглифов «кислород» (氧 [yǎng]) и «водород» (氢 [qīng])).

В-третьих, по итогам исследования 350 лексических единиц социально-бытовой сферы СКЯ было выявлено, что фонетический способ заимствования является ведущим в данной сфере и составляет 44.57%, что объясняется растущей популярностью английского языка среди молодого населения Китая и наиболее ярко проявляется в интернет-сфере, где пользователи сети

Интернет используют англоязычные фонетические заимствования для большей экспрессивности передающей информации, а также цифровой язык, который опирается на фонетический строй языка. Так, нами был выделен подвид фонетического способа словообразования – цифровая визуализация фонетических заимствований (например, 88 [bā bā] от 拜拜 [bàibai] (англ. bye-bye)). Семантический способ заимствования англоязычных слов занял второе место в социально-бытовой сфере и составил 29.43%. Гибридный способ в социально-бытовой сфере (как смешение буквенного и семантического/фонетического способов) составил 21.71%.

В-четвертых, лексике интернет-сферы также свойственен такой новый тип общения, как краткость, последствиями чего являются обрывистость фраз, игнорирование грамматики, стремление визуализировать текст, то есть придать ему наглядный образ. Поэтому под воздействием данных явлений и влияния английского языка на современную молодежь Китая происходят изменения в языке, среди которых помимо заимствования англоязычных аббревиатур, в первую очередь стоит отметить «латинизацию китайских слов». Например, аббревиатуры, которые были образованы от первых букв китайских слогов (пиньинь) или первых звуков английских слов. Англоязычные слова, заимствованные, буквенным способом, составили 4.29%.

■ Семантический способ ■ Фонетический способ ■ Гибридный способ ■ Буквенный способ



Общий количественный анализ англоязычных заимствования в СКЯ по трём выделенным сферам

Процентное соотношение англоязычных заимствований в китайском языке по сферам употребления

Сфера	Кол-во слов	Процент	Пример
Политика	93	9.3%	和平主义 <i>hēpingzhǔy</i> pacifism пацифизм (досл. идея мира)
Экономика	157	15.7%	配股 <i>pèigǔ</i> rationed shares нормированные акции
Естественные науки	183	18.3%	胶子 <i>jiāozǐ</i> gluon глюон (досл. «клеякая» частица)
Гуманитарные науки	126	12.6%	逻辑 <i>luójì</i> logic логика
Технические науки	91	9.1%	插件 <i>chājiàn</i> plug-in плагин (досл. вставной предмет)
Продукты питания	70	7%	泡芙 <i>pàofú</i> cream puff профитроль
Быт	212	21.2%	多米诺 <i>dōmīnuò</i> domino игра домино
Сленг	68	6.8%	no 咩 <i>no pǎ</i> no problem без проблем

В-пятых, по результатам исследования 1000 лексических единиц заимствованных слов английского происхождения в трех различных сферах мы сделали вывод, что семантический способ (45.6%) является главным способом при заимствовании англоязычных слов в китайский язык. Результат данного исследования представлен на рисунке.

Фонетический способ (31.8%), по сравнению с семантическим способом, реже употребляется при заимствовании слов английского происхождения в китайский язык. Гибридный способ заимствования занимает третье место по частоте использования в китайском языке (15.8%), а четвертое – буквенный способ (6.8%), новый и ранее несвойственный китайскому языку способ заимствования англоязычных лексических единиц (преимущественно аббревиаций).

Результаты анализа англоязычных заимствований по сферам употребления представлены в таблице.

Результаты данного анализа показывают, что благодаря распространению Интернета и увеличению числа его пользователей, популярности английского языка, западных культур (преимущественно американской) среди населения Китая, в настоящее время активнее всего слова английского происхождения заимствуются в бытовую сферу (21.2%).

Таким образом, результаты проведенного исследования показали, что самым распространенным способом является семантический способ (45.6%). Предпочтение данному способу заимствования, зачастую именно калькированию, отдаётся в тех случаях, когда определённые пласты лексики различных сфер заимствования ориентированы на понимание широких слоев населения, а не только специалистами. Фонетический способ (31.8%) употребляется реже семантического, что объясняется различиями в фонетических системах китайского и английского языков. Однако в настоящее время наблюдается новый стремительный поток фоне-

тических заимствований, особенно в интернет-сфере, что объясняется предпочтением среди молодого поколения китайцев всему новому и иностранному, в том числе языку. Как основная составляющая интернет-сферы, молодёжный сленг представляет собой различные аббревиатуры, сокращения и производные от них, а также цифровой язык. Выбор гибридного, или смешанного, способа (15.8%) обусловлен стремлением к точности номинации понятия, ведь носителям китайского языка привычнее понимать термин, видя и зная значения иероглифов, из которых состоит слово или словосочетание. Кроме того, в китайском языке существует тенденция к употреблению аббревиаций английских словосочетаний, то есть использование нового, прежде не свойственного китайскому языку, буквенного способа (6.8%). Однако стоит также отметить, что в китайском языке передача англоязычных аббревиаций активно используется и семантическим, реже фонетическим, способом.

Изолирующая типология китайского языка и словесно-слоговой тип китайской письменности определяют иной характер процесса заимствования в китайском языке, чем во флективных языках, в связи с чем можно выделить специфические способы образования англоязычных заимствований в китайском языке и их подвиды.

Список литературы

1. Коростина Т.П. К вопросу об иностранных заимствованиях в современном китайском языке // Вопросы языкознания. – 1998. – № 3. – С. 84–91.
2. Хаматова А.А. Влияние глобализации на лексику современного китайского языка // Тезисы 2-ой региональной научно-практической конференции «Россия-Восток-Запад. Проблемы межкультурной коммуникации». – Владивосток, 2005. – С. 58–59.
3. Хаматова А.А. Словообразование современного китайского языка. – М.: Муравей, 2003. – 223 с.
4. Щичко В.Ф., Кленин И.Д. Лексикология китайского языка. – М.: Восточная книга, 2013. – С. 172–194.
5. Ян Сипэн. Ханьюй вайлайцы яньцзю: [Исследование заимствованных слов в китайском языке]. – Шанхай: Жэньминь чубаньшэ, 2007. – 296 с. – Кит. яз.

УДК 130.2:62

ПРОБЛЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В СОВРЕМЕННОМ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Папченко Е.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: evpapchenko@sfedu.ru

Проведен анализ последствий компьютеризации всех сфер общественной деятельности и повседневной жизни человека. Следует отметить, что помимо количественного роста, производит впечатление рост числа функций – способов применения компьютерных технологий. В настоящее время компьютер является профессиональным инструментом учёного, инженера, бизнесмена, юриста, врача, кроме того, средством обучения, повседневного общения, развлечения. Компьютеризация повседневной жизни дает возможности совершать покупки с помощью компьютера, подключенного к сети Интернет; общаться посредством социальных сетей; использовать современные информационные технологии в туристической отрасли; оказывать дистанционную медицинскую консультацию, например при необходимости оперативного консультирования в экстренных ситуациях (например, пожар, эпидемия и т.п.) или труднодоступной территории и др. В тоже время современные способы электронной коммуникации связали человека новой зависимостью: multifunctional современные мобильные телефоны, имеющие доступ в Интернет и практически никогда не покидающие своих пользователей, приносят им не только новые возможности, но и серьезные проблемы. Вышесказанное позволяет говорить о том, что сегодня информационные технологии не только становятся неотъемлемой составляющей нашей жизнедеятельности, но и приводят к смене системы жизненных ориентиров.

Ключевые слова: информационно-коммуникационное пространство, человек, компьютеризация, ценностные ориентиры

HUMAN PROBLEMS IN THE MODERN INFORMATION AND COMMUNICATION SPACE

Papchenko E.V.

Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: evpapchenko@sfedu.ru

The analysis of the consequences of computerization in all spheres of social activity and human daily life is carried out. It should be noted that, in addition to quantitative growth, the number of functions – the ways of using computer technologies – is growing. Currently, the computer is a professional tool of scientists, engineers, businessmen, doctors and lawyers. Besides, it is a means of learning, everyday communication and entertainment. Computerization of everyday life provides opportunities to make purchases using a computer connected to the Internet; communicate via social networks; use modern information technology in tourism industry; provide remote medical advice, for example, when urgent emergency counseling is required (for example, a fire, epidemic, etc.) or a hard-to-reach territory, etc. At the same time, modern methods of electronic communication have tied the person to a new dependence: multifunctional modern mobile phones that have access to the Internet and almost never leave their users bring them not only new opportunities, but also serious problems. The above mentioned facts prove that today information technologies have become not only an integral part of our life activity but they change the system of life guides.

Keywords: information and communication space, people, computerization, value orientations

Важной сферой бытия современной культуры является повсеместная компьютеризация, пронизывающая все сферы жизнедеятельности человека. «Информационно-коммуникационные технологии <...> являются одним из наиболее важных факторов, влияющих на формирование общества двадцать первого века» – подчеркивается в основных положениях Окинавской хартии Глобального информационного общества [1]. Отличительной особенностью информационно-коммуникационных технологий является, во-первых, их «революционное воздействие касается образа жизни людей, их образования и работы, а также взаимодействия правительства и гражданского общества». Во-вторых, они довольно стремительно «становятся жизненно важным стимулом развития мировой экономи-

ки». В-третьих, позволяют «более эффективно и творчески решать экономические и социальные проблемы». В этом смысле благодаря информационно-коммуникационным технологиям, перед нами «открываются огромные возможности» [1].

Анализируя это обстоятельство, Д. Иванов обращает внимание на возможность совершения виртуальных покупок: «Если с помощью изошрённой компьютерной графики web-страница продавца симулирует расположение товаров на витрине, их осмотр и обмен на плату в виде банкнот или чека, то это следует трактовать не просто как перенос операции купли-продажи из реального пространства в виртуальное, а как симуляцию институциональной формы товарного обмена. Эта институциональная форма превращает обмен из технической

операции в род *экономического* взаимодействия: в исполнение социальных ролей покупателя и продавца. Обмен посредством сети Internet позволяет совершать обмен деньгами, товарами и услугами без соблюдения этой институциональной формы. Взаимодействие есть, но ему не достает привычной социальности, общества как среды взаимодействия» [2, с. 364–365].

Подобный образ жизни, являясь продуктом определенных объективных условий и факторов, приводит к определенному способу существования человека. Как отмечает в этой связи Э.А. Бирюкова, «информационная динамика поддерживается коммуникацией, являющейся сегодня стержневым фактором существования социума, поэтому развитие социальных структур идет «рука об руку» с развитием коммуникационных ответвлений, созданием все новых виртуально-коммуникационных сообществ» [3, с. 92]. Но в тоже время указывается на то, что в коммуникации человека в современном информационном пространстве наблюдаются некоторые тенденции в изменении функциональных возможностей человека. Прежде всего, человек выступает в роли пользователя, в роли коммуникатора. Иначе говоря, в реальной действительности нередко происходит игнорирование духовности, что в свою очередь приводит к оскудению духовного мира человека. Но дело в том, что именно духовность лежит в фундаменте человеческого рода. Причем, категория «духовность личности», как подчеркивает В.Г. Пузиков, «стала одним из основных понятий, используемым при изучении не только человека, но и типов обществ и цивилизаций, при прогнозировании их развития, определении направлений социального прогресса» [4, с. 160]. Одним из наиболее существенных следствий недостатка духовности является кризис потребительского общества.

Этот смысл заложен и в работе Элвина Тоффлера «Революционное богатство», в которой отмечается, что, с одной стороны, «современная революция богатства раскроет неограниченные возможности и траектории новой жизни», а с другой – это «богатство, «приглашая нас в блистающее будущее, одновременно предупреждает: опасности будут не просто возрастать, а возрастать по экспоненте» [5, с. 13]. Все это приведет к тому, что, как показал Э. Тоффлер, на человека будут обрушиваться все новые экономические, технологические и социальные изменения. «К настоящему времени число пользователей Интернета колеблется между 700 000 000 и 900 000 000 человек. <...> В целом, <...>, в 2004 году оборот на рынке

информационных технологий превышал 2,5 триллиона долларов. В этой сфере работает 750 000 компаний, и ожидается дальнейший рост» [5, с. 22 – 23].

Имея в виду такого рода последствия развития современного информационно-коммуникационного пространства, современный российский исследователь К.К. Колин указывает, что как в науке, так и в социальной практике весьма полезным будет использование понятия «информационное качество общества», поскольку это будет ориентировать общество на необходимость стимулирования вполне определенных направлений своего информационного развития [6, с. 85]. Представленный с этой точки зрения процесс развития информационного общества подразумевает, что его развитие не должно сводиться только к количественной составляющей. Эту сторону вопроса и подчеркивают И.Б. Новик и А.Ш. Абдуллаев, когда пишут, что «на этом этапе развития человеческой цивилизации социально-экономические изменения должны иметь качественный и системный характер, т.е. технологический прогресс будет осуществляться через углубление духовности, субъективного информационного мира личности, а также духовного мира всего человечества, а не за счет разрушения сознания и самосознания человека и духовной системы ценностей (всеобщего самосознания), накопленных в ходе трудного всемирно-исторического развития» [7, с. 146 – 147].

К другим примерам расширения современного информационно-коммуникационного пространства можно отнести создание виртуальных музеев, посредством которых можно получить довольно быстрый доступ к экспозициям. Так, Волгоградский музей-заповедник «Сталинградская битва» организовал виртуальную выставку, посвященную Г. Жукову и К. Рокоссовскому, чтобы с экспонатами музея смогли ознакомиться и маломобильные группы населения, и жители дальних регионов России, и иностранцы.

Прогнозируется использование современных информационных технологий и в туристической отрасли. Запуск видеоряда «вырежет» часть комнаты, а на ее место «вставит» панорамные записи высокой четкости – HD. Подобное расширение дополненной реальности позволяет развивать туристический бизнес в новом направлении, снижает стоимость путешествий. Предполагается, что технологии по развитию голографических изображений смогут повлиять на сокращение потока туристов и как следствие, сокращение авиаперевозок.

Примером использования современных информационных технологий является дистанционная медицина, представляющая собой вспомогательный инструмент, направленный на увеличение доступной медицинской помощи. Безусловно, она не может заменить традиционных методов лечения. Однако, при необходимости оперативного консультирования в экстренных ситуациях (например, пожар, эпидемия и т.п.) или труднодоступной территории, дистанционная медицинская консультация крайне важна.

Стоит упомянуть и о возможности виртуального отпущения грехов. В Шотландии разработан, кстати, уже не первый, интерактивный проект модернизации исповеди. С помощью виртуального священника Catholic App создатели приложения рассчитывают привлечь больше верующих в храмы. В первую очередь технологическая новинка рассчитана на молодых католиков в возрасте от 18 до 55 лет.

Вместе с тем, современное информационно-коммуникационное пространство может оказывать деформирующее влияние на человека. Подчеркивая этот момент, И. Андреев и Л. Назарова указывают на неизвестные прежде психические расстройства и заболевания, в частности, на цифровую морскую болезнь или киберболезнь, которая выражается в повышенной психической и физиологической чувствительности индивида к электронному загрязнению [8, с. 121 – 134].

Последствия процесса деформации могут проявляться и в так называемом «эффекте Google». Наличие у человека данного эффекта приводит к тому, что человек считает системные знания, получение которых требует определенных усилий, малоэффективными и перекладывает выполнение этой функции на Интернет. Попытки решить эту проблему результата не принесли, поскольку «в перенасыщенном проблемами и острым дефицитом индивидуального времени мире такая позиция кажется весьма привлекательной, а её пагубность и опасность для ориентации когнитивного функционирования мозга лежат достаточно далеко за пределами сиюминутных проблем и потребностей индивида» [8, с. 121 – 134].

«Эффект Google» блестяще описывают Д. Вегнер и А. Уорд в работе «Как Интернет меняет наш мозг» [9, с. 98 – 102]. Основное положение состоит в том, что благодаря развитию Интернета содержимое памяти человека теряет свое значение и человек относится к Интернету как к партнеру по транзактивной памяти. Это означает, что Интернет, в отличие от человека, намного быстрее способен находить и выдавать информацию, избавляет человека от необхо-

димости отслеживать и запоминать важную информацию, что в свою очередь влияет на когнитивные способности человека.

Вместе с тем, творческий процесс выступает важной стороной деятельности человека. «Деятельность» в понимании М.С. Кагана – это «способ существования человека и, соответственно, его самого правомерно определить как действующее существо. Если следовать старинной традиции и искать для человека лаконично-однословное определение, способное указать на главное его отличие от всех других живых существ, то вместо таких формул, как «Хомо сапиенс» (человек разумный) или «Хомо фабер» (человек создающий), «Хомо лукенс» (человек говорящий) или «Хомо луденс» (человек играющий) ... мы предложили бы определение «Хомо агенс», т.е. действующий человек» [10, с. 5].

Согласно В.Е. Давидовичу и Ю.А. Жданову, «человеческая предметная деятельность есть преобразующая, материально-практическая форма воздействия на мир, возникающая при условии адекватного отражения, познания (идейно-преобразовательной деятельности) самих людей» [11, с. 77]. Подобное представление о деятельности позволяет говорить о том, что деятельность человека всегда выступает как производство в форме бытия, как способ утверждения в мире. В этих условиях проявляется подлинный характер деятельности, ее социальность. Поэтому деятельность «выступает как функция общества, выражение саморазвития социальной системы, в которой деятельность тех или иных групп, классов, индивидов обнаруживается как конкретно-исторические и персонифицированные модификации всеобщих свойств деятельности. <...> деятельность выступает основой, подлинной субстанцией реальной истории человеческого рода, ее движителем, тем внутренним противоречием, мотором, который обеспечивает беспрестанное, уходящее в бесконечность развитие человечества как материальной системы, феномена реального мира» [11, с. 77].

В свою очередь результаты целенаправленной деятельности человека, по словам О.А. Степанова, «тесно связаны с развитием вычислительных, телекоммуникационных, биоэлектронных и психокомпьютерных систем, предполагают рассмотрение информационно-электронной среды в качестве ключевого фактора, определяющего наиболее значимые тенденции развития современного общества» [12, с. 34 – 38].

Таким образом, современное информационно-коммуникативное пространство, может привести к смене системы жизнен-

ных ориентиров человека. Так, выявляя техническое и технологическое воздействие на ценностные ориентиры современного человека, С.А. Котова проводит мысль о том, что «новое информационное пространство несет с собой поток глубочайших аксиологических изменений бытия человека» [13, с. 19].

Список литературы

1. Окинавская хартия Глобального информационного общества. Электронный ресурс: URL: <http://kremlin.ru/supplement/3170> (дата обращения 05.05.2018).
2. Иванов Д. Общество как виртуальная реальность // Информационное общество. – СПб. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2004. – С. 364–365.
3. Бирюкова Э.А. Философская оценка влияния виртуально-социальных коммуникаций на духовное здоровье человека // Вестник Университета Российской академии образования. – 2010. – № 3. – С. 92–95.
4. Пузиков В.Г. Духовность человека: подходы исследования // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2014. – № 1 (15). – С. 157–163.
5. Тоффлер Э. Революционное богатство. – М.: АСТ: АСТ МОСКВА. 2008. – 569 с.
6. Колин К.К. Информационная культура и качество жизни в информационном обществе // Открытое образование. – 2010. – № 6. – С. 84–89.
7. Новик И.Б., Абдуллаев А.Ш. Введение в информационный мир. – М.: Наука, 1991. – 228 с.
8. Андреев И., Назарова Л. Электронная западня. Реальные риски виртуального мира // Свободная мысль. – 2014. – № 1 (1643). – С. 121–134.
9. Вегнер Д., Уорд А. Как Интернет меняет наш мозг // В мире науки. – 2014. – № 2. – С. 98–102.
10. Каган М.С. Человеческая деятельность (Опыт системного анализа). – М.: Политиздат, 1974. – 328 с.
11. Давидович В.Е., Жданов Ю.А. Сущность культуры. – Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского университета, 1979. – 264 с.
12. Степанов О.А. Право, государство и безопасность личности в условиях развития информационно-электронной среды // Государство и право. – 2004. – № 11. – С. 34–38.
13. Котова С.А. Техническое и технологическое воздействие на ценностные ориентиры современного человека // Вестник Прикамского социального института. Гуманитарное обозрение. – 2012. – № 2 (5). – С. 11–19.

ПЕТЕЛЬКО АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ



50 лет в науке

Анатолий Иванович Петелько, родился 16 августа 1938 года в городе Кременчуге Полтавской области, в семье рабочих.

В 1956 году окончил 10 классов и поступил учиться в ТУ № 10 города Луганска. После окончания училища работал фрезеровщиком на Луганском тепловозостроительном заводе. С 1957 по 1960 годы служил в рядах Советской Армии. Потом учился в Мичуринском сельскохозяйственном техникуме, который с отличием окончил в 1963 году. Затем работал старшим агрономом, начальником в межрайонном объединении «Сорт-семовощ» в Тамбовской области.

Без отрыва от производства в 1966 году закончил плодоовощной институт в городе Мичуринске. С 1967 по 1968 годы очно учился в Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева на педагогическом факультете.

С 1968 года по настоящее время работает на Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции им. А.С. Козменко на различных должностях: инженер-гидромелиоратор, старший научный сотрудник, заведующий отделом лесолугомелиорации и агротехники, заместитель генерального директора по научно-производственной системе «Агролесомелиоратор», директор, главный научный сотрудник.

В 1969 – 1973 годах заочно обучался в аспирантуре Всесоюзного научно-исследовательского института в г. Волгограде. Успешно защитил кандидатскую и докторскую диссертации, ему присвоено учёное звание старшего научного сотрудника.

А.И. Петелько опубликовал 250 печатных работ, в их числе книги, монографии, брошюры, рекомендации, методические указания и др.

По материалам научно-исследовательской работы в 1976 году Ростовской киностудией снят фильм «Нечерноземье сегодня». Он руководит аспирантами и дипломниками.

За достижения в агролесомелиоративной науке и общественной деятельности награждён медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II-й степени, имеет звание «Ветеран труда», лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники.

За многолетнюю и плодотворную работу имеет поощрения и Почётные грамоты Орловского обкома КПСС и облисполкома, ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ, Российской академии сельскохозяйственных наук, Всероссийского научно-исследовательского института агролесомелиорации, Орловской областной и Мценской районной администраций.

Воспитал дочь, которая закончила педагогический институт и академию, преподаёт историю, обществознание. Имеет двух внуков.

Анатолий Иванович Петелько работает на Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции им. А.С. Козменко с 1968 года, а с 1996 года возглавляет ее. В этой должности проработал более 20-и лет.

Основные достижения А.И. Петелько в агролесомелиоративной науке состоят в следующем. В 60-70-е годы А.И. Петелько занимался развитием учения проф. А.С. Козменко об эрозионно-гидрологическом про-

цессе, активно изучал формирование поверхностного стока и смыва почвы, выявлял эффективность отдельных способов и их сочетаний в защите почв от эрозии, разработал основные параметры систем защитных лесных насаждений, уточнил принципы пространственного размещения лесных насаждений. Этот этап исследований закончился составлением рекомендаций производству, одобренных и рекомендованных к использованию в хозяйствах юга Нечерноземья.

В 80-90-е годы А.И. Петелько плодотворно работал над проблемой управления эрозионно-гидрологическими процессами. Эти исследования позволили установить условия формирования поверхностного стока, параметры факторов, его вызывающих. Исследования имели и практический выход – предложены оптимальные конструкции лесополос и способы их достижения.

В последние годы А.И. Петелько занимается совершенствованием зональных систем земледелия. Уже отработаны и рекомендованы сельскохозяйственному производству элементы адаптивно-ландшафтного земледелия, в частности его агролесомелиоративный блок. Большое внимание А.И. Петелько уделяет сохранению и преумножению наследия А.С. Козменко. В хорошем состоянии находятся опытные объекты, фондовые материалы.

А.И. Петелько – автор многих рекомендаций производству, им опубликованы научные труды, изданные в центральных, региональных, академических и научно-производственных журналах («Вестник сельскохозяйственной науки», «Земледелие», «Садоводство», «Почвоведение и агрохимия», «Земля родная», «Кормопроизводство», «Животноводство») и ведущих научно-исследовательских институтов ВНИАЛМИ, ВНИИЗи ЗПЭ, ВИУА и др. Им опубликованы рекомендации по защите почв от водной эрозии на склонах в садах Орловской области, в соавторстве рекомендации по освоению склонов под сенокосы и пастбища в условиях юга Нечерноземной зоны РСФСР, по внедрению севооборотов при различных формах хозяйствования, методические рекомендации по защите почв от водной эрозии и рациональному использованию эродированных земель в Центральном районе Нечерноземной зоны РСФСР, проекты внутрихозяйственного землеустройства модельных фермерских хозяйств, предложения по защите почв от водной эрозии в Центральном районе Нечерноземья и по оптимальным параметрам систем противозерозионных насаждений на склонах.

В последнее время вышли из печати книги в соавторстве: «Рациональное использование склоновых земель», «Противозерозионный оа-

зис в южном Нечерноземье», «Современные подходы к защите почв от эрозии» и другие материалы. Его монография (в соавторстве с В.В. Коломейченко и И.А. Крупчатниковым) не только обобщает богатейший опыт фитомелиорации смытых почв, но и является ценным пособием по защите склоновых земель от эрозии для агрономов, мелиораторов, экологов. Он является ведущим учёным в области противозерозионной лесомелиорации и почвозащитного земледелия. Труды его известны в нашей стране и за рубежом.

Обобщив 80-летний опыт Новосильской ЗАГЛОС по защите почв от эрозии, А.И. Петелько подготовил рукопись монографии «Достижения Новосильской ЗАГЛОС и описание опытных объектов».

А.И. Петелько готовит научную смену, являясь научным руководителем аспирантов.

Большое внимание А.И. Петелько уделяет пропаганде научных достижений. Он постоянно выступает с докладами на областных, зональных и Российских научных конференциях, помогает хозяйствам в освоении научных достижений. Оказывает методическую и практическую помощь опытному хозяйству Новосильской ЗАГЛОС и другим сельскохозяйственным предприятиям различной собственности.

Автором установлены закономерности влияния стокорегулирующих лесных полос на основные природные факторы эрозионно – гидрологического процесса (снегоотложение, снегозапасы, увлажнение и промерзание почвы). Дана качественная и количественная оценка роли противозерозионного комплекса.

Многолетние итоги научной деятельности неоднократно докладывались А.И. Петелько на всесоюзных, всероссийских, зональных, областных и районных совещаниях, международных научно – практических конференциях, в министерстве и других ведомствах. Материалы использовались при составлении генеральной схемы противозерозионных мероприятий для Орловской области, Росземпроектom для хозяйств внутрихозяйственного землеустройства и другими сельскохозяйственными органами и предприятиями. Многократно принимал участие на годичном собрании Россельхозакадемии. Отчитывался на выездной коллегии РАСХН, ФАНО, Ученом совете ВНИАЛМИ о научной работе Новосильской ЗАГЛОС. Выступал на областном НТС «Защита почв от водной эрозии», в Орловской управлении лесами по выращиванию лесных культур с минимальными затратами на самооблесившихся землях, по мелиоративному обустройству.

Под руководством и непосредственным участием А.И. Петелько в 12 районах Ор-

ловской области производилась работа по внедрению противоэрозионного комплекса, залужено многолетними травами 12350 гектаров. Исследования его проблеме защиты почвы от водной эрозии, рациональному использованию склоновых земель, фитомелиорации, преобразованию эрозионно – гидрологического режима водосборов и агроландшафтному земледелию являются актуальными в современном мире.

Большую научно – организационную работу совмещал с активной общественной деятельностью. Богатый накопленный опыт передает молодому поколению – сотрудникам и аспирантам.

Несколько лет в подряд избирался председателем профсоюзного комитета, НТО, секре-

тарем партийной организации, членом Новосильского РК КПСС, депутатом, делегатом на районные и областные партконференции.

Добросовестно выполняет все поручения, дисциплинирован, требователен, пользуется заслуженным авторитетом в коллективе и среди ученых агролесомелиораторов.

Анатолий Иванович Петелько является не только талантливым ученым и организатором, но это человек государственных твердых убеждений и гражданских позиций.

Сердечно поздравляем его с 80-летним юбилеем и желаем доброго здоровья на долгие годы, человеческого счастья, прекрасных мыслей и дальнейших творческих успехов в работе на благо Отчизны и исполнения всех желаний.

Основные даты жизни и трудовой деятельности директора ФГБНУ Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции им. А.С. Козменко
Всероссийского научно-исследовательского агролесомелиоративного института
ПЕТЕЛЬКО АНАТОЛИЯ ИВАНОВИЧА

1938	16 августа родился в г. Кременчуге Полтавской области
1946-1956	Учёба в средней школе шахты «Никанор» Коммунарского района Луганской области
1956-1957	С отличием окончил техническое училище в г. Луганске
1957	Работал фрезеровщиком на Луганском тепловозостроительном заводе.
1957-1960	Служил в рядах Советской Армии в городах: Советск Калининградской области, Вильнюс (Литва), Риге (Латвия), Лентварис (Литва)
1960-1963	Студент Мичуринского сельскохозяйственного техникума, который закончил с отличием в г. Мичуринске Тамбовской области
1963	Окончил с отличием двухгодичный Вечерний университет марксизма-ленинизма при Мичуринском горкоме КПСС
1962-1966	Заочно обучался в Мичуринском плодоовощном институте в г. Мичуринске Тамбовской области
1963-1964	Работал старшим агрономом межрайонного объединения «Сортсеговоощ» в г. Кирсанове Тамбовской области
1964-1967	Начальник межрайонного объединения «Сортсеговоощ» в Тамбовской области
1967-1968	Слушатель Московской сельскохозяйственной академии им. К.А.Тимирязева педагогического факультета
1968-1973	Старший научный сотрудник Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции им. А.С. Козменко в деревне Одинок Новосильского района Орловской области
1969-1973	Заочно учился в аспирантуре Всесоюзного научно-исследовательского института агролесомелиорации в г. Волгограде
1973-1979	Заведующий отделом агротехники и лугомелиорации Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции им. А.С. Козменко
1979-1986	Старший научный сотрудник Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции им. А.С. Козменко в г. Мценске Орловской области
1986	Присвоено учёное звание старший научный сотрудник
1986	Присуждена учёная степень кандидата сельскохозяйственных наук
1986-1990	Заместитель генерального директора научно-производственной системы «Агролесомелиоратор» Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции им. А.С. Козменко в г. Мценске Орловской области
1990-1996	Старший научный сотрудник Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции им. А.С. Козменко
1996-2016	Директор Федерального государственного бюджетного научного учреждения Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции им. А.С. Козменко
2011	Присвоено ученое звание профессора РАН
2012	Присуждена учёная степень доктора сельскохозяйственных наук.
2016	Заслуженный деятель науки и техники РАН
2016	Избран членом – корреспондентом РАН